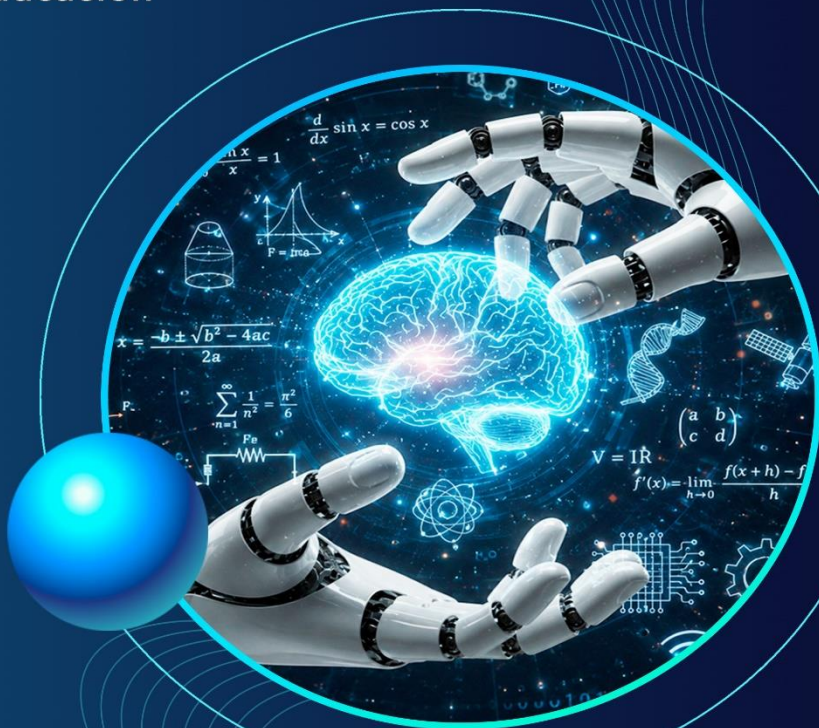


# PENSAMIENTO MATEMÁTICO EN LA ERA DE LA IA

Redefiniendo el Enfoque STEAM  
en la Educación



Msc. Cruz Laz Sonia Tatiana  
Lic. Meza Chavez Janeth Alexandra  
Msc. Ponce Salas Irene Marlene  
Mgr. Rivadeneira Loor Fredy Yunior



# **Pensamiento Matemático en la Era de la IA:**

**Redefiniendo el Enfoque STEAM en la Educación**

**Autores**

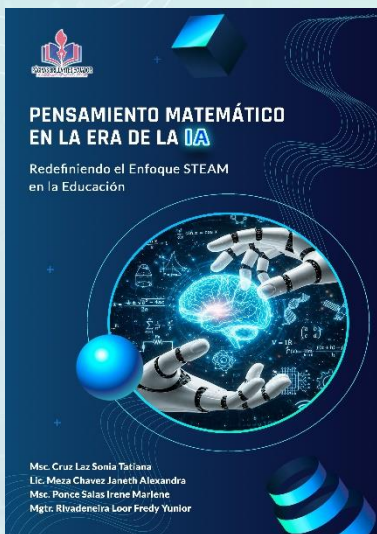
**MSc. Cruz Laz Sonia Tatiana**

**Lic. Meza Chavez Janeth Alexandra**

**MSc. Ponce Salas Irene Marlene**

**Mgtr. Rivadeneira Loor Fredy Yuniór**





## Datos bibliográficos:

<b>ISBN:</b>	978-9942-575-50-0
<b>Título del libro:</b>	Pensamiento Matemático en la Era de la IA: Redefiniendo el Enfoque STEAM en la Educación
<b>Autores:</b>	Cruz Laz, Sonia Tatiana Meza Chavez, Janeth Alexandra Ponce Salas, Irene Marlene Rivadeneira Loor, Fredy Yuniór
<b>Editorial:</b>	Paginas Brillantes Ecuador
<b>Materia:</b>	Filosofía y teoría de las matemáticas
<b>Público objetivo:</b>	Profesional / académico
<b>Publicado:</b>	2026-06-23
<b>Número de edición:</b>	1
<b>Tamaño:</b>	6Mb
<b>Soporte:</b>	Digital
<b>Formato:</b>	Pdf (.pdf)
<b>Idioma:</b>	Español



## **Datos autores:**

### **MSc. Cruz Laz Sonia Tatiana**

Código ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-6010-7914>

Máster en Educación, mención Enseñanza de la Matemática.

Universidad Técnica Estatal de Quevedo - Correo: [scrulz@uteq.edu.ec](mailto:scrulz@uteq.edu.ec)

Ecuador, Los Ríos, Buena Fe.

### **Lic. Meza Chávez Janeth Alexandra**

Código ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-4813-7709>

Licenciada en Pedagogía de las Matemáticas y la Física.

Estudiante de posgrado en la Universidad Estatal de Milagro - Correo:

[jamezac18@gmail.com](mailto:jamezac18@gmail.com)

Ecuador, Imbabura, Cotacachi.

### **MSc. Ponce Salas Irene Marlene**

Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8241-3711>

Magíster por la Universidad Nacional de La Plata.

Docente de la Unidad Educativa Luis Vargas Torres - Correo:

[irene.ponces@educacion.gob.ec](mailto:irene.ponces@educacion.gob.ec)

Ecuador, Santo Domingo de los Tsáchilas, Santo Domingo.

### **Mgtr. Rivadeneira Loor Fredy Yunior**

Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3106-2170>

Máster en Formación del Profesorado de Educación Secundaria,  
especialidad Matemáticas.

Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ciencias de la Educación,  
Carrera de Pedagogía de las Ciencias Experimentales Matemáticas y  
Física - Correo: [fredy.rivadeneira@utm.edu.ec](mailto:fredy.rivadeneira@utm.edu.ec)

Ecuador, Manabí, Portoviejo.

## AVISO LEGAL Y DECLARACIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

© 2026. Todos los derechos reservados.


**ISBN:** 978-9942-575-50-0

La presente obra se encuentra protegida por la legislación nacional e internacional en materia de propiedad intelectual y ha sido registrada ante la autoridad competente mediante el **Certificado N.º QUI-072224**, emitido por la Dirección Nacional de Derecho de Autor y Derechos Conexos.

Queda expresamente prohibida la reproducción, distribución, comunicación pública, transformación, adaptación, traducción, digitalización, almacenamiento en sistemas de recuperación de información o transmisión total o parcial de esta publicación, por cualquier medio o procedimiento, ya sea electrónico, mecánico, fotográfico, magnético, digital, de fotocopiado, grabación o cualquier otro conocido o por conocerse, sin la autorización previa, expresa y por escrito del titular de los derechos patrimoniales o de **Páginas Brillantes Ecuador S.A.S.**

Se exceptúan únicamente las citas breves realizadas con fines de investigación, docencia, análisis o reseña crítica, siempre que se identifique de manera clara y completa la fuente y se respeten los derechos morales del autor, de conformidad con las limitaciones y excepciones previstas en la normativa aplicable.

El autor y/o titular de los derechos se reserva el ejercicio exclusivo de los derechos de reproducción, distribución, comunicación pública, puesta a disposición, transformación y cualquier otra forma de explotación de la obra, en los términos establecidos por la legislación vigente sobre propiedad intelectual.



La presente publicación ha sido sometida a un proceso de **evaluación académica mediante revisión por pares ciegos**, con el propósito de garantizar el rigor científico, la calidad metodológica, la originalidad y la pertinencia de los contenidos desarrollados.

Cualquier uso no autorizado de la presente obra podrá dar lugar a las acciones civiles, administrativas y/o penales correspondientes, de conformidad con la legislación aplicable.

Para solicitudes de licencias, autorizaciones de reproducción, permisos especiales o información adicional, los interesados podrán comunicarse con **Páginas Brillantes Ecuador S.A.S.**, entidad responsable de la gestión editorial y de la administración de los derechos de la presente publicación.

## Índice

1.1. El Pensamiento Matemático como Herramienta para Comprender Sistemas Complejos.....	19
1.1.1. Complejidad y Modelación Matemática.....	22
1.1.2. Relaciones entre Patrones y Estructuras .....	23
1.1.3. Pensamiento Sistémico y Matemático.....	25
1.1.4. Incertidumbre y Toma de Decisiones.....	26
1.1.5. Matemáticas para Escenarios Dinámicos .....	26
1.2. Matemáticas para la Interpretación del Mundo Digital.....	28
1.2.1. Datos como Lenguaje de la Sociedad Actual.....	31
1.2.2. Visualización Matemática de Fenómenos.....	31
1.2.3. Inferencia y Análisis Predictivo.....	33
1.2.4. Comprensión de Algoritmos Cotidianos .....	34
1.2.5. Pensamiento Cuantitativo para Ciudadanos Digitales .....	35
1.3. Creatividad y Razonamiento Matemático.....	35
1.3.1. Creatividad en la Formulación de Problemas .....	38
1.3.2. Estrategias Heurísticas Avanzadas.....	38
1.3.3. Innovación mediante Modelos Matemáticos.....	40
1.3.4. Flexibilidad Cognitiva y Abstracción .....	41
1.3.5. Pensamiento Divergente en Matemáticas.....	41
1.4. Matemáticas para la Resolución de Problemas Reales.....	42
1.4.1. Problemas Abiertos y Contextuales.....	45
1.4.2. Modelación de Fenómenos Sociales .....	46
1.4.3. Aplicaciones Ambientales y Sostenibles.....	46
1.4.4. Matemáticas para la Gestión de Recursos .....	48
1.4.5. Construcción de Soluciones Basadas en Evidencia.....	49
1.5. El Futuro del Razonamiento Matemático .....	50
1.5.1. Transformaciones Cognitivas Emergentes .....	52
1.5.2. Nuevas Formas de Aprendizaje Matemático .....	54
1.5.3. Matemáticas y Toma de Decisiones Automatizadas .....	55
1.5.4. Inteligencia Humana e Inteligencia Artificial .....	56
1.5.5. Retos para la Educación Matemática Contemporánea .....	57
2.1. El Lenguaje Matemático de los Algoritmos Inteligentes.....	62
2.1.1. Funciones y Optimización.....	65

2.1.2. Lógica Matemática Aplicada .....	67
2.1.3. Relaciones y Dependencias entre Variables.....	68
2.1.4. Modelos Matemáticos Computacionales .....	69
2.1.5. Representación Matemática del Aprendizaje Automático .....	71
2.2. Probabilidad e Incertidumbre en la IA .....	72
2.2.1. Predicción y Toma de Decisiones .....	75
2.2.2. Estadística Aplicada a Sistemas Inteligentes .....	76
2.2.3. Riesgo y Confiabilidad Algorítmica .....	78
2.2.4. Inferencia Matemática Automatizada .....	79
2.2.5. Limitaciones de los Modelos Predictivos .....	79
2.3. Reconocimiento de Patrones y Modelación Matemática.....	81
2.3.1. Identificación de Regularidades .....	84
2.3.2. Clasificación y Agrupamiento .....	85
2.3.3. Predicción Basada en Datos .....	86
2.3.4. Modelos Matemáticos Adaptativos .....	87
2.3.5. Aplicaciones Educativas .....	88
2.4. Sesgos Matemáticos en los Sistemas Inteligentes.....	89
2.4.1. Origen de los Sesgos Algorítmicos.....	93
2.4.2. Distorsiones Estadísticas .....	94
2.4.3. Interpretación Crítica de Resultados .....	95
2.4.4. Transparencia de Modelos Predictivos .....	96
2.4.5. Responsabilidad Matemática y Ética .....	97
2.5. Alfabetización Matemática para Comprender la IA.....	97
2.5.1. Competencias Matemáticas Emergentes .....	100
2.5.2. Lectura Crítica de Datos .....	100
2.5.3. Evaluación de Resultados Automatizados .....	101
2.5.4. Argumentación Basada en Evidencia.....	102
2.5.5. Formación Matemática para la Ciudadanía Digital .....	103
3.1. Las Matemáticas como Núcleo Integrador del Enfoque STEAM .....	108
3.1.1. Conexiones Interdisciplinarias.....	110
3.1.2. Integración de Saberes .....	112
3.1.3. Transferencia de Conocimientos.....	113
3.1.4. Pensamiento Matemático Transversal.....	114
3.1.5. Construcción de Soluciones Complejas .....	115
3.2. Modelación Matemática en Proyectos STEAM.....	115
3.2.1. Diseño de Modelos Explicativos .....	119

3.2.2. Simulación de Fenómenos .....	120
3.2.3. Optimización de Procesos .....	121
3.2.4. Validación de Resultados .....	123
3.2.5. Toma de Decisiones Interdisciplinarias .....	123
3.3. Ciencia de Datos y Educación STEAM .....	124
3.3.1. Recolección de Datos .....	127
3.3.2. Interpretación Estadística.....	129
3.3.3. Visualización de Información .....	129
3.3.4. Predicción de Tendencias .....	130
3.3.5. Comunicación de Resultados .....	131
3.4. Pensamiento Matemático para la Innovación.....	131
3.4.1. Diseño de Soluciones Tecnológicas .....	134
3.4.2. Creatividad Basada en Evidencia .....	135
3.4.3. Resolución de Desafíos Globales .....	136
3.4.4. Innovación Educativa STEAM .....	136
3.4.5. Emprendimiento Basado en Datos .....	137
3.5. Nuevos Escenarios STEAM Impulsados por IA.....	138
3.5.1. Laboratorios Inteligentes .....	141
3.5.2. Simulaciones Avanzadas .....	142
3.5.3. Ecosistemas de Aprendizaje Adaptativo .....	143
3.5.4. Proyectos Interdisciplinarios Automatizados .....	143
3.5.5. Aprendizaje Basado en Inteligencia Aumentada .....	144
4.1. Diseño de Experiencias Centradas en Problemas Complejos .....	150
4.1.1. Problemas Auténticos .....	153
4.1.2. Desafíos Multidimensionales.....	155
4.1.3. Análisis de Escenarios.....	156
4.1.4. Pensamiento Estratégico.....	156
4.1.5. Soluciones Fundamentadas .....	157
4.2. Matemática Experimental y Simulación .....	158
4.2.1. Exploración mediante Simuladores .....	161
4.2.2. Validación de Hipótesis .....	162
4.2.3. Experimentación Digital.....	162
4.2.4. Interpretación de Resultados.....	163
4.2.5. Construcción de Modelos Propios.....	164
4.3. Razonamiento Basado en Datos .....	166
4.3.1. Análisis Descriptivo.....	169

4.3.2. Análisis Inferencial .....	170
4.3.3. Correlaciones y Tendencias .....	170
4.3.4. Evidencia Cuantitativa .....	172
4.3.5. Comunicación Matemática.....	173
4.4. Desarrollo de la Argumentación Matemática .....	173
4.4.1. Justificación de Procedimientos.....	177
4.4.2. Construcción de Evidencias .....	178
4.4.3. Pensamiento Crítico Cuantitativo.....	178
4.4.4. Evaluación de Soluciones .....	179
4.4.5. Debate Académico Fundamentado .....	180
4.5. Evaluación del Pensamiento Matemático Complejo.....	181
4.5.1. Indicadores de Razonamiento Avanzado .....	184
4.5.2. Evaluación Auténtica.....	186
4.5.3. Portafolios de Evidencias.....	187
4.5.4. Análisis de Desempeño .....	189
4.5.5. Mejora Continua del Aprendizaje.....	189
5.1. Evidencias Científicas sobre Matemáticas e Inteligencia Artificial .....	194
5.1.1. Hallazgos Internacionales Recientes .....	197
5.1.2. Tendencias de Investigación Educativa .....	198
5.1.3. Impacto en el Razonamiento Matemático .....	200
5.1.4. Beneficios Identificados .....	200
5.1.5. Limitaciones y Controversias .....	202
5.2. Casos de Aplicación en Contextos STEAM .....	203
5.2.1. Educación Básica.....	206
5.2.2. Educación Secundaria.....	206
5.2.3. Educación Superior .....	207
5.2.4. Experiencias Latinoamericanas .....	208
5.2.5. Casos Ecuatorianos Emergentes.....	209
5.3. Nuevos Perfiles Profesionales Basados en Matemáticas e IA .....	209
5.3.1. Ciencia de Datos.....	212
5.3.2. Ingeniería de Inteligencia Artificial.....	213
5.3.3. Analítica Educativa.....	213
5.3.4. Innovación Tecnológica .....	214
5.3.5. Profesiones Emergentes .....	215
5.4. Desafíos para la Educación Matemática del Futuro .....	216
5.4.1. Transformaciones Curriculares.....	220

5.4.2. Formación de Talento Matemático .....	220
5.4.3. Brechas Tecnológicas .....	221
5.4.4. Ética de los Sistemas Inteligentes .....	223
5.4.5. Sostenibilidad Educativa .....	224
5.5. Perspectivas hacia una Matemática Aumentada por IA .....	225
5.5.1. Convergencia entre Inteligencia Humana y Artificial .....	228
5.5.2. Nuevos Modelos de Aprendizaje .....	228
5.5.3. Matemáticas para la Innovación Global.....	231
5.5.4. Pensamiento Matemático para la Sociedad Algorítmica .....	231
5.5.5. Hacia una Cultura Matemática Inteligente .....	232

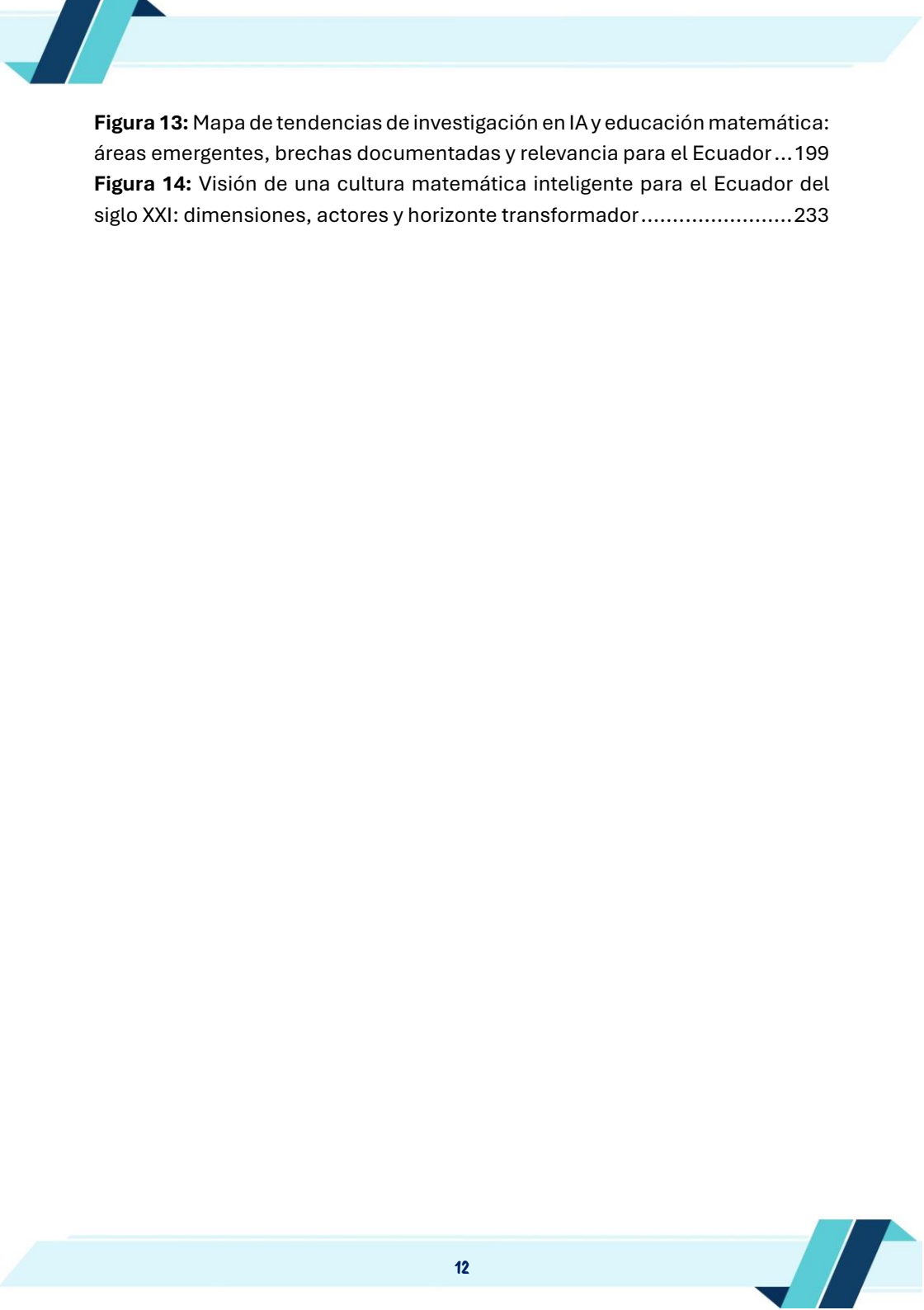
## Índice de tablas

<b>Tabla 1:</b> Cuadro comparativo del pensamiento matemático clásico y el pensamiento matemático en la era de los sistemas inteligentes: dimensiones de análisis y relevancia para la investigación educativa ecuatoriana .....	24
<b>Tabla 2:</b> Visualización matemática de fenómenos digitales en el contexto ecuatoriano: tipos de fenómenos, representaciones matemáticas y competencias de investigación activadas .....	32
<b>Tabla 3:</b> Estrategias heurísticas avanzadas para la resolución de problemas matemáticos en la era de la IA: descripción, mecanismo cognitivo y aplicación en investigación educativa ecuatoriana .....	39
<b>Tabla 4:</b> Aplicaciones matemáticas a problemas ambientales ecuatorianos: modelos, herramientas de análisis y conexión con la investigación en educación matemática .....	47
<b>Tabla 5:</b> Transformaciones cognitivas emergentes en el razonamiento matemático en la era de la IA: naturaleza del cambio e implicaciones para la investigación educativa en Ecuador .....	53
<b>Tabla 6:</b> Funciones y optimización como fundamentos matemáticos de la IA: estructuras, roles y competencias para investigadores en educación matemática.....	66
<b>Tabla 7:</b> Modelos matemáticos computacionales de IA: fundamentos matemáticos y relevancia para la investigación en educación matemática en Ecuador .....	70
<b>Tabla 8:</b> Limitaciones matemáticas intrínsecas de los modelos predictivos de IA: mecanismos, consecuencias y riesgos para el contexto ecuatoriano.....	80
<b>Tabla 9:</b> Modelos matemáticos adaptativos para la investigación en educación matemática: mecanismos de adaptación y aplicaciones en el Ecuador.....	87
<b>Tabla 10:</b> Aplicaciones educativas de la IA con base matemática: fundamentos, funcionamiento y perspectivas de implementación en el Ecuador .....	89
<b>Tabla 11:</b> Distorsiones estadísticas en sistemas de IA educativos: mecanismos matemáticos de producción y riesgos para el contexto ecuatoriano.....	94
<b>Tabla 12:</b> Conexiones interdisciplinarias con las matemáticas como núcleo integrador del enfoque STEAM: conceptos articuladores y proyectos en el contexto ecuatoriano.....	111

<b>Tabla 13:</b> Tipos de simulación de fenómenos en proyectos STEAM: fundamentos matemáticos y aplicaciones en el contexto ecuatoriano .....	120
<b>Tabla 14:</b> Ecosistemas STEAM con IA y simulaciones avanzadas: tecnologías matemáticas integradas y condiciones de implementación en Ecuador ....	142
<b>Tabla 15:</b> Proyectos interdisciplinarios STEAM con componente de IA: componentes matemáticos, herramientas y diseños de investigación para el Ecuador .....	144
<b>Tabla 16:</b> Categorías de problemas auténticos para el pensamiento matemático avanzado: características matemáticas y ejemplos para el contexto ecuatoriano.....	154
<b>Tabla 17:</b> Análisis de correlaciones y tendencias en la investigación de educación matemática ecuatoriana: fundamentos estadísticos y aplicaciones .....	171
<b>Tabla 18:</b> Indicadores de razonamiento matemático avanzado: dimensiones, criterios de evaluación e instrumentos para el contexto universitario ecuatoriano.....	185
<b>Tabla 19:</b> Beneficios identificados de la integración de la IA en la educación matemática: evidencia, mecanismos y condiciones para el Ecuador.....	201
<b>Tabla 20:</b> Perfiles profesionales emergentes en la intersección entre matemáticas e IA: competencias requeridas y perspectivas en el Ecuador	215
<b>Tabla 21:</b> Brechas tecnológicas en la educación matemática ecuatoriana: dimensiones críticas, magnitud y estrategias de reducción para el corto y mediano plazo.....	222
<b>Tabla 22:</b> Nuevos modelos emergentes de aprendizaje matemático con IA: fundamentos, principios y prospectivas para el Ecuador .....	229

## Índice de figuras

<b>Figura 1:</b> Razonamiento matemático para escenarios dinámicos: componentes cognitivos, herramientas computacionales y aplicaciones en el contexto ecuatoriano.....	27
<b>Figura 2:</b> Dinámica del pensamiento matemático divergente y convergente en la era de la IA: fases, herramientas y competencias del investigador en educación matemática .....	42
<b>Figura 3:</b> Espectro de nuevas formas de aprendizaje matemático potenciadas por IA: modalidades, competencias priorizadas y condiciones de implementación en Ecuador .....	55
<b>Figura 4:</b> Ciclo estadístico en los sistemas de IA: fases, fundamentos matemáticos y competencias del investigador en educación matemática ecuatoriana.....	77
<b>Figura 5:</b> Espectro de transparencia de los modelos de IA: complejidad matemática, interpretabilidad y gobernanza en el contexto ecuatoriano .....	96
<b>Figura 6:</b> Mapa de competencias matemáticas emergentes para la era de la IA: niveles de especialización, relevancia para distintos perfiles y articulación curricular en Ecuador .....	100
<b>Figura 7:</b> Ciclo de optimización matemática en un proyecto STEAM: fases del proceso, herramientas matemáticas y aplicación en el Ecuador .....	122
<b>Figura 8:</b> Proceso de recolección de datos en proyectos STEAM de ciencia de datos: componentes matemáticos, decisiones metodológicas y fuentes de datos ecuatorianas.....	127
<b>Figura 9:</b> Modelo de innovación educativa STEAM centrado en el contexto ecuatoriano: ejes de diseño, criterios de calidad y condiciones de sostenibilidad .....	137
<b>Figura 10:</b> Proceso de construcción de modelos matemáticos propios por los estudiantes: fases, competencias y formas de andamiaje en el contexto universitario ecuatoriano .....	165
<b>Figura 11:</b> Dimensiones del pensamiento crítico cuantitativo para investigadores en educación matemática: competencias, indicadores y conexión con la práctica investigativa en Ecuador .....	179
<b>Figura 12:</b> Estructura del portafolio de evidencias del pensamiento matemático universitario: tipos de evidencias, criterios de evaluación y condiciones de implementación en Ecuador .....	188




**Figura 13:** Mapa de tendencias de investigación en IA y educación matemática: áreas emergentes, brechas documentadas y relevancia para el Ecuador ...199

**Figura 14:** Visión de una cultura matemática inteligente para el Ecuador del siglo XXI: dimensiones, actores y horizonte transformador .....233

## Introducción

El siglo XXI ha transformado profundamente la manera en que las sociedades producen, interpretan y utilizan el conocimiento. La acelerada expansión de la inteligencia artificial (IA), el crecimiento exponencial de los datos y la creciente interconexión entre disciplinas científicas y tecnológicas han redefinido las competencias necesarias para participar activamente en la vida académica, profesional y ciudadana. En este contexto, el pensamiento matemático emerge como una capacidad fundamental no solo para comprender fenómenos cuantitativos, sino también para interpretar sistemas complejos, modelar problemas reales, tomar decisiones fundamentadas y construir soluciones innovadoras. La matemática deja de ser concebida exclusivamente como un conjunto de procedimientos abstractos para convertirse en un lenguaje indispensable para comprender y transformar el mundo contemporáneo.


La irrupción de la inteligencia artificial plantea desafíos sin precedentes para la educación matemática. Los sistemas inteligentes son capaces de resolver ecuaciones, generar demostraciones, interpretar datos y producir representaciones visuales con niveles de precisión y velocidad que hasta hace poco eran exclusivos del razonamiento humano especializado. Esta nueva realidad obliga a replantear una pregunta fundamental: ¿qué significa desarrollar pensamiento matemático en una época en la que las máquinas pueden ejecutar gran parte de los procedimientos tradicionalmente enseñados en las aulas? La respuesta a esta interrogante no implica la pérdida de relevancia de las matemáticas, sino precisamente su revalorización desde una perspectiva más profunda, crítica y aplicada.



El pensamiento matemático en la era de la inteligencia artificial exige superar modelos educativos centrados exclusivamente en la memorización de fórmulas y la repetición de algoritmos. Las competencias matemáticas que demanda la sociedad contemporánea están cada vez más relacionadas con la capacidad de formular problemas, reconocer patrones, construir modelos, interpretar información, evaluar incertidumbres y generar soluciones creativas a situaciones complejas. En este escenario, el enfoque STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics) emerge como una propuesta educativa capaz de integrar conocimientos, promover el aprendizaje interdisciplinario y desarrollar habilidades cognitivas superiores orientadas a la innovación y la resolución de problemas reales.

El presente libro, *Pensamiento Matemático en la Era de la IA: Redefiniendo el Enfoque STEAM en la Educación*, surge de la necesidad de analizar críticamente el papel que desempeñan las matemáticas en un contexto caracterizado por la expansión de la inteligencia artificial y la transformación digital de las sociedades. Su propósito es explorar nuevas formas de comprender, enseñar y aprender matemáticas, considerando las oportunidades y desafíos que plantea la integración de tecnologías inteligentes en los procesos educativos. La obra propone una visión renovada del pensamiento matemático, entendida no como una competencia aislada, sino como una capacidad transversal que articula el razonamiento científico, la creatividad, la innovación tecnológica y la comprensión crítica del entorno.

A lo largo de sus capítulos, este libro examina las nuevas dimensiones del pensamiento matemático en la sociedad inteligente, el papel de las matemáticas en la interpretación del mundo digital, las relaciones entre creatividad y razonamiento matemático, la integración de la inteligencia artificial en los procesos de aprendizaje y la redefinición del



enfoque STEAM en contextos educativos contemporáneos. Asimismo, se analizan estrategias pedagógicas innovadoras, modelos educativos emergentes y perspectivas futuras para la formación matemática en escenarios cada vez más mediados por tecnologías inteligentes.

Uno de los principales aportes de esta obra radica en su enfoque interdisciplinario y prospectivo. Lejos de presentar la inteligencia artificial como una amenaza para la enseñanza de las matemáticas, se propone comprenderla como una oportunidad para potenciar formas más profundas, contextualizadas y significativas de aprendizaje. La IA puede automatizar procedimientos, pero no reemplaza la capacidad humana para formular preguntas relevantes, construir interpretaciones complejas, establecer conexiones entre disciplinas y desarrollar pensamiento crítico. Precisamente estas capacidades constituyen el núcleo del pensamiento matemático que la educación del futuro debe promover.

En una sociedad donde la información, los algoritmos y los sistemas inteligentes influyen cada vez más en la toma de decisiones individuales y colectivas, la formación matemática adquiere una dimensión ética, social y ciudadana que trasciende los límites tradicionales de la enseñanza escolar. Formar estudiantes capaces de comprender, evaluar y utilizar críticamente las herramientas tecnológicas implica fortalecer simultáneamente su capacidad para pensar matemáticamente, actuar de manera responsable e innovar en contextos complejos. Desde esta perspectiva, el presente libro aspira a contribuir a la construcción de una educación STEAM renovada, donde el pensamiento matemático, la inteligencia artificial y el desarrollo humano converjan como pilares fundamentales para afrontar los desafíos del siglo XXI.



# CAPÍTULO 1

Nuevas Dimensiones del  
Pensamiento Matemático  
en la Sociedad Inteligente

## CAPÍTULO I

### Nuevas Dimensiones del Pensamiento Matemático en la Sociedad Inteligente

La sociedad del siglo XXI ha generado una transformación profunda en la naturaleza del pensamiento matemático que la investigación en educación matemática apenas está comenzando a conceptualizar con la profundidad que el fenómeno requiere. No se trata simplemente de que las matemáticas se enseñen con nuevas herramientas tecnológicas: se trata de que la relación entre el pensamiento humano y los sistemas matemáticos formales ha cambiado cualitativamente con la emergencia de la inteligencia artificial, la ciencia de datos y los sistemas complejos adaptativos como marcos centrales de comprensión del mundo contemporáneo. El matemático del siglo XXI, el científico, el ingeniero, el ciudadano y el docente que trabaja con herramientas matemáticas en contextos reales, no tiene el mismo repertorio cognitivo que sus predecesores del siglo XX: tiene acceso a capacidades computacionales que amplían exponencialmente lo que puede modelar, analizar y predecir, y enfrenta problemas de una complejidad que ningún conjunto de algoritmos de lápiz y papel podría abordar de manera satisfactoria.

Para los investigadores en educación matemática del Ecuador, esta transformación tiene implicaciones que van más allá del debate sobre si incluir o no la tecnología en el aula: plantea preguntas fundamentales sobre qué tipo de razonamiento matemático debe cultivar la educación en un contexto donde los sistemas de inteligencia artificial pueden realizar muchas de las tareas que históricamente justificaban la enseñanza de ciertos contenidos matemáticos. Andrade-Manguay et al. (2023), en un

estudio cuantitativo sobre la inteligencia artificial en el dominio del sistema educativo ecuatoriano, documentan que la IA está transformando el desarrollo y la evolución de la matemática como disciplina y como práctica educativa, con impactos verificables en los procesos de aprendizaje que no han sido suficientemente investigados en el contexto específico del sistema educativo nacional.

El presente capítulo examina las nuevas dimensiones del pensamiento matemático en la sociedad inteligente desde cinco perspectivas que construyen un argumento acumulativo: las matemáticas como herramienta para comprender los sistemas complejos que caracterizan la realidad contemporánea; las matemáticas para la interpretación del mundo digital donde millones de ecuatorianos toman decisiones cotidianas; la creatividad como dimensión renovada del razonamiento matemático en la era de la IA; las matemáticas para la resolución de problemas reales con consecuencias verificables en el contexto ecuatoriano; y las prospectivas del razonamiento matemático en un futuro donde las fronteras entre la inteligencia humana y los sistemas artificiales son crecientemente porosas. A lo largo de estas cinco secciones, la perspectiva del investigador en educación matemática opera como hilo conductor: no simplemente qué matemáticas deben aprender los estudiantes sino qué comprensiones sobre el aprendizaje matemático debe producir la investigación educativa para orientar la transformación que el sistema educativo ecuatoriano necesita.

Núñez et al. (2025), en su investigación sobre la aplicación de entornos experimentales virtuales en la enseñanza universitaria de física y matemáticas en el contexto STEM ecuatoriano, evidencian que la integración de herramientas digitales interactivas en la enseñanza universitaria de matemáticas produce mejoras

significativas en el desarrollo de competencias científicas, aunque identifican la necesidad de mayor investigación sobre los mecanismos cognitivos mediante los cuales esa integración produce sus efectos. Esta brecha entre la evidencia de los efectos y la comprensión de los mecanismos es característica del estado actual de la investigación en educación matemática con tecnología, y define con precisión el horizonte de investigación que este libro propone.

### **1.1. El Pensamiento Matemático como Herramienta para Comprender Sistemas Complejos**

Los sistemas complejos, aquellos cuyos componentes interactúan de maneras no lineales para producir comportamientos emergentes que no pueden predecirse a partir del análisis aislado de las partes, constituyen una característica estructural de las sociedades contemporáneas. Los ecosistemas naturales, los mercados financieros, las redes sociales digitales, los sistemas de salud pública y los entornos educativos son ejemplos de sistemas cuya comprensión exige herramientas analíticas capaces de representar múltiples variables, interacciones dinámicas y fenómenos emergentes. En este contexto, el pensamiento matemático deja de ser únicamente un conjunto de procedimientos algorítmicos para convertirse en un instrumento intelectual que permite modelar, interpretar y anticipar el comportamiento de sistemas caracterizados por la incertidumbre, la interdependencia y la complejidad.

La comprensión de sistemas complejos requiere formas de razonamiento matemático que trasciendan el cálculo tradicional y se orienten hacia la identificación de patrones, la construcción de modelos, la interpretación de datos y la evaluación de escenarios

alternativos. El pensamiento matemático contemporáneo incorpora conceptos provenientes de la teoría de sistemas, la estadística, la probabilidad, la teoría de redes y la modelación computacional, permitiendo representar fenómenos que evolucionan en el tiempo y cuyos resultados dependen de múltiples factores interrelacionados. Esta transformación implica reconocer que las matemáticas no solo describen la realidad, sino que también proporcionan marcos conceptuales para comprender cómo se organizan, cambian y responden los sistemas ante perturbaciones internas y externas.



En el contexto ecuatoriano, la relevancia del pensamiento matemático para el estudio de sistemas complejos resulta particularmente evidente. Problemas como la deforestación en la Amazonía, la gestión de los recursos hídricos en los páramos andinos, la actividad sísmica y volcánica, la movilidad humana, la desigualdad educativa y el impacto del cambio climático presentan características propias de sistemas complejos. La comprensión de estos fenómenos requiere la integración de datos empíricos, modelos predictivos y herramientas de simulación que permitan analizar escenarios futuros y evaluar alternativas de intervención. Desde esta perspectiva, el desarrollo del pensamiento matemático adquiere una dimensión social y política, pues contribuye a la formación de ciudadanos capaces de participar críticamente en la toma de decisiones que afectan a sus comunidades y al país.

La investigación en educación matemática enfrenta, por tanto, el desafío de replantear sus objetivos formativos y sus estrategias pedagógicas. La enseñanza centrada exclusivamente en la repetición de procedimientos estandarizados resulta insuficiente para preparar a los estudiantes ante los problemas complejos que caracterizan al siglo XXI. En su lugar, se requieren propuestas didácticas que promuevan la modelación matemática, el análisis de datos, el razonamiento probabilístico, la simulación de escenarios y la interpretación crítica de resultados. Asimismo, la incorporación de herramientas digitales, sistemas de inteligencia artificial y entornos de visualización dinámica ofrece nuevas oportunidades para que los estudiantes exploren sistemas complejos y desarrollen competencias matemáticas de orden superior.

En consecuencia, el pensamiento matemático debe ser concebido como una herramienta epistemológica fundamental para comprender la complejidad del mundo contemporáneo. Su

valor no radica únicamente en la capacidad para resolver ejercicios académicos, sino en su potencial para construir explicaciones rigurosas, formular predicciones fundamentadas y diseñar soluciones a problemas reales. Para la investigación en educación matemática en Ecuador, esta perspectiva representa una oportunidad estratégica para articular la formación matemática con los desafíos científicos, tecnológicos, ambientales y sociales del país, contribuyendo así al desarrollo de una ciudadanía crítica, reflexiva y capaz de intervenir de manera informada en sistemas cada vez más complejos e interconectados.

### 1.1.1. Complejidad y Modelación Matemática

La modelación matemática de sistemas complejos requiere un conjunto de herramientas conceptuales que la enseñanza matemática convencional raramente desarrolla de manera sistemática: la comprensión de los sistemas de ecuaciones diferenciales para describir la evolución temporal de los fenómenos dinámicos; el álgebra lineal para el análisis de las redes de interdependencias; la teoría de la probabilidad y los procesos estocásticos para modelar la incertidumbre inherente a los sistemas con muchos componentes interactivos; y las matemáticas del caos y la fractalidad para comprender la sensibilidad de ciertos sistemas a las condiciones iniciales. Ninguna de estas herramientas es nueva: lo nuevo es su relevancia para la comprensión del mundo que los ciudadanos del siglo XXI habitan, y la posibilidad que los sistemas computacionales ofrecen de implementarlas con una accesibilidad que antes requería formación técnica avanzada.

La investigación en educación matemática sobre la modelación de sistemas complejos enfrenta un desafío

metodológico específico: los modelos matemáticos de sistemas complejos son inherentemente simplificaciones que capturan algunas características del sistema real y omiten otras, y la evaluación de la calidad de un modelo requiere criterios que van más allá de la corrección matemática formal. Un modelo puede ser matemáticamente impecable y pedagógicamente inútil, o matemáticamente aproximado y epistemológicamente revelador. El investigador en educación matemática ecuatoriana que trabaja con modelación de sistemas complejos debe desarrollar criterios de evaluación de los modelos que integren la corrección matemática formal con la pertinencia explicativa, la potencia predictiva y la accesibilidad para los estudiantes en los distintos niveles del sistema educativo.

### 1.1.2. Relaciones entre Patrones y Estructuras

La identificación de patrones y la comprensión de las estructuras matemáticas que los generan es uno de los procesos cognitivos más fundamentales del razonamiento matemático y uno de los que mayor relevancia ha adquirido con la emergencia de los sistemas de inteligencia artificial. Los algoritmos de aprendizaje automático son, en su esencia matemática, detectores de patrones en espacios de alta dimensionalidad: identifican regularidades en conjuntos de datos que los seres humanos no podrían detectar mediante la inspección visual o el análisis estadístico convencional. Comprender qué tipos de patrones detectan estos algoritmos, qué tipos se les escapan y por qué, requiere precisamente el tipo de comprensión de las estructuras matemáticas subyacentes que la enseñanza matemática de calidad debe cultivar.

La Tabla 1 presenta un cuadro comparativo entre el pensamiento matemático clásico y el pensamiento matemático en la era de los sistemas inteligentes, con análisis de las dimensiones más relevantes para la investigación en educación matemática en el Ecuador contemporáneo.

**Tabla 1:** Cuadro comparativo del pensamiento matemático clásico y el pensamiento matemático en la era de los sistemas inteligentes: dimensiones de análisis y relevancia para la investigación educativa ecuatoriana

<b>Dimensión</b>	<b>Pensamiento matemático clásico</b>	<b>Pensamiento matemático en la era de sistemas inteligentes</b>
<b>Naturaleza del problema</b>	Problemas cerrados con soluciones y procedimientos definidos.	Problemas abiertos, complejos y con múltiples soluciones posibles.
<b>Rol del estudiante</b>	Reproduce procedimientos establecidos.	Construye, evalúa y ajusta modelos matemáticos.
<b>Relación con los datos</b>	Los datos se utilizan para cálculos predefinidos.	Los datos se analizan para identificar patrones y generar inferencias.
<b>Herramientas cognitivas</b>	Algoritmos tradicionales, fórmulas y calculadoras básicas.	Simuladores, análisis de datos, visualización e inteligencia artificial.
<b>Criterio de validación</b>	Predomina la respuesta correcta establecida externamente.	Se valora la coherencia, pertinencia y capacidad explicativa del modelo.
<b>Conexión interdisciplinaria</b>	Las matemáticas se conciben como disciplina autónoma.	Las matemáticas actúan como lenguaje transversal e interdisciplinario.

*Nota.* Elaboración propia basada en Andrade-Manguay et al. (2023), el nuevo trabajo matemático en la era de la IA (ResearchGate, 2024) y Cedillo et al. (2025).

El cuadro comparativo presentado en la Tabla 1 evidencia que la transformación del pensamiento matemático en la era de la IA no es simplemente la adición de nuevas herramientas a un repertorio cognitivo preexistente: es una reconfiguración de los criterios de valor, de los procesos cognitivos centrales y de las relaciones entre el matemático humano y los sistemas formales con los que trabaja. Para los investigadores ecuatorianos en educación matemática, esta reconfiguración plantea preguntas que no tienen respuestas definitivas en la literatura disponible y que requieren investigación empírica específica en el contexto educativo nacional: ¿qué disposiciones cognitivas del pensamiento matemático clásico son más difíciles de transformar hacia el nuevo paradigma? ¿Qué condiciones institucionales favorecen esa transformación? ¿Qué diseños de instrucción producen el tipo de pensamiento matemático que la sociedad inteligente requiere?

### 1.1.3. Pensamiento Sistémico y Matemático

El pensamiento sistémico, la capacidad de comprender los fenómenos como sistemas de componentes interdependientes en lugar de como colecciones de elementos aislados, es una disposición cognitiva que la matemática puede cultivar de manera particularmente potente cuando los conceptos matemáticos se enseñan explícitamente como herramientas para pensar sistémicamente. Los conceptos de función, variable, dependencia, optimización, equilibrio y retroalimentación son todos conceptos matemáticos que también son conceptos sistémicos fundamentales, y su enseñanza como tales, conectados con fenómenos reales donde esas relaciones son observables, produce comprensiones que la enseñanza puramente formal no alcanza. La investigación en educación matemática ecuatoriana debe examinar qué diseños instruccionales producen más

efectivamente el pensamiento sistémico-matemático integrado, y en qué condiciones esa integración se produce de manera genuina y no simplemente retórica.

#### 1.1.4. Incertidumbre y Toma de Decisiones

La toma de decisiones bajo incertidumbre es quizás el dominio donde la brecha entre el pensamiento matemático que la educación convencional cultiva y el pensamiento matemático que la vida real requiere es más pronunciada. La educación matemática convencional trata la incertidumbre como un estado deficiente de conocimiento que el análisis suficientemente riguroso puede eliminar; la matemática de la probabilidad y la estadística bayesiana, por el contrario, conceptualiza la incertidumbre como una característica estructural de muchos problemas que los modelos matemáticos deben representar explícitamente en lugar de ignorar. Para el ciudadano del Ecuador del siglo XXI, que debe tomar decisiones sobre su salud, sus inversiones, su participación política y su comportamiento ambiental en condiciones de información imperfecta y de alta incertidumbre sobre las consecuencias de sus acciones, la comprensión matemática de la incertidumbre no es un lujo académico sino una competencia ciudadana fundamental.

#### 1.1.5. Matemáticas para Escenarios Dinámicos

Los escenarios dinámicos, aquellos donde las condiciones cambian en el tiempo de maneras que los modelos estáticos no capturan, son la realidad de la mayoría de los problemas genuinamente importantes para el Ecuador contemporáneo: la dinámica de las epidemias, la evolución de los precios de los commodities, el cambio climático y sus efectos sobre los

ecosistemas andinos y amazónicos, la trayectoria de crecimiento de las economías locales. Modelar matemáticamente estos escenarios dinámicos requiere conceptos y herramientas que la enseñanza matemática convencional raramente desarrolla: las ecuaciones diferenciales y en diferencias, los modelos de simulación por eventos, el análisis de la estabilidad de los equilibrios y las bifurcaciones. La Figura 1 ilustra los componentes del razonamiento matemático para escenarios dinámicos y su articulación con los sistemas de IA contemporáneos.

**Figura 1:** Razonamiento matemático para escenarios dinámicos: componentes cognitivos, herramientas computacionales y aplicaciones en el contexto ecuatoriano



*Nota.* Elaboración propia basada en el nuevo trabajo matemático en la era de la IA (ResearchGate, 2024) y el análisis de las competencias matemáticas para escenarios dinámicos en el contexto ecuatoriano.

El ciclo de razonamiento matemático para escenarios dinámicos representado en la Figura 1 es de enorme relevancia para la investigación en educación matemática ecuatoriana porque ilustra con precisión el tipo de competencias matemáticas que los sistemas de IA más potentes pueden asistir pero no sustituir: la comprensión de qué modelo es pertinente para qué fenómeno, la evaluación crítica de los supuestos implícitos, la interpretación de los resultados en el contexto del problema real y la comunicación de las incertidumbres a distintos públicos son todas competencias que requieren la comprensión matemática profunda que la formación convencional debe cultivar. Ningún sistema de IA puede reemplazar al matemático que no comprende la fenomenología del problema que modela; puede solo amplificar la capacidad de quien sí la comprende.

## 1.2. Matemáticas para la Interpretación del Mundo Digital

El mundo digital en el que los ecuatorianos del siglo XXI toman decisiones cotidianas de enorme consecuencia está estructurado por matemáticas que la mayoría de sus usuarios no comprende y que raramente tiene la oportunidad de examinar críticamente. Los algoritmos que determinan qué información aparece en los resultados de búsqueda, qué productos se recomiendan en las plataformas de comercio electrónico, qué créditos se aprueban y cuáles se deniegan, qué candidatos son más visibles en las redes sociales y qué contenidos se viralizan y cuáles son suprimidos, son todos algoritmos con base matemática cuya comprensión es una condición de la ciudadanía digital genuina. La investigación en educación matemática ecuatoriana tiene la responsabilidad de examinar qué tipo de formación matemática produce ciudadanos capaces de comprender, cuestionar y

participar en el debate público sobre los sistemas algorítmicos que moldean sus posibilidades de vida.

La interpretación del mundo digital exige competencias matemáticas que trascienden el dominio tradicional de operaciones y procedimientos. La estadística, la probabilidad, el análisis de datos, el álgebra lineal, la teoría de grafos y la modelación computacional constituyen actualmente lenguajes fundamentales para comprender el funcionamiento de las tecnologías digitales contemporáneas. Los sistemas de recomendación, los modelos predictivos, los motores de búsqueda y las plataformas de inteligencia artificial operan mediante principios matemáticos que determinan qué información es visible, qué comportamientos son incentivados y qué decisiones automatizadas afectan la vida cotidiana de millones de personas. La alfabetización matemática del siglo XXI debe, por tanto, incorporar la comprensión crítica de estos fundamentos como parte esencial de la formación ciudadana.

En el contexto ecuatoriano, esta necesidad adquiere una relevancia particular debido al creciente uso de plataformas digitales en ámbitos como la educación, el comercio, la salud, la administración pública y la participación política. La expansión de los servicios digitales ha incrementado la dependencia de sistemas algorítmicos cuyos criterios de funcionamiento permanecen frecuentemente invisibles para la mayoría de la población. La interpretación matemática de fenómenos como la difusión de información en redes sociales, la segmentación automatizada de usuarios, la evaluación crediticia o la analítica educativa representa una oportunidad para conectar la enseñanza de las matemáticas con problemas reales y socialmente significativos. Esta conexión contribuye a que los estudiantes perciban las matemáticas no como un conjunto abstracto de técnicas, sino como una

herramienta para comprender las estructuras que organizan la sociedad digital.

La investigación en educación matemática enfrenta, en consecuencia, el desafío de desarrollar propuestas pedagógicas que integren la comprensión de sistemas digitales en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Esto implica diseñar experiencias educativas donde los estudiantes analicen datos reales, exploren modelos predictivos, interpreten visualizaciones complejas y evalúen críticamente el funcionamiento y las consecuencias de los algoritmos. Asimismo, el uso de herramientas computacionales, lenguajes de programación educativos y sistemas de inteligencia artificial generativa ofrece nuevas posibilidades para la construcción de competencias matemáticas avanzadas, siempre que su incorporación esté acompañada de una reflexión ética y epistemológica sobre sus alcances y limitaciones.

Desde esta perspectiva, las matemáticas para la interpretación del mundo digital constituyen una dimensión fundamental de la educación contemporánea y de la formación ciudadana. La capacidad de comprender cómo funcionan los algoritmos, cómo se producen las predicciones, cómo se interpretan los datos y cómo se construyen los modelos matemáticos que sustentan los sistemas digitales se convierte en una condición indispensable para participar de manera crítica y responsable en las sociedades actuales. Para la investigación en educación matemática en Ecuador, este desafío representa una oportunidad estratégica para redefinir el papel de las matemáticas en la formación de ciudadanos capaces no solo de utilizar tecnologías digitales, sino también de comprenderlas, cuestionarlas y contribuir a su desarrollo desde una perspectiva científica, ética y socialmente comprometida.

### 1.2.1. Datos como Lenguaje de la Sociedad Actual

Los datos se han convertido en el lenguaje mediante el cual la sociedad contemporánea representa, comunica y toma decisiones sobre la realidad: los datos de salud pública orientan las políticas sanitarias, los datos económicos fundamentan las decisiones de política fiscal, los datos ambientales documentan el estado de los ecosistemas y los datos educativos evalúan la calidad del sistema escolar. En el Ecuador, donde la capacidad de producir, analizar y comunicar datos rigurosos sobre la realidad nacional es todavía limitada, la formación matemática que produce ciudadanos capaces de leer críticamente los datos con los que los medios, los políticos y los organismos internacionales justifican sus argumentos tiene una dimensión de justicia epistémica que trasciende lo pedagógico. La investigación en educación matemática ecuatoriana debe examinar qué competencias de pensamiento estadístico son más urgentemente necesarias para la ciudadanía ecuatoriana contemporánea y qué diseños instruccionales las producen más efectivamente.

### 1.2.2. Visualización Matemática de Fenómenos

La visualización matemática de fenómenos es una de las competencias que la disponibilidad de herramientas computacionales ha democratizado de manera más significativa: lo que antes requería habilidades de programación avanzadas puede realizarse ahora con plataformas interactivas accesibles para estudiantes sin formación técnica especializada. Sin embargo, la accesibilidad técnica de las herramientas de visualización no garantiza la comprensión matemática de las representaciones que producen: un gráfico de dispersión puede generar la ilusión de comprensión de una relación entre variables sin que el estudiante

comprenda la diferencia entre correlación y causalidad, o la influencia de las escalas sobre la percepción de los patrones. La Tabla 2 examina los principales tipos de fenómenos digitales que el pensamiento matemático puede visualizar e interpretar, con análisis de las competencias de investigación que esa visualización activa en el contexto de la educación matemática ecuatoriana.

**Tabla 2:** Visualización matemática de fenómenos digitales en el contexto ecuatoriano: tipos de fenómenos, representaciones matemáticas y competencias de investigación activadas

Fenómeno digital	Representación matemática y visualización	Competencias que desarrolla
Propagación de información en redes sociales	Grafos, crecimiento exponencial y visualización de redes.	Modelación de sistemas complejos, análisis de patrones y pensamiento crítico.
Precios en plataformas digitales	Series temporales, regresión y paneles interactivos.	Análisis estadístico, interpretación de datos y argumentación basada en evidencia.
Consumo energético en hogares inteligentes	Series temporales, modelos predictivos y mapas de calor.	Predicción, evaluación de modelos y análisis de sostenibilidad.
Algoritmos de búsqueda en internet	Grafos dirigidos, álgebra lineal y análisis de relevancia.	Comprensión de algoritmos, razonamiento matemático aplicado y reflexión crítica.

*Nota.* Elaboración propia basada en Andrade-Manguay et al. (2023), Núñez et al. (2025) y el análisis de la visualización matemática en la investigación educativa ecuatoriana.

Los fenómenos digitales sistematizados en la Tabla 2 constituyen un repertorio de contextos de problematización matemática de alta relevancia para el investigador ecuatoriano en educación matemática porque combinan tres características que la teoría de la situación didáctica identifica como condiciones de los buenos problemas matemáticos: son genuinamente complejos (no tienen solución algorítmica única), son contextualmente significativos (los estudiantes pueden conectarlos con experiencias reales de su vida digital cotidiana) y son matemáticamente ricos (activan un amplio espectro de conceptos y técnicas matemáticas). El diseño instruccional que aprovecha estos contextos requiere, sin embargo, una comprensión profunda de la matemática que los subyace y una cuidadosa ingeniería didáctica que garantice que la riqueza contextual del problema no obscurece sino que potencia el desarrollo del pensamiento matemático.

### 1.2.3. Inferencia y Análisis Predictivo

La inferencia estadística y el análisis predictivo son las dimensiones del pensamiento matemático que más directamente conectan con las capacidades de la inteligencia artificial contemporánea: los modelos de aprendizaje automático son, en su esencia, sistemas de inferencia inductiva que identifican patrones en datos históricos y los proyectan sobre datos futuros con una estimación explícita de la incertidumbre de esa proyección. Comprender matemáticamente cómo funcionan estos sistemas requiere una base sólida en probabilidad, estadística inferencial y álgebra lineal que la educación matemática convencional ecuatoriana raramente proporciona con la profundidad necesaria. La investigación en educación matemática debe examinar qué componentes de esa base son más urgentes, qué secuencias de



### 1.2.5. Pensamiento Cuantitativo para Ciudadanos Digitales

El pensamiento cuantitativo para ciudadanos digitales es una síntesis de las competencias examinadas en las secciones anteriores que va más allá de las habilidades técnicas para incluir las disposiciones epistémicas, éticas y políticas necesarias para ser un actor activo y crítico en la sociedad del dato. El ciudadano digital cuantitativamente competente no solo sabe calcular estadísticos y construir gráficos: sabe preguntar de quién son los datos y con qué propósito fueron recolectados, sabe evaluar si un modelo es adecuado para la pregunta que pretende responder, sabe identificar los intereses que pueden estar sesgando la selección de qué datos se presentan y cuáles se omiten, y sabe comunicar sus propias posiciones con argumentos cuantitativos fundamentados y con la honestidad epistémica de explicitar las incertidumbres de sus análisis. Desarrollar este tipo de ciudadanía cuantitativa es uno de los objetivos más ambiciosos y más necesarios de la investigación y la práctica en educación matemática ecuatoriana del siglo XXI.

### 1.3. Creatividad y Razonamiento Matemático

La creatividad matemática ha sido históricamente concebida como una capacidad excepcional reservada a los genios matemáticos que producen teoremas originales: Gauss, Euler, Ramanujan y Grothendieck. Esta concepción elitista de la creatividad matemática ha tenido consecuencias pedagógicas profundas al excluir la dimensión creativa de la educación matemática cotidiana, concentrando la enseñanza en la transmisión y reproducción de algoritmos establecidos, donde la competencia se evalúa principalmente por la precisión y la fidelidad en la aplicación de procedimientos previamente definidos. Como

resultado, generaciones de estudiantes han desarrollado la percepción de que las matemáticas son un campo de conocimiento rígido, cerrado y ajeno a los procesos de exploración, imaginación y creación que caracterizan a otras disciplinas.

Sin embargo, la investigación contemporánea en educación matemática ha cuestionado de manera sustancial esta visión tradicional. Las revisiones sistemáticas y los estudios empíricos desarrollados durante las últimas décadas han documentado que la creatividad matemática puede desarrollarse mediante intervenciones pedagógicas diseñadas específicamente para promover la exploración de múltiples estrategias, la formulación de conjeturas, la resolución de problemas abiertos y la construcción de soluciones originales. Estos hallazgos han transformado la comprensión de la creatividad matemática, pasando de considerarla una capacidad excepcional e innata a reconocerla como una competencia cognitiva susceptible de ser desarrollada mediante experiencias educativas adecuadamente estructuradas.

La creatividad matemática contemporánea se entiende como la capacidad de generar ideas originales, establecer conexiones entre conceptos aparentemente distantes, formular representaciones novedosas y construir soluciones pertinentes para problemas complejos. Esta perspectiva reconoce que la actividad matemática auténtica implica procesos permanentes de imaginación, experimentación, reformulación y validación, similares a los que ocurren en la investigación científica y en otras formas de producción de conocimiento. Desde este enfoque, la creatividad no constituye un componente adicional o accesorio del pensamiento matemático, sino una de sus dimensiones fundamentales y constitutivas.

En el contexto educativo ecuatoriano, el reconocimiento de la creatividad matemática como una competencia desarrollable plantea desafíos y oportunidades significativas. Los sistemas de evaluación centrados predominantemente en respuestas correctas y procedimientos estandarizados han limitado históricamente el desarrollo de prácticas pedagógicas orientadas a la creatividad. Sin embargo, la creciente necesidad de formar ciudadanos capaces de enfrentar problemas complejos, interpretar información ambigua y generar soluciones innovadoras exige la incorporación explícita de estrategias didácticas que promuevan el pensamiento divergente, la modelación matemática, la argumentación y la exploración de múltiples caminos de solución. La creatividad matemática adquiere así una relevancia no solo académica, sino también social, económica y tecnológica.

La emergencia de herramientas digitales avanzadas y sistemas de inteligencia artificial generativa abre nuevas posibilidades para el desarrollo de la creatividad matemática. Estos sistemas permiten generar problemas abiertos, explorar múltiples representaciones, construir simulaciones y producir escenarios alternativos que amplían significativamente las oportunidades de experimentación y descubrimiento matemático. Para la investigación en educación matemática en Ecuador, esta transformación representa una oportunidad estratégica para redefinir el papel de la creatividad en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas, promoviendo una formación orientada no únicamente a la reproducción del conocimiento existente, sino también a la capacidad de producir nuevas formas de comprensión, interpretación y solución de los problemas que caracterizan a las sociedades contemporáneas.

### 1.3.1. Creatividad en la Formulación de Problemas

La formulación de problemas, la capacidad de construir preguntas matemáticamente precisas a partir de situaciones ambiguas o de extender problemas existentes hacia generalizaciones más ricas, es una de las dimensiones de la creatividad matemática que tiene mayor relevancia para la investigación educativa porque es simultáneamente un índice de la comprensión matemática profunda y una competencia de enorme valor para la práctica profesional en cualquier campo donde la definición precisa del problema es la condición de la solución pertinente. En la era de la IA, la formulación de problemas matemáticos adquiere una dimensión adicional: la capacidad de transformar una situación real vaga en una pregunta matemáticamente precisa que un sistema computacional pueda procesar es la competencia fundamental del profesional que usa herramientas de análisis de datos o de aprendizaje automático en contextos aplicados.

### 1.3.2. Estrategias Heurísticas Avanzadas

Las estrategias heurísticas para la resolución de problemas, sistematizadas en la obra clásica de Polya *How to Solve It* y desarrolladas posteriormente por una generación de investigadores en educación matemática, son procedimientos de razonamiento que no garantizan la solución de un problema pero que aumentan sistemáticamente la probabilidad de encontrarla. En la era de la IA, las estrategias heurísticas no han perdido relevancia: al contrario, las han ganado, porque el acceso a sistemas computacionales potentes hace que la parte algorítmica de la resolución de problemas sea menos limitante mientras que la parte heurística, la selección de qué problema abordar, qué estrategia aplicar, qué

modelo construir y cómo evaluar los resultados, sigue siendo irreductiblemente humana. La Tabla 3 examina las principales estrategias heurísticas avanzadas con análisis de su aplicación específica en el contexto de la investigación sobre educación matemática con IA en Ecuador.

**Tabla 3:** Estrategias heurísticas avanzadas para la resolución de problemas matemáticos en la era de la IA: descripción, mecanismo cognitivo y aplicación en investigación educativa ecuatoriana

<b>Estrategia heurística</b>	<b>Descripción</b>	<b>Aplicación en educación matemática e IA</b>
<b>Reducción a un problema más simple</b>	Simplifica el problema para identificar principios generales y facilitar su resolución.	Permite analizar modelos de IA simples antes de abordar sistemas complejos.
<b>Trabajo hacia atrás desde la solución</b>	Parte del resultado esperado para identificar las condiciones necesarias para alcanzarlo.	Facilita el diseño de sistemas de evaluación y modelos basados en competencias.
<b>Analogías estructurales</b>	Establece relaciones entre problemas con estructuras matemáticas similares.	Favorece la comprensión de algoritmos de IA a partir de conceptos matemáticos conocidos.
<b>Representaciones múltiples</b>	Integra representaciones algebraicas, gráficas, geométricas y numéricas.	Potencia la comprensión y transferencia de conceptos matemáticos aplicados a la IA.

*Nota.* Elaboración propia basada en Cedillo et al. (2025), el nuevo trabajo matemático en la era de la IA (ResearchGate, 2024) y la investigación sobre creatividad en educación matemática.

Las estrategias heurísticas avanzadas sistematizadas en la Tabla 3 configuran un repertorio de competencias para la resolución de problemas complejos que la investigación en

educación matemática ecuatoriana debe examinar desde dos ángulos complementarios: el diagnóstico del estado actual de su desarrollo en el sistema educativo nacional, y el diseño de intervenciones instruccionales que las cultiven de manera progresiva y verificable. Cedillo et al. (2025), en su revisión sistemática sobre el pensamiento lógico-matemático en la educación, documentan que el aprendizaje basado en problemas y el uso de materiales concretos producen mejoras en el razonamiento abstracto; la investigación futura debe examinar si esas mejoras se sostienen cuando los problemas son abiertos y contextualmente ricos, que es la condición donde las estrategias heurísticas avanzadas son más necesarias.

### 1.3.3. Innovación mediante Modelos Matemáticos

La innovación mediante modelos matemáticos es la capacidad de construir representaciones matemáticas originales de fenómenos para los que no existe un modelo estándar establecido, y de usar esas representaciones para generar comprensiones o soluciones que de otro modo no serían alcanzables. Esta capacidad es la más claramente distinguida de la IA en el campo de la matemática aplicada: los sistemas de IA pueden aplicar modelos existentes con gran eficiencia e incluso pueden descubrir nuevas representaciones dentro de espacios de hipótesis predefinidos, pero la definición del espacio de hipótesis relevante, la selección de las variables que importan y la interpretación de los resultados en términos del fenómeno real, requieren un tipo de comprensión contextual que los sistemas actuales de IA no poseen. La formación matemática que desarrolla la capacidad de innovar mediante modelos es la formación que produce profesionales genuinamente insustituibles por los sistemas de IA.

### 1.3.4. Flexibilidad Cognitiva y Abstracción

La flexibilidad cognitiva matemática, la capacidad de cambiar de perspectiva, de representación o de estrategia cuando el enfoque actual no está produciendo progreso, es una de las características más consistentemente identificadas por la investigación como predictor del éxito matemático en problemas genuinamente difíciles. Esta flexibilidad requiere un nivel de abstracción que permite ver la estructura matemática de un problema independientemente de su presentación superficial, y transferirla a otros problemas con la misma estructura pero distinta presentación. El desarrollo de la flexibilidad cognitiva y la abstracción en los estudiantes ecuatorianos de matemáticas es un objetivo que la investigación ha identificado como prioritario pero que los diseños instruccionales convencionales raramente abordan de manera sistemática: la enseñanza orientada a la aplicación de algoritmos específicos produce rigidez cognitiva, no flexibilidad.

### 1.3.5. Pensamiento Divergente en Matemáticas

El pensamiento divergente, la capacidad de generar múltiples soluciones o estrategias para un mismo problema, es una dimensión de la creatividad matemática que contrasta con el pensamiento convergente que la enseñanza convencional privilegia. La Figura 2 ilustra la dinámica del pensamiento divergente y convergente en la resolución de problemas matemáticos en la era de la IA, con especial atención a cómo los sistemas computacionales pueden ampliar el espacio de exploración divergente sin reemplazar el juicio matemático que orienta la convergencia hacia soluciones pertinentes.

**Figura 2:** Dinámica del pensamiento matemático divergente y convergente en la era de la IA: fases, herramientas y competencias del investigador en educación matemática



*Nota.* Elaboración propia basada en Cedillo et al. (2025), el análisis de la creatividad en la resolución de problemas matemáticos y el impacto de la IA en el razonamiento matemático divergente.

#### 1.4. Matemáticas para la Resolución de Problemas Reales

La resolución de problemas reales con herramientas matemáticas constituye una de las dimensiones del pensamiento matemático con mayor potencial transformador para la educación contemporánea. Cuando los estudiantes e investigadores trabajan con situaciones auténticas cuyos resultados tienen implicaciones verificables en su entorno social, económico o ambiental, las matemáticas dejan de percibirse como un conjunto abstracto de

procedimientos y se convierten en una herramienta de comprensión, análisis e intervención sobre la realidad. En el contexto ecuatoriano, esta transformación resulta particularmente relevante debido a la diversidad de problemas complejos que afectan al país, desde la gestión de recursos naturales y la planificación territorial hasta la educación, la salud pública y el desarrollo sostenible. La conexión entre el conocimiento matemático y los desafíos nacionales genera una motivación epistémica que trasciende la preparación para evaluaciones académicas y favorece el compromiso genuino con la producción de conocimiento.

La modelación matemática de problemas reales implica procesos cognitivos significativamente más complejos que la resolución de ejercicios convencionales. Los estudiantes deben identificar variables relevantes, formular supuestos, seleccionar herramientas matemáticas apropiadas, construir modelos, interpretar resultados y evaluar críticamente la validez de sus conclusiones. Este proceso requiere integrar conocimientos provenientes de distintas áreas disciplinares y desarrollar competencias de razonamiento, argumentación y toma de decisiones bajo incertidumbre. A diferencia de los problemas tradicionales, donde generalmente existe una respuesta correcta previamente establecida, los problemas reales admiten múltiples aproximaciones, presentan limitaciones metodológicas y exigen una reflexión permanente sobre la relación entre el modelo matemático y el fenómeno que se pretende representar.

En el Ecuador, numerosos problemas de interés social y científico ofrecen oportunidades particularmente valiosas para el desarrollo del pensamiento matemático aplicado. El análisis de la deforestación amazónica, la modelación de riesgos sísmicos y volcánicos, la optimización de sistemas de distribución de agua

potable, el estudio de la movilidad humana, la evaluación de políticas educativas o la predicción de fenómenos climáticos constituyen ejemplos de problemas cuya comprensión requiere herramientas matemáticas avanzadas y cuyo estudio posee consecuencias directas para la sociedad. La incorporación de estos contextos en la enseñanza y la investigación educativa permite fortalecer la pertinencia social de las matemáticas y contribuir a la formación de profesionales capaces de participar activamente en la solución de problemas nacionales.

No obstante, la investigación en educación matemática basada en problemas reales enfrenta desafíos metodológicos y pedagógicos que rara vez aparecen en los problemas diseñados exclusivamente con fines didácticos. Los datos disponibles suelen ser incompletos, contener errores de medición o presentar niveles significativos de incertidumbre; los modelos matemáticos construidos representan aproximaciones parciales de fenómenos complejos; las interpretaciones pueden ser objeto de debate científico; y las decisiones derivadas de los resultados pueden tener consecuencias relevantes para las comunidades involucradas. Estas características obligan a los estudiantes e investigadores a desarrollar competencias de evaluación crítica, argumentación basada en evidencia y reconocimiento explícito de las limitaciones inherentes a cualquier proceso de modelación matemática.

Desde esta perspectiva, la resolución de problemas reales debe ser entendida como una práctica de investigación y de formación ciudadana, además de una estrategia de enseñanza. La capacidad de utilizar herramientas matemáticas para comprender problemas complejos, evaluar alternativas de acción y comunicar resultados fundamentados constituye una competencia esencial para las sociedades contemporáneas. Para la investigación en

educación matemática en Ecuador, el desafío consiste en diseñar experiencias formativas que permitan a los estudiantes interactuar con problemas auténticos, desarrollar competencias matemáticas de alto nivel y comprender que las matemáticas no son únicamente un lenguaje abstracto, sino también una herramienta para interpretar críticamente la realidad y contribuir a su transformación.

#### 1.4.1. Problemas Abiertos y Contextuales



Los problemas abiertos y contextuales son aquellos que, a diferencia de los ejercicios de manual, no tienen una solución única predefinida por el autor del texto, sino que admiten múltiples aproximaciones matemáticas de distinta complejidad y pertinencia según el contexto específico en el que se plantean. La investigación sobre las tareas matemáticas abiertas como respuesta didáctica a la IA generativa en contextos post-IA documenta que la resolución de este tipo de tareas conduce a la construcción de modelos matemáticos basados en supuestos que son progresivamente refinados a lo largo del trabajo individual y colectivo, articulando

interpretación, construcción, análisis y revisión de soluciones. Esta conclusión tiene especial relevancia para los investigadores ecuatorianos en educación matemática: los problemas abiertos no son simplemente más difíciles que los cerrados, son cualitativamente distintos en el tipo de pensamiento matemático que activan y en las disposiciones epistémicas que requieren.

### 1.4.2. Modelación de Fenómenos Sociales

La modelación matemática de fenómenos sociales en el Ecuador plantea desafíos específicos que la modelación de fenómenos físicos o biológicos no presenta: los fenómenos sociales involucran agentes humanos con intenciones, decisiones y capacidades de adaptación que los modelos matemáticos tienen dificultad para capturar; los datos sociales son frecuentemente incompletos, sesgados o producidos con propósitos que afectan su calidad; y las consecuencias éticas de los modelos sociales son más directas e inmediatas que las de los modelos físicos. La modelación de la desigualdad educativa ecuatoriana, de los patrones de migración interna, de la dinámica de la pobreza multidimensional o de la propagación de la violencia son todos ejemplos de problemas de modelación matemática de fenómenos sociales con alta relevancia para la política pública ecuatoriana y con enorme potencial pedagógico para la formación de investigadores en educación matemática comprometidos con la justicia social.

### 1.4.3. Aplicaciones Ambientales y Sostenibles

Las aplicaciones matemáticas al análisis de los problemas ambientales del Ecuador son un campo de investigación con especial pertinencia para la educación matemática del país por la combinación de su urgencia socioambiental, su riqueza

matemática y su potencial para generar motivación epistémica genuina en los estudiantes e investigadores. La Tabla 4 examina los principales problemas ambientales ecuatorianos que pueden abordarse mediante modelación matemática, con análisis de los modelos específicos disponibles y de las conexiones con la investigación en educación matemática.

**Tabla 4:** Aplicaciones matemáticas a problemas ambientales ecuatorianos: modelos, herramientas de análisis y conexión con la investigación en educación matemática

<b>Problema ambiental</b>	<b>Modelo matemático y análisis</b>	<b>Conexión con la educación matemática</b>
<b>Deforestación en la Amazonía ecuatoriana</b>	Ecuaciones diferenciales, análisis satelital y modelos predictivos.	Vincula la modelación matemática con la justicia ambiental y el contexto nacional.
<b>Contaminación de fuentes de agua en zonas mineras</b>	Ecuaciones de difusión, modelos estocásticos y análisis estadístico.	Favorece la investigación aplicada y la formación ética en problemáticas socioambientales.
<b>Cambio climático en ecosistemas andinos</b>	Series temporales, modelos climáticos y programación matemática.	Relaciona la modelación con la gestión ambiental y la política pública.
<b>Optimización del uso del suelo agrícola</b>	Programación lineal, simulación y análisis costo-beneficio.	Promueve la resolución de problemas vinculados con sostenibilidad y seguridad alimentaria.

*Nota.* Elaboración propia basada en el análisis de aplicaciones matemáticas a problemas ambientales del Ecuador y las perspectivas de investigación en educación matemática con enfoque STEAM.

Las aplicaciones matemáticas a problemas ambientales ecuatorianos sistematizadas en la Tabla 4 configuran un programa de investigación en educación matemática de enorme potencia: producen situaciones didácticas matemáticamente ricas, contextualmente significativas para los estudiantes ecuatorianos y con consecuencias verificables para las comunidades y los ecosistemas que modelan. La investigación que examina cómo los estudiantes e investigadores ecuatorianos construyen modelos matemáticos de estos problemas ambientales, qué obstáculos epistemológicos encuentran en el proceso y qué diseños instruccionales producen las comprensiones más robustas, está al mismo tiempo produciendo conocimiento sobre el aprendizaje matemático y contribuyendo a la formación de ciudadanos científicamente letrados sobre los desafíos ambientales más urgentes del país.

#### **1.4.4. Matemáticas para la Gestión de Recursos**

La gestión de recursos en el Ecuador del siglo XXI enfrenta problemas de optimización de enorme complejidad matemática: la asignación óptima del gasto en salud entre atención preventiva y curativa, la distribución de los recursos hídricos entre usos agrícolas, industriales y domésticos en condiciones de escasez creciente, la optimización de los sistemas de transporte público en las ciudades ecuatorianas, y la planificación de la transición energética desde los combustibles fósiles hacia las energías renovables. Todos estos problemas son problemas matemáticos de optimización con restricciones múltiples, objetivos conflictivos y alta incertidumbre sobre los parámetros clave, cuya resolución requiere no solo el dominio de las técnicas matemáticas de optimización sino la comprensión profunda del fenómeno que se optimiza. La investigación en educación matemática ecuatoriana

que trabaja con estos problemas de gestión de recursos contribuye simultáneamente a la formación matemática y a la generación de conocimiento aplicado de alta relevancia para la política pública del país.

#### 1.4.5. Construcción de Soluciones Basadas en Evidencia

La construcción de soluciones basadas en evidencia es la competencia síntesis del pensamiento matemático para la resolución de problemas reales: la capacidad de combinar datos empíricos, modelos matemáticos y criterios de evaluación para producir recomendaciones que pueden justificarse con argumentos cuantitativos rigurosos y que reconocen honestamente los límites de la evidencia disponible. Esta competencia no es exclusiva del matemático profesional: es una competencia ciudadana fundamental en una democracia donde las decisiones colectivas más importantes se toman en contextos de información incompleta y de incertidumbre genuina. La investigación en educación matemática ecuatoriana tiene la responsabilidad de diseñar experiencias que desarrollen esta competencia síntesis en todos los niveles del sistema educativo, y de producir evidencia sobre qué diseños instruccionales son más efectivos para desarrollarla en las condiciones específicas del contexto educativo nacional.



## 1.5. El Futuro del Razonamiento Matemático

El futuro del razonamiento matemático en la era de la inteligencia artificial constituye uno de los campos de debate más intensos y complejos dentro de la investigación contemporánea en educación matemática. Las posiciones teóricas y pedagógicas presentan diferencias sustanciales: algunos investigadores sostienen que los sistemas de inteligencia artificial serán capaces de automatizar gran parte de los procedimientos matemáticos tradicionalmente enseñados, lo que conduciría a una transformación radical de los currículos y de las prácticas educativas; otros argumentan, por el contrario, que el desarrollo acelerado de la inteligencia artificial incrementará la necesidad de una formación matemática profunda que permita comprender, evaluar críticamente y supervisar los sistemas inteligentes que organizan cada vez más aspectos de la vida social, económica y científica. Esta divergencia no constituye únicamente una disputa académica, sino que refleja incertidumbres reales sobre el futuro del conocimiento matemático y sobre el papel que desempeñarán los seres humanos en sociedades crecientemente mediadas por algoritmos.

Una de las principales razones de esta controversia radica en la dificultad para determinar qué dimensiones del pensamiento matemático pueden ser automatizadas y cuáles permanecen estrechamente vinculadas a capacidades humanas complejas. Los sistemas contemporáneos de inteligencia artificial han demostrado un desempeño notable en tareas relacionadas con el cálculo simbólico, la resolución de ecuaciones, la optimización y la generación de demostraciones matemáticas asistidas. Sin embargo, persisten interrogantes fundamentales sobre su capacidad para desarrollar intuición matemática, formular

problemas originales, construir marcos conceptuales innovadores o establecer conexiones creativas entre dominios aparentemente desconectados. La distinción entre la ejecución eficiente de procedimientos y la producción de comprensión matemática profunda continúa siendo uno de los problemas epistemológicos centrales de la investigación en inteligencia artificial y educación matemática.

Desde la perspectiva educativa, esta situación obliga a replantear las finalidades tradicionales de la enseñanza de las matemáticas. Si determinadas tareas procedimentales pueden ser realizadas con mayor rapidez y precisión por sistemas computacionales, la formación matemática debe orientarse progresivamente hacia el desarrollo de competencias relacionadas con la modelación, la argumentación, la interpretación crítica, la creatividad matemática, la metacognición y la resolución de problemas complejos. El desafío no consiste en competir con la inteligencia artificial en aquellas tareas donde posee ventajas computacionales evidentes, sino en desarrollar formas de razonamiento matemático que permitan a los estudiantes utilizar estas tecnologías como herramientas cognitivas avanzadas y no como sustitutos irreflexivos del pensamiento humano.

En el contexto ecuatoriano, esta discusión adquiere una relevancia estratégica debido a las transformaciones que experimentan simultáneamente el sistema educativo, el mercado laboral y los ecosistemas tecnológicos. La incorporación progresiva de sistemas de inteligencia artificial en la educación, la administración pública, la investigación científica y los procesos productivos exige formar ciudadanos capaces de comprender las bases matemáticas que sustentan estas tecnologías y de participar críticamente en las decisiones relacionadas con su diseño, implementación y regulación. Sin embargo, la escasez de

investigación local sobre el impacto de la inteligencia artificial en el aprendizaje matemático limita la capacidad del sistema educativo ecuatoriano para diseñar políticas y programas basados en evidencia contextualizada.

Para los investigadores en educación matemática ecuatoriana, la tarea más urgente no consiste en resolver anticipadamente la controversia sobre el futuro de las matemáticas en la era de la inteligencia artificial, sino en desarrollar programas de investigación rigurosos que permitan producir evidencia empírica sobre cómo los estudiantes aprenden matemáticas en entornos enriquecidos con IA, qué competencias se fortalecen, cuáles se debilitan y qué condiciones institucionales favorecen una integración pedagógica efectiva. La construcción de esta agenda de investigación representa una oportunidad histórica para que la educación matemática ecuatoriana contribuya no solo a la comprensión de las transformaciones tecnológicas contemporáneas, sino también al diseño de modelos educativos capaces de formar ciudadanos, profesionales e investigadores preparados para participar de manera crítica, creativa y responsable en las sociedades inteligentes del futuro.

### 1.5.1. Transformaciones Cognitivas Emergentes

Las transformaciones cognitivas emergentes en el razonamiento matemático de los estudiantes que trabajan con sistemas de IA son objeto de investigación activa en la comunidad internacional de educación matemática, con resultados que dibujan un panorama complejo y matizado. La Tabla 5 examina las principales transformaciones cognitivas que la investigación está documentando, con análisis de sus implicaciones para la investigación en educación matemática ecuatoriana.

**Tabla 5:** Transformaciones cognitivas emergentes en el razonamiento matemático en la era de la IA: naturaleza del cambio e implicaciones para la investigación educativa en Ecuador

<b>Transformación cognitiva</b>	<b>Cambio en el razonamiento matemático</b>	<b>Implicación para la investigación en Ecuador</b>
Delegación computacional del cálculo	El cálculo manual cede espacio a la interpretación y evaluación de resultados generados por sistemas computacionales.	Investigar si la tecnología promueve mayor abstracción o genera dependencia cognitiva.
Pensamiento estadístico como competencia central	La inferencia, la incertidumbre y el análisis de datos adquieren un papel protagónico.	Analizar la transición desde una enseñanza centrada en cálculos hacia el razonamiento estadístico crítico.
Integración del pensamiento computacional	El razonamiento algorítmico y la abstracción se incorporan al pensamiento matemático.	Estudiar las condiciones para integrar el pensamiento computacional en el currículo ecuatoriano.
Metacognición matemática mediada por IA	La retroalimentación inteligente favorece el monitoreo y la autorregulación del aprendizaje.	Evaluar si la IA fortalece la autonomía o genera dependencia de la retroalimentación externa.

*Nota.* Elaboración propia basada en Andrade-Manguay et al. (2023), el nuevo trabajo matemático en la era de la IA (2024) y la investigación sobre IA como apoyo didáctico en matemáticas en Ecuador (Ciencia y Reflexión, 2026).

Las transformaciones cognitivas emergentes sistematizadas en la Tabla 5 configuran una agenda de investigación en educación matemática ecuatoriana que combina preguntas sobre el aprendizaje individual con preguntas sobre las condiciones sistémicas que lo enmarcan. Lo que resulta más significativo del panorama que estas transformaciones dibujan es su ambivalencia constitutiva: cada transformación tiene dimensiones positivas (el desplazamiento hacia el pensamiento de orden superior, la democratización de herramientas de análisis sofisticado) y dimensiones de riesgo (la pasividad cognitiva, la dependencia del andamiaje externo, la erosión de las habilidades de cálculo manual que son base del razonamiento intuitivo). La investigación que examina cuándo predominan las dimensiones positivas y cuándo las de riesgo, y qué condiciones determinan ese resultado, es la investigación más urgentemente necesaria para la educación matemática ecuatoriana contemporánea.

### 1.5.2. Nuevas Formas de Aprendizaje Matemático

Las nuevas formas de aprendizaje matemático que la disponibilidad de sistemas de IA hace posibles han transformado el paisaje de las opciones didácticas disponibles para los docentes e investigadores ecuatorianos: desde los tutores inteligentes que adaptan la dificultad y el tipo de retroalimentación al perfil del estudiante hasta las plataformas de exploración matemática interactiva que permiten la experimentación con conceptos antes inaccesibles sin equipamiento físico, pasando por los sistemas de reconocimiento de voz que permiten el diálogo matemático en lenguaje natural con un agente artificial. La Figura 3 ilustra el espectro de las nuevas formas de aprendizaje matemático potenciadas por la IA, con análisis de las competencias que cada

modalidad prioriza y de las condiciones que hacen posible su implementación en el contexto del sistema educativo ecuatoriano.

**Figura 3:** Espectro de nuevas formas de aprendizaje matemático potenciadas por IA: modalidades, competencias priorizadas y condiciones de implementación en Ecuador



*Nota.* Elaboración propia basada en Núñez et al. (2025), la investigación sobre IA como apoyo didáctico en matemáticas en Ecuador (2026) y el análisis del espectro de modalidades de aprendizaje matemático con IA.

### 1.5.3. Matemáticas y Toma de Decisiones Automatizadas

La toma de decisiones automatizada mediante sistemas de IA con base matemática es una realidad creciente en el Ecuador contemporáneo: los sistemas de crédito scoring que deciden la elegibilidad de los ciudadanos para préstamos bancarios, los algoritmos de asignación de recursos en los sistemas de salud pública, los sistemas de detección de riesgo en el sistema de seguridad social y las herramientas de analítica educativa que predicen el rendimiento y el riesgo de abandono de los estudiantes

son todos sistemas de toma de decisiones automatizadas cuyo funcionamiento matemático los ciudadanos afectados raramente comprenden. Para los investigadores en educación matemática, esta realidad plantea una pregunta de alta urgencia: qué tipo de formación matemática produce ciudadanos capaces de comprender, cuestionar y participar en el debate sobre la gobernanza de los sistemas de decisión automatizada que afectan sus vidas.

#### 1.5.4. Inteligencia Humana e Inteligencia Artificial

La relación entre la inteligencia matemática humana y la inteligencia artificial en el campo de las matemáticas es uno de los debates más activos y más malentendidos de la educación matemática contemporánea. Los sistemas de IA actuales pueden producir demostraciones matemáticas formales de ciertos tipos de teoremas, resolver problemas de optimización de enorme complejidad, identificar patrones en conjuntos de datos que los matemáticos humanos no podrían detectar manualmente y generar código para la implementación de algoritmos matemáticos complejos. Sin embargo, la comprensión del significado matemático de lo que producen, la selección de qué problemas merecen la atención matemática y por qué, la conexión entre las estructuras matemáticas formales y los fenómenos que las motivaron y la evaluación del valor de un resultado matemático para un campo o para un problema aplicado son todas capacidades que los sistemas de IA actuales no poseen y que la formación matemática de alta calidad debe cultivar con mayor urgencia en un contexto donde lo rutinario de las matemáticas puede ser delegado a sistemas computacionales.

### 1.5.5. Retos para la Educación Matemática Contemporánea

Los retos para la educación matemática ecuatoriana en la era de la inteligencia artificial son simultáneamente más urgentes y más complejos que en cualquier período anterior de la historia de la disciplina: más urgentes porque la velocidad de transformación del ecosistema tecnológico hace que la formación matemática que no responde a la nueva realidad produzca egresados con herramientas cognitivas obsoletas; y más complejos porque la dirección correcta de esa respuesta no es obvia y no puede determinarse sin investigación empírica rigurosa sobre cómo aprenden matemáticas los estudiantes ecuatorianos en contextos enriquecidos con IA. Los retos más significativos incluyen: la reformulación de los objetivos de la educación matemática para distinguir entre los aprendizajes que la IA hace obsoletos y los que hace más urgentes; el diseño de currículos que integren el pensamiento estadístico, el pensamiento computacional y la modelación de sistemas complejos como componentes de primer orden; la formación de docentes investigadores capaces de diseñar y evaluar innovaciones pedagógicas con rigor metodológico; y la construcción de infraestructuras de investigación que produzcan evidencia empírica local sobre el aprendizaje matemático en el contexto educativo ecuatoriano específico.

Las nuevas dimensiones del pensamiento matemático en la sociedad inteligente que este capítulo ha examinado configuran un horizonte de transformación pedagógica que requiere tanto claridad conceptual sobre lo que debe cambiar como modestia epistémica sobre la incertidumbre genuina que rodea a las preguntas más importantes. Lo que resulta claro es que la educación matemática ecuatoriana no puede continuar orientada exclusivamente por la lógica del currículo como preparación para la

siguiente prueba estandarizada: debe reorientarse hacia la formación de ciudadanos con pensamiento matemático genuinamente potente, capaces de comprender los sistemas complejos que condicionan sus vidas, de razonar críticamente sobre los datos con los que toman decisiones y de contribuir creativamente a la resolución de los problemas más urgentes del Ecuador. Lo que requiere investigación es cómo hacer esa reorientación de manera pedagógicamente efectiva, culturalmente pertinente y equitativamente accesible para todos los estudiantes del país, independientemente de su origen territorial, socioeconómico y cultural.

Los capítulos siguientes abordarán las dimensiones más específicas de esta transformación: las matemáticas ocultas detrás de la inteligencia artificial como objeto de comprensión matemática, la reconfiguración del enfoque STEAM desde la matemática como proyecto pedagógico integrador, las estrategias para potenciar el pensamiento matemático avanzado y las evidencias, casos y prospectivas que orientan la investigación y la práctica educativa. El hilo conductor que conecta todos estos capítulos es la convicción de que el pensamiento matemático profundo sigue siendo la competencia más poderosa que la educación puede cultivar en los ciudadanos del siglo XXI, precisamente porque es la competencia que les permite comprender, criticar y transformar los sistemas inteligentes que están reconfigurando su mundo.



# CAPÍTULO 2

Matemáticas Ocultas Detrás  
de la Inteligencia Artificial

## CAPÍTULO II

### Matemáticas Ocultas Detrás de la Inteligencia Artificial

Cuando un ciudadano ecuatoriano utiliza un motor de búsqueda, interactúa con un asistente virtual en su banco, recibe una recomendación de contenido en una plataforma digital o consulta un sistema de diagnóstico médico automatizado, está interactuando con sistemas cuyo funcionamiento descansa sobre una arquitectura matemática de considerable sofisticación que permanece completamente invisible para él. Esta invisibilidad no es accidental: es el resultado deliberado de interfaces diseñadas para maximizar la usabilidad y minimizar la fricción cognitiva, ocultando la complejidad matemática que opera bajo la superficie de la experiencia de usuario. El problema epistemológico que esta invisibilidad produce es profundo: los ciudadanos que no comprenden las matemáticas que fundamentan los sistemas de IA que toman o informan decisiones sobre sus vidas son ciudadanos estructuralmente incapacitados para evaluar, cuestionar o participar en el debate sobre la gobernanza de esos sistemas.

Para los investigadores en educación matemática del Ecuador, la invisibilidad de las matemáticas de la IA plantea una pregunta pedagógica de alta urgencia: ¿es posible hacer visible, comprensible y educativamente significativa la arquitectura matemática que subyace a los sistemas de IA, para estudiantes sin formación técnica especializada y dentro de los currículos educativos existentes? La respuesta que este capítulo propone es afirmativa, pero condicionada: sí es posible, pero requiere una pedagogía que trabaje desde los fundamentos matemáticos hacia las aplicaciones de IA, construyendo las conexiones de manera explícita y aprovechando la motivación que la relevancia cotidiana

de estos sistemas produce en los estudiantes. El uso de las matemáticas en modelos de inteligencia artificial, documentado por la investigación cualitativa de Ciencia y Educación (2025), confirma que los modelos matemáticos no solo estructuran los algoritmos de IA sino que permiten su operatividad en contextos personalizados, identificando como estructuras centrales el álgebra lineal, la lógica difusa, las series temporales, la teoría de grafos y el análisis multivariado.

El capítulo se organiza en cinco secciones que construyen progresivamente la comprensión de las matemáticas de la IA desde sus fundamentos más accesibles hacia sus implicaciones más complejas. La primera sección examina el lenguaje matemático de los algoritmos inteligentes, con énfasis en las funciones y la optimización como mecanismos centrales. La segunda explora la probabilidad y la incertidumbre como marcos matemáticos para la toma de decisiones bajo información incompleta. La tercera analiza el reconocimiento de patrones y la modelación matemática como procesos cognitivos que los sistemas de IA implementan algorítmicamente. La cuarta examina los sesgos matemáticos como fenómenos con consecuencias éticas y políticas que la educación matemática debe abordar explícitamente. Y la quinta propone un marco de alfabetización matemática para la comprensión crítica de la IA que los investigadores ecuatorianos pueden usar para orientar el diseño de currículos y programas de formación docente.

Villegas et al. (2024), en su revisión sobre matemáticas aplicadas a la programación y la solución de algoritmos complejos, confirman que las operaciones de álgebra lineal simplifican el manejo de funciones cuadráticas y lineales, lo cual es esencial en la implementación de algoritmos de aprendizaje supervisado, y que la teoría de optimización de matrices y la programación convexa

construyen soluciones eficientes garantizando la convergencia de los algoritmos y maximizando el rendimiento de los sistemas. Esta base matemática compartida entre los distintos tipos de sistemas de IA es el fundamento sobre el que una educación matemática genuinamente del siglo XXI puede construirse.

## 2.1. El Lenguaje Matemático de los Algoritmos Inteligentes

Los algoritmos inteligentes poseen un lenguaje matemático preciso y altamente estructurado que permanece oculto tras las interfaces gráficas y las experiencias de usuario aparentemente intuitivas que caracterizan a las tecnologías digitales contemporáneas. Sin embargo, detrás de cada recomendación generada por una plataforma digital, de cada predicción realizada por un sistema de inteligencia artificial o de cada decisión automatizada implementada por un algoritmo, existe un conjunto de operaciones matemáticas rigurosamente definidas. Transformaciones lineales expresadas mediante álgebra matricial, procesos iterativos de optimización, modelos probabilísticos para la representación de la incertidumbre y aproximaciones funcionales de alta complejidad constituyen algunos de los fundamentos matemáticos que sustentan el funcionamiento de los sistemas inteligentes actuales. Comprender este lenguaje matemático es esencial para interpretar críticamente las capacidades y limitaciones de la inteligencia artificial.

La arquitectura matemática de los sistemas de inteligencia artificial contemporáneos no es el resultado de decisiones arbitrarias ni de desarrollos tecnológicos independientes de la ciencia matemática. Por el contrario, representa la culminación de décadas de investigación en campos como el álgebra lineal, el cálculo multivariable, la estadística, la teoría de la probabilidad, la

optimización matemática y la teoría de la información. Cada uno de estos campos ha proporcionado herramientas formales capaces de representar problemas complejos, modelar relaciones entre variables y desarrollar procedimientos computacionales eficientes para la toma de decisiones automatizadas. La evolución histórica de la inteligencia artificial puede interpretarse, en gran medida, como la historia de la aplicación progresiva de estructuras matemáticas cada vez más sofisticadas a problemas de creciente complejidad.

Entre los fundamentos matemáticos más relevantes de los algoritmos inteligentes se encuentran las transformaciones lineales representadas mediante matrices y vectores. Las redes neuronales artificiales, por ejemplo, operan fundamentalmente como composiciones sucesivas de transformaciones matriciales seguidas de funciones no lineales que permiten aproximar relaciones complejas entre datos de entrada y resultados esperados. Asimismo, los procesos de aprendizaje automático dependen de algoritmos de optimización basados en el cálculo diferencial, particularmente en métodos de descenso por gradiente que buscan minimizar funciones de error. La estadística y la probabilidad, por su parte, proporcionan los mecanismos necesarios para modelar la incertidumbre, estimar parámetros y realizar inferencias a partir de grandes volúmenes de datos, mientras que la teoría de la información permite cuantificar la relevancia, la incertidumbre y la complejidad de los sistemas analizados.

La comprensión de este lenguaje matemático posee implicaciones directas para la formación ciudadana, científica y profesional en el contexto ecuatoriano. En una sociedad donde las decisiones relacionadas con la educación, la salud, el empleo, el acceso al crédito y la participación política están cada vez más

mediadas por sistemas algorítmicos, la capacidad de interpretar críticamente los fundamentos matemáticos de estas tecnologías constituye una competencia democrática fundamental. La investigación en educación matemática en Ecuador enfrenta, por tanto, el desafío de desarrollar propuestas curriculares y pedagógicas que permitan a los estudiantes comprender no solo el funcionamiento técnico de los algoritmos, sino también sus implicaciones éticas, sociales y políticas. Esta alfabetización matemática avanzada es una condición necesaria para evitar que la ciudadanía se convierta en mera usuaria pasiva de sistemas cuya lógica permanece opaca.

En consecuencia, el estudio del lenguaje matemático de los algoritmos inteligentes debe ser concebido como una dimensión estratégica de la educación matemática contemporánea. Comprender los fundamentos matemáticos de la inteligencia artificial permite distinguir entre afirmaciones respaldadas por evidencia científica y discursos tecnológicos basados en expectativas exageradas o intereses comerciales. Asimismo, proporciona las herramientas intelectuales necesarias para evaluar críticamente el impacto social de los sistemas automatizados, participar en debates públicos informados y contribuir al desarrollo de tecnologías más transparentes, equitativas y responsables. Para la investigación en educación matemática ecuatoriana, este desafío representa una oportunidad histórica para articular el conocimiento matemático con las transformaciones tecnológicas que definirán el futuro de la sociedad y de la educación.

El Dr. Pérez Ruiz (UNACH, 2025), en su análisis de la intersección entre las matemáticas aplicadas y la inteligencia artificial, sintetiza los pilares matemáticos fundamentales como el álgebra lineal esencial en redes neuronales, la optimización matemática clave en el entrenamiento de modelos y la teoría de

probabilidad que sustenta los enfoques bayesianos; señalando que esta integración de herramientas matemáticas proporciona la precisión y confiabilidad necesarias para representar fenómenos complejos y obtener resultados sólidos en la toma de decisiones. Para los investigadores ecuatorianos en educación matemática, esta síntesis define con precisión el núcleo de conocimiento matemático que debe ser el objetivo de la formación universitaria en matemáticas para la era de la IA.

### 2.1.1. Funciones y Optimización

La optimización matemática es, en términos más simples, el arte de encontrar el mejor valor posible de una función objetivo sujeta a un conjunto de restricciones. En el aprendizaje automático, el problema de encontrar los parámetros de un modelo que minimizan el error sobre los datos de entrenamiento es fundamentalmente un problema de optimización: dado un espacio de parámetros  $\theta$  de dimensión típicamente alta, y dada una función de pérdida  $L(\theta)$  que mide la discrepancia entre las predicciones del modelo y las etiquetas reales, el objetivo es encontrar  $\theta^* = \operatorname{argmin} L(\theta)$ . La elegancia matemática de este planteamiento es que convierte el problema de aprender de los datos en un problema de geometría en espacios de alta dimensión: buscar el punto del espacio paramétrico donde la función de pérdida alcanza su mínimo.

El método de descenso por gradiente, que es el algoritmo de optimización central del aprendizaje automático moderno, actualiza iterativamente los parámetros en la dirección opuesta al gradiente de la función de pérdida:  $\theta_{t+1} = \theta_t - \eta \nabla L(\theta_t)$ , donde  $\eta$  es la tasa de aprendizaje que controla el tamaño de cada paso. La intuición geométrica de este método es la de un escalador que

desciende por una montaña en la niebla siguiendo siempre la dirección más inclinada hacia abajo desde su posición actual; el gradiente apunta hacia la subida más empinada, así que el negativo del gradiente apunta hacia la bajada más rápida. Las variantes del descenso por gradiente (gradiente estocástico, Adam, RMSprop) modifican este esquema básico para mejorar la velocidad de convergencia y la capacidad de escapar de mínimos locales, pero comparten la misma estructura matemática fundamental.

**Tabla 6:** Funciones y optimización como fundamentos matemáticos de la IA: estructuras, roles y competencias para investigadores en educación matemática

Estructura matemática	Rol en los sistemas de IA	Competencia para el investigador en educación matemática
Función de pérdida	Mide el error entre predicciones y valores reales y guía el proceso de optimización.	Comprender la selección y el impacto de las funciones de pérdida en distintos problemas.
Gradiente y diferenciación automática	Permiten optimizar modelos mediante actualizaciones iterativas de parámetros.	Relacionar cálculo multivariable y optimización en el aprendizaje de redes neuronales.
Función de activación	Introduce no linealidad para modelar relaciones complejas.	Comprender los fundamentos algebraicos y matemáticos del aprendizaje profundo.
Hiperparámetros y regularización	Controlan el entrenamiento y reducen el sobreajuste de los modelos.	Distinguir entre aprendizaje automático y decisiones basadas en juicio matemático.

*Nota.* Elaboración propia basada en Pérez Ruiz (2025), Villegas et al. (2024) y el análisis de las matemáticas de la optimización en el aprendizaje automático.

El análisis de las estructuras de optimización presentadas en la Tabla 6 revela una oportunidad pedagógica de enorme valor para la educación matemática universitaria ecuatoriana: el cálculo diferencial y el álgebra lineal, que son asignaturas centrales del currículo matemático universitario, son exactamente las herramientas que los sistemas de IA más relevantes utilizan en sus procesos de entrenamiento. Esta correspondencia entre el currículo matemático existente y las necesidades matemáticas de la IA no requiere reformas curriculares radicales: requiere, más bien, que las asignaturas existentes incorporen ejemplos y problemas que ilustren la relevancia de los conceptos matemáticos para la comprensión de los sistemas de IA, construyendo así el puente entre la formación matemática establecida y la comprensión de la tecnología más influyente del siglo XXI.

### **2.1.2. Lógica Matemática Aplicada**

La lógica matemática, entendida como el estudio formal de las reglas del razonamiento válido, es uno de los fundamentos históricos de la inteligencia artificial que los enfoques contemporáneos de aprendizaje automático han desplazado pero no eliminado. Los sistemas de IA basados en reglas lógicas, que representan el conocimiento como conjuntos de proposiciones lógicas y razonan mediante inferencia deductiva, fueron el paradigma dominante de la IA desde los años 1950 hasta los años 1980, y siguen siendo relevantes en aplicaciones donde la transparencia del razonamiento es un requisito no negociable: los sistemas de ayuda a la decisión médica, los sistemas de diagnóstico de fallas en infraestructura crítica y los sistemas de verificación formal de software son todos aplicaciones donde la lógica matemática, y no el aprendizaje automático estadístico, es la

tecnología más apropiada. Para la educación matemática ecuatoriana, la lógica matemática aplicada tiene una doble relevancia: como fundamento histórico de la IA que contextualiza el paradigma estadístico actual, y como herramienta de análisis crítico que permite examinar con rigor la validez de los argumentos sobre las capacidades y limitaciones de los sistemas de IA.



### 2.1.3. Relaciones y Dependencias entre Variables

La modelación matemática de las relaciones y dependencias entre variables es el núcleo de la mayoría de las aplicaciones de aprendizaje automático supervisado: dado un conjunto de variables de entrada  $X$  y una variable de salida  $Y$ , el objetivo es encontrar la función  $f$  tal que  $Y \approx f(X)$ . La naturaleza de

esta función, su linealidad o no-linealidad, su grado de suavidad, su dimensión de entrada y su tipo de salida, determina qué tipo de modelo matemático es más apropiado. Las regresiones lineales y logísticas modelan relaciones lineales en el espacio de características; las redes neuronales aproximan funciones no lineales arbitrarias; los modelos aditivos generalizados producen aproximaciones interpretables de no-linealidades; y los procesos gaussianos ofrecen estimaciones bayesianas de funciones con cuantificación explícita de la incertidumbre. La investigación en educación matemática que examina cómo los estudiantes ecuatorianos construyen comprensión sobre los distintos tipos de relaciones entre variables, y cómo esa comprensión puede extenderse hacia los modelos de IA que formalizan esas relaciones, está en el núcleo del proyecto pedagógico de hacer visibles las matemáticas de la IA.

#### 2.1.4. Modelos Matemáticos Computacionales

Los modelos matemáticos computacionales que subyacen a los principales sistemas de IA contemporáneos comparten una estructura común: una representación paramétrica de la función que se desea aprender, un criterio de calidad (función de pérdida) que cuantifica qué tan bien la función aprendida se ajusta a los datos observados, y un algoritmo de optimización que ajusta los parámetros para maximizar la calidad. La Tabla 7 examina los cuatro tipos de modelos computacionales de IA de mayor relevancia para la educación matemática, con análisis de su fundamento matemático y de su pertinencia para la investigación en educación matemática ecuatoriana.

**Tabla 7:** Modelos matemáticos computacionales de IA: fundamentos matemáticos y relevancia para la investigación en educación matemática en Ecuador

<b>Modelo computacional de IA</b>	<b>Fundamento matemático central</b>	<b>Relevancia para la investigación en educación matemática en Ecuador</b>
Redes neuronales artificiales (ANN)	Álgebra lineal, cálculo y funciones de activación para aproximar funciones complejas.	Permiten estudiar la enseñanza de la IA desde fundamentos matemáticos accesibles.
Árboles de decisión y bosques aleatorios	Teoría de la información, probabilidad y partición de espacios de datos.	Facilitan la enseñanza de conceptos matemáticos aplicados y modelos interpretables.
Máquinas de soporte vectorial (SVM)	Álgebra lineal, geometría y optimización convexa.	Conectan la matemática aplicada con problemas de clasificación y aprendizaje automático.
Modelos de lenguaje (Transformers)	Álgebra lineal, probabilidad y mecanismos de atención.	Vinculan las matemáticas avanzadas con las tecnologías de IA de mayor impacto educativo actual.

*Nota.* Elaboración propia basada en Pérez Ruiz (2025), Villegas et al. (2024), uso de las matemáticas en modelos de IA (Ciencia y Educación, 2025) y las matemáticas para el Machine Learning.

Los modelos computacionales sistematizados en la Tabla 7 representan un espectro de complejidad matemática creciente que la investigación en educación matemática ecuatoriana puede aprovechar para diseñar secuencias didácticas graduadas: desde los árboles de decisión, que son accesibles con conceptos matemáticos de nivel secundario (lógica, probabilidad básica),

hasta los modelos de lenguaje basados en Transformers, que requieren álgebra lineal de alta dimensión, cálculo multivariable y estadística avanzada. Esta gradación permite que la educación matemática sobre los fundamentos de la IA comience en los niveles educativos más tempranos con los modelos más transparentes y construya progresivamente hacia los más complejos, evitando la dicotomía falsa entre la IA como caja negra impenetrable y la IA como dominio técnico exclusivo de especialistas.

### 2.1.5. Representación Matemática del Aprendizaje Automático

La representación matemática del aprendizaje automático como un problema de aproximación de funciones en espacios de alta dimensión es quizás el marco conceptual más poderoso para comunicar la unidad matemática de un campo aparentemente diverso. Las redes neuronales son aproximadores universales de funciones: dada suficiente capacidad (número de neuronas y capas), pueden aproximar cualquier función continua con precisión arbitraria. El aprendizaje automático es, desde esta perspectiva, el problema de encontrar los parámetros de la red neuronal que mejor aproxima la función desconocida que mapea las entradas sobre las salidas, con los datos de entrenamiento como las únicas evaluaciones conocidas de esa función. Esta unidad conceptual entre el aprendizaje automático y la aproximación de funciones es un punto de entrada pedagógico de enorme potencia: conecta el problema moderno de la IA con una tradición matemática de siglos que incluye los polinomios de Chebyshev, los splines y los métodos de elementos finitos.

## 2.2. Probabilidad e Incertidumbre en la IA

La probabilidad y la estadística constituyen los fundamentos matemáticos mediante los cuales los sistemas de inteligencia artificial representan, cuantifican y gestionan la incertidumbre inherente a los procesos de inferencia basados en datos. A diferencia de los sistemas deterministas clásicos, donde un conjunto específico de entradas produce siempre una salida única y predecible, los sistemas de inteligencia artificial operan en entornos caracterizados por la incompletitud de la información, la presencia de ruido en los datos y la imposibilidad de conocer con certeza absoluta las relaciones que gobiernan los fenómenos observados. En consecuencia, la inteligencia artificial contemporánea debe entenderse esencialmente como un conjunto de métodos probabilísticos diseñados para tomar decisiones, realizar predicciones y construir inferencias bajo condiciones de incertidumbre.



Un ejemplo ilustrativo de esta naturaleza probabilística es el funcionamiento de los sistemas de clasificación automática utilizados cotidianamente en aplicaciones digitales. Cuando un sistema de inteligencia artificial clasifica un correo electrónico como spam o legítimo, identifica una imagen como perteneciente a una determinada categoría o predice el rendimiento académico futuro de un estudiante, no está estableciendo una verdad absoluta, sino estimando la probabilidad de que una determinada hipótesis sea correcta dadas las evidencias disponibles. Estas estimaciones probabilísticas se construyen a partir de modelos estadísticos entrenados con grandes volúmenes de datos y dependen tanto de la calidad de la información utilizada como de los supuestos matemáticos incorporados en el modelo. La decisión final adoptada por el sistema se fundamenta, además, en la evaluación de los costos asociados a distintos tipos de error, lo que convierte a la incertidumbre en un componente central e inevitable del proceso de decisión algorítmica.

La comprensión de la incertidumbre probabilística resulta especialmente importante porque contrasta con la percepción social ampliamente difundida de la inteligencia artificial como una tecnología capaz de producir respuestas exactas, objetivas e infalibles. Esta interpretación errónea puede generar expectativas desproporcionadas sobre las capacidades reales de los sistemas inteligentes y conducir a decisiones inadecuadas cuando sus resultados se aceptan sin evaluación crítica. Desde una perspectiva matemática, ningún sistema de inteligencia artificial puede eliminar completamente la incertidumbre inherente a los fenómenos complejos que intenta modelar; únicamente puede estimarla, cuantificarla y gestionar sus efectos mediante procedimientos probabilísticos cada vez más sofisticados. La

comprensión de esta limitación constituye una condición fundamental para el desarrollo de una ciudadanía digital crítica y científicamente informada.

En el contexto ecuatoriano, la alfabetización probabilística y estadística adquiere una relevancia estratégica debido al creciente uso de sistemas predictivos en ámbitos como la educación, la salud, las finanzas, la seguridad y la administración pública. La utilización de modelos predictivos para identificar estudiantes en riesgo de abandono escolar, estimar la propagación de enfermedades infecciosas, evaluar solicitudes de crédito o predecir fenómenos naturales exige que los profesionales y ciudadanos comprendan no solo los resultados producidos por estos sistemas, sino también los niveles de incertidumbre asociados a dichas predicciones. La investigación en educación matemática en Ecuador enfrenta, por tanto, el desafío de desarrollar propuestas formativas que permitan a los estudiantes interpretar probabilidades, evaluar riesgos, comprender márgenes de error y cuestionar críticamente las inferencias generadas por sistemas automatizados.

Desde esta perspectiva, la enseñanza de la probabilidad y la estadística debe superar el enfoque tradicional centrado exclusivamente en técnicas de cálculo y avanzar hacia una formación orientada a la comprensión de la incertidumbre como característica fundamental del conocimiento científico y tecnológico contemporáneo. La capacidad para interpretar distribuciones de probabilidad, evaluar la confiabilidad de las predicciones, distinguir entre correlación y causalidad y comprender las limitaciones inherentes a cualquier modelo estadístico constituye una competencia indispensable para

participar de manera crítica y responsable en sociedades crecientemente mediadas por algoritmos. Para la investigación en educación matemática ecuatoriana, el estudio de la probabilidad y la incertidumbre en la inteligencia artificial representa una oportunidad para articular el aprendizaje matemático con algunos de los desafíos científicos, tecnológicos y éticos más relevantes del siglo XXI.

Para los investigadores en educación matemática ecuatoriana, la dimensión probabilística de la IA tiene una relevancia que trasciende la comprensión técnica de los algoritmos: es una ilustración poderosa de por qué la formación estadística es una competencia de ciudadanía y no solo una competencia técnica. El ciudadano que comprende que los sistemas de IA producen estimaciones con incertidumbre cuantificable puede hacer preguntas que el ciudadano que los ve como oráculos infalibles no puede: ¿cuán precisa es la estimación? ¿Con qué confianza se puede afirmar este resultado? ¿Qué ocurre cuando el sistema comete un error y qué mecanismos existen para detectarlo y corregirlo? Estas son las preguntas que la alfabetización estadística sobre la IA debe producir en los ciudadanos del Ecuador del siglo XXI.

### **2.2.1. Predicción y Toma de Decisiones**

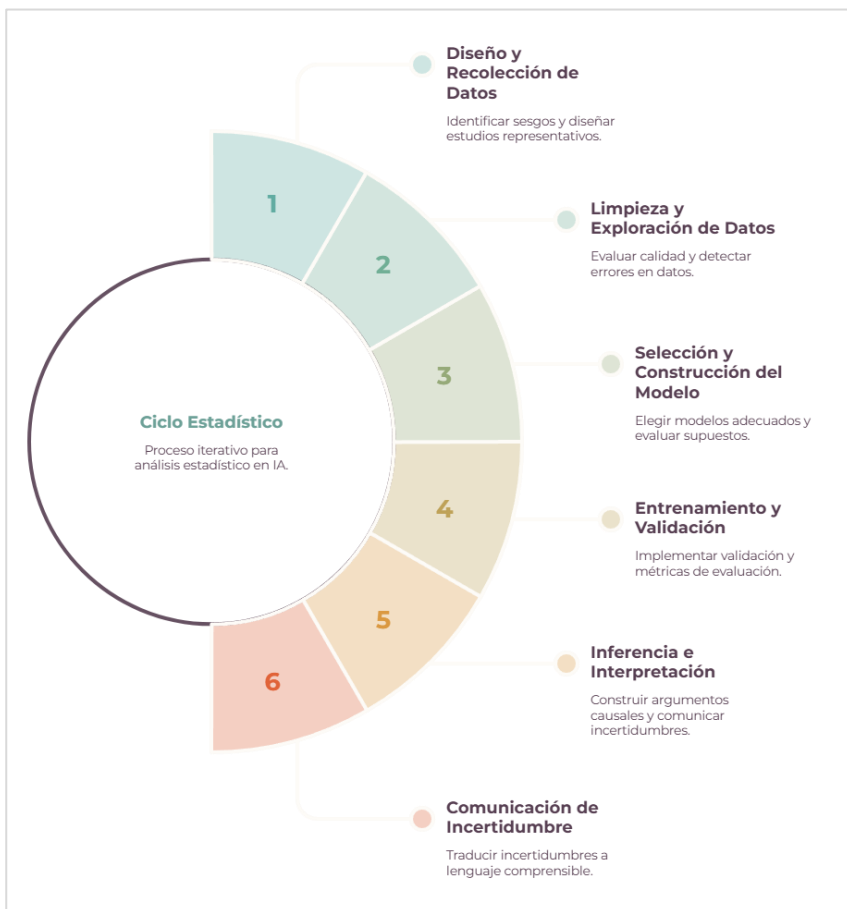
La predicción mediante modelos probabilísticos no es simplemente la producción de un número: es la estimación de una distribución de probabilidad sobre los posibles valores futuros de la variable de interés. Un modelo de regresión produce una distribución sobre los posibles valores de la variable de salida condicionada a los valores de las variables de entrada; un

clasificador produce una distribución de probabilidad sobre las clases posibles; y un modelo de serie temporal produce una distribución sobre los posibles valores futuros dado el historial pasado. La decisión que se toma en base a esa distribución involucra necesariamente consideraciones que van más allá de la estadística: los valores relativos de los distintos tipos de error, las consecuencias diferenciales de equivocarse en una u otra dirección, y los criterios éticos que deben orientar las decisiones bajo incertidumbre. Para la investigación en educación matemática, este aspecto de la IA es de enorme relevancia pedagógica porque ilustra que la aplicación de las matemáticas a problemas reales siempre involucra dimensiones que las matemáticas por sí solas no pueden resolver.

### 2.2.2. Estadística Aplicada a Sistemas Inteligentes

La estadística aplicada a los sistemas inteligentes comprende un conjunto de conceptos y técnicas que van desde los más elementales, como la media y la varianza como descriptores de las distribuciones de datos de entrenamiento, hasta los más sofisticados, como los métodos de remuestreo bootstrap para la estimación de intervalos de confianza, los tests de significación para la comparación de modelos y los modelos jerárquicos bayesianos para la inferencia con datos escasos. La Figura 4 ilustra el ciclo estadístico completo en el contexto de los sistemas de IA, desde la recolección de datos hasta la comunicación de la incertidumbre en los resultados, con énfasis en las competencias estadísticas que cada fase requiere del investigador en educación matemática ecuatoriana.

**Figura 4:** Ciclo estadístico en los sistemas de IA: fases, fundamentos matemáticos y competencias del investigador en educación matemática ecuatoriana



*Nota.* Elaboración propia basada en el uso de las matemáticas en modelos de IA (Ciencia y Educación, 2025), Pérez Ruiz (2025) y el análisis del ciclo estadístico en los sistemas de IA.

El ciclo estadístico representado en la Figura 4 evidencia que la aplicación rigurosa de los métodos estadísticos a los

sistemas de IA requiere competencias que van mucho más allá del conocimiento técnico de las fórmulas: requiere comprensión de los supuestos implícitos en cada técnica, sensibilidad sobre cuándo esos supuestos se violan y qué consecuencias tiene esa violación, y capacidad de comunicar las incertidumbres de los análisis con la honestidad epistémica que el uso responsable de la estadística exige. Para los investigadores ecuatorianos en educación matemática, el diseño de experiencias de aprendizaje que desarrollen estas competencias estadísticas integradas es uno de los proyectos pedagógicos más urgentes y más complejos del campo.

### 2.2.3. Riesgo y Confiabilidad Algorítmica

La evaluación del riesgo y la confiabilidad de los sistemas algorítmicos es una dimensión de la probabilidad aplicada de enorme relevancia práctica y de alta complejidad matemática. Un sistema de IA se considera confiable si su comportamiento en el entorno de implementación es consistente con su comportamiento durante la validación, si sus errores son predecibles y están dentro de rangos aceptables para la aplicación específica, y si tiene mecanismos de detección y manejo de casos fuera de distribución donde su comportamiento puede degradarse. La cuantificación matemática de la confiabilidad algorítmica involucra conceptos de la teoría de la confiabilidad de sistemas, de la inferencia bayesiana robusta y de la calibración probabilística, todos ellos conceptos que la educación matemática universitaria convencional raramente desarrolla de manera integrada. La investigación en educación matemática que examina cómo desarrollar estas competencias de evaluación de confiabilidad en los estudiantes universitarios ecuatorianos está abordando una de las necesidades más urgentes de la alfabetización matemática para la ciudadanía del siglo XXI.

#### 2.2.4. Inferencia Matemática Automatizada

La inferencia matemática automatizada, la capacidad de los sistemas de IA de deducir conclusiones no explícitas en los datos de entrenamiento mediante la aplicación de reglas formales o la generalización estadística, es uno de los procesos cognitivos que más claramente ilustra tanto las capacidades como las limitaciones de los sistemas actuales. Los sistemas de inferencia automática basados en lógica formal pueden deducir todas las consecuencias lógicas de un conjunto de premisas con velocidad y corrección inalcanzable para los seres humanos; los sistemas de inferencia estadística pueden identificar patrones y regularidades en conjuntos de datos masivos con una potencia que ningún analista humano puede igualar manualmente. Sin embargo, ninguno de estos sistemas puede generar hipótesis genuinamente nuevas que no estén contenidas, al menos implícitamente, en sus datos o reglas de partida: la abducción creativa, la formulación de explicaciones novedosas para fenómenos inesperados, sigue siendo una forma de razonamiento distintivamente humana que la educación matemática debe cultivar explícitamente precisamente porque es la que los sistemas de IA complementan en lugar de reemplazar.

#### 2.2.5. Limitaciones de los Modelos Predictivos

Las limitaciones matemáticas de los modelos predictivos no son simplemente restricciones técnicas que la investigación futura superará: son propiedades intrínsecas de la inferencia estadística que se derivan de resultados matemáticos fundamentales y que toda persona que usa o que decide sobre el uso de sistemas de IA debe comprender. La Tabla 8 examina las principales limitaciones matemáticas de los modelos predictivos

con análisis de sus manifestaciones en sistemas educativos y sus riesgos específicos para el Ecuador.

**Tabla 8:** Limitaciones matemáticas intrínsecas de los modelos predictivos de IA: mecanismos, consecuencias y riesgos para el contexto ecuatoriano

Limitación matemática	Mecanismo técnico y consecuencias	Implicación para la alfabetización matemática sobre IA en Ecuador
Sobreajuste y subajuste	El exceso o la falta de ajuste afectan la capacidad de generalización de los modelos.	Promueve la comprensión crítica de la fiabilidad de los sistemas predictivos.
Distribución shift	Los modelos pierden precisión cuando cambian las condiciones o los datos de aplicación.	Evidencia la necesidad de desarrollar modelos adaptados al contexto ecuatoriano.
Correlación versus causalidad	Los modelos identifican patrones correlacionales, pero no relaciones causales.	Fortalece el pensamiento estadístico crítico y la evaluación de políticas públicas.
Maldición de la dimensionalidad	El aumento de dimensiones dificulta el análisis y reduce la eficacia de algunos algoritmos.	Conecta la geometría, la estadística y las limitaciones prácticas de la IA.

*Nota.* Elaboración propia basada en el análisis de las limitaciones matemáticas de los modelos de IA, Pérez Ruiz (2025) y el uso de las matemáticas en modelos de IA (Ciencia y Educación, 2025).

Las limitaciones sistematizadas en la Tabla 8 configuran un repertorio de conceptos estadísticos fundamentales que la educación matemática ecuatoriana debe desarrollar como parte de la alfabetización crítica sobre la IA: no simplemente como conocimiento técnico sobre el funcionamiento de los algoritmos,

sino como herramientas conceptuales para el escrutinio crítico de cualquier sistema que use la IA para tomar o informar decisiones sobre las personas. El investigador ecuatoriano en educación matemática que puede explicar con claridad y con ejemplos del contexto local por qué la correlación no implica causalidad, por qué el rendimiento en el conjunto de entrenamiento puede divergir del rendimiento en la implementación real, y por qué las predicciones son menos confiables para los grupos sub-representados en los datos, está contribuyendo directamente a la formación de ciudadanos con capacidad crítica ante los sistemas algorítmicos que moldean cada vez más sus vidas.

### **2.3. Reconocimiento de Patrones y Modelación Matemática**

El reconocimiento de patrones constituye uno de los principios fundamentales sobre los cuales se construyen los sistemas contemporáneos de inteligencia artificial. Desde una perspectiva cognitiva, este proceso consiste en identificar regularidades, relaciones y estructuras recurrentes en conjuntos de datos con el propósito de clasificar, predecir, agrupar o generar nueva información. La capacidad humana para reconocer patrones ha sido históricamente uno de los pilares del desarrollo científico y matemático; de manera análoga, los sistemas de inteligencia artificial buscan replicar esta capacidad mediante procedimientos computacionales basados en modelos matemáticos rigurosamente definidos. Comprender cómo se produce el reconocimiento de patrones en los sistemas inteligentes es esencial para interpretar tanto sus capacidades como sus limitaciones y para desarrollar una comprensión crítica de las tecnologías que actualmente transforman la sociedad.

Desde el punto de vista matemático, el reconocimiento de patrones puede entenderse como un problema de geometría y análisis en espacios de alta dimensión. Cada observación o conjunto de datos se representa como un punto en un espacio matemático cuyas dimensiones corresponden a las variables consideradas. En este contexto, los patrones no son entidades abstractas o intuitivas, sino estructuras geométricas específicas que pueden adoptar diversas formas: hiperplanos que separan categorías, agrupamientos de observaciones similares, superficies no lineales que representan relaciones complejas o variedades de menor dimensión embebidas en espacios de gran complejidad. Los algoritmos de aprendizaje automático operan precisamente identificando estas estructuras y construyendo modelos matemáticos capaces de describirlas y utilizarlas para realizar inferencias sobre nuevos datos.

La modelación matemática desempeña un papel central en este proceso porque proporciona el lenguaje formal necesario para representar los patrones identificados. Las redes neuronales, las máquinas de soporte vectorial, los árboles de decisión y los modelos probabilísticos constituyen diferentes estrategias matemáticas para aproximar las relaciones presentes en los datos. Cada una de estas aproximaciones posee fortalezas y limitaciones determinadas por las propiedades matemáticas de las funciones que implementa. En consecuencia, la capacidad de un sistema de inteligencia artificial para reconocer patrones depende directamente de la estructura matemática de sus modelos y de la naturaleza de los datos con los cuales ha sido entrenado. Esta relación entre modelo y fenómeno constituye uno de los principios epistemológicos más importantes para comprender el funcionamiento de la inteligencia artificial contemporánea.

En el contexto educativo ecuatoriano, el estudio del reconocimiento de patrones ofrece oportunidades significativas para fortalecer la enseñanza y la investigación en matemáticas. Problemas relacionados con el análisis de datos ambientales, la predicción de fenómenos climáticos, el estudio de patrones epidemiológicos, la identificación de tendencias educativas o el análisis de dinámicas socioeconómicas pueden abordarse desde la perspectiva del reconocimiento de patrones y la modelación matemática. Estas aplicaciones permiten conectar conceptos abstractos como la geometría multidimensional, la estadística, la optimización y el álgebra lineal con problemas reales del contexto nacional, favoreciendo el desarrollo de competencias matemáticas avanzadas y promoviendo una comprensión más profunda del papel de las matemáticas en la sociedad contemporánea.

La comprensión matemática del reconocimiento de patrones no solo permite explicar cómo funcionan los sistemas de inteligencia artificial actuales, sino también establecer con precisión los límites de sus capacidades. Los algoritmos únicamente pueden identificar aquellos patrones que pueden ser representados mediante las clases de funciones matemáticas que implementan y para los cuales disponen de datos suficientes y adecuados. Esta limitación fundamental implica que la inteligencia artificial no descubre cualquier regularidad posible, sino únicamente aquellas que son formalizables dentro de determinados marcos matemáticos. Para la investigación en educación matemática en Ecuador, el estudio de estos fundamentos representa una oportunidad estratégica para formar estudiantes e investigadores capaces de comprender críticamente las tecnologías inteligentes, participar en su desarrollo y contribuir

a la construcción de una sociedad más informada, equitativa y científicamente alfabetizada.

Para los investigadores en educación matemática ecuatoriana, el reconocimiento de patrones como objeto matemático tiene una doble relevancia. Por un lado, es el mecanismo central de muchas de las aplicaciones de IA más relevantes para el sistema educativo: la detección automática de errores conceptuales en las respuestas de los estudiantes, la identificación de trayectorias de aprendizaje similares, el diagnóstico de dificultades específicas a partir del comportamiento en plataformas de aprendizaje y la predicción del riesgo de abandono son todos problemas de reconocimiento de patrones en datos educativos. Por otro lado, el reconocimiento de patrones es un proceso cognitivo que los seres humanos realizan naturalmente y que la educación matemática puede potenciar: la identificación de regularidades en secuencias numéricas, la detección de simetrías en figuras geométricas y la identificación de patrones de error recurrentes en el trabajo matemático propio son todos ejemplos de reconocimiento de patrones matemático que los currículos pueden desarrollar de manera explícita.

### 2.3.1. Identificación de Regularidades

La identificación de regularidades matemáticas en conjuntos de datos es el punto de partida del aprendizaje automático: antes de que un algoritmo pueda formalizar un patrón, un analista debe identificar qué tipo de regularidad existe en los datos y qué tipo de modelo matemático es apropiado para capturarla. Esta fase de exploración previa al modelado formal requiere una combinación de intuición estadística, visualización de

datos y conocimiento del dominio que los cursos de aprendizaje automático raramente desarrollan explícitamente pero que determina en gran medida la calidad de los modelos que resultan. Para la investigación en educación matemática ecuatoriana, el desarrollo de la capacidad de identificar regularidades matemáticamente significativas en datos educativos reales es una competencia de investigación de alta prioridad: los datos del sistema educativo ecuatoriano (resultados de evaluaciones, tasas de asistencia, trayectorias académicas) contienen patrones que la investigación educativa tiene la responsabilidad de identificar, formalizar y comunicar con rigor.

### 2.3.2. Clasificación y Agrupamiento

La clasificación y el agrupamiento son las dos formas fundamentales de reconocimiento de patrones en el aprendizaje automático. La clasificación asigna cada dato a una categoría predefinida en función de sus características: dada una instancia con valores  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ , el clasificador produce una etiqueta de clase  $\hat{y} \in \{C_1, C_2, \dots, C_k\}$ . El agrupamiento (clustering) identifica grupos naturales en los datos sin etiquetas predefinidas: los algoritmos como k-means, DBSCAN y los modelos de mezcla gaussiana identifican particiones del espacio de datos que maximizan algún criterio de homogeneidad interna y heterogeneidad entre grupos. La diferencia matemática fundamental entre clasificación y agrupamiento es la presencia o ausencia de etiquetas de entrenamiento: la clasificación es aprendizaje supervisado (hay ejemplos etiquetados) mientras que el agrupamiento es no supervisado (los grupos emergen de la estructura intrínseca de los datos sin guía externa).

### 2.3.3. Predicción Basada en Datos

La predicción basada en datos es la aplicación del reconocimiento de patrones a la estimación de valores futuros o no observados de una variable de interés. Matemáticamente, el problema de predicción consiste en estimar  $E[Y|X=x]$ , la esperanza condicional de la variable de salida  $Y$  dado que las variables de entrada toman el valor  $x$ ; el modelo aprendido es una aproximación de esta función de regresión de condición que se construye a partir de los pares  $(x_i, y_i)$  observados en los datos de entrenamiento. La calidad de la predicción se evalúa mediante métricas que cuantifican la discrepancia entre los valores predichos  $\hat{y}$  y los valores reales y sobre un conjunto de datos de prueba no utilizado en el entrenamiento; las métricas más comunes incluyen el error cuadrático medio (RMSE), el error absoluto medio (MAE) y el coeficiente de determinación  $R^2$  para la regresión, y la exactitud, la precisión, el recall y el área bajo la curva ROC para la clasificación.



### 2.3.4. Modelos Matemáticos Adaptativos

Los modelos matemáticos adaptativos son aquellos que actualizan su estructura o sus parámetros en respuesta a nueva evidencia, en lugar de permanecer estáticos después del entrenamiento inicial. Esta adaptabilidad es particularmente valiosa en contextos educativos donde el perfil del estudiante cambia continuamente a medida que aprende, y donde el modelo que mejor describe al estudiante en un momento determinado puede ser significativamente diferente del modelo que lo describía al inicio del proceso formativo. La Tabla 9 examina los modelos matemáticos adaptativos más relevantes para la investigación en educación matemática, con análisis de sus mecanismos de adaptación y sus aplicaciones en el contexto ecuatoriano.

**Tabla 9:** Modelos matemáticos adaptativos para la investigación en educación matemática: mecanismos de adaptación y aplicaciones en el Ecuador

<b>Modelo adaptativo</b>	<b>Mecanismo matemático de adaptación</b>	<b>Aplicación en investigación de educación matemática</b>
Teoría de Respuesta al Ítem (TRI)	Modela la probabilidad de respuesta según la habilidad del estudiante y la dificultad del ítem.	Permite diseñar sistemas de evaluación adaptativa más precisos y equitativos.
Redes bayesianas de conocimiento	Utilizan grafos probabilísticos y actualización bayesiana del aprendizaje.	Favorecen el desarrollo de sistemas de tutoría inteligente adaptados al currículo ecuatoriano.
Modelos de espacios de habilidad (DINA/DINO)	Emplean modelos de variables latentes para diagnosticar habilidades específicas.	Facilitan la identificación detallada de fortalezas y dificultades en el aprendizaje matemático.

*Nota.* Elaboración propia basada en el uso de modelos de IA en la optimización de la enseñanza de matemáticas (Reincisol, 2024), Pérez Ruiz (2025) y el análisis de modelos adaptativos en educación matemática.

Los modelos adaptativos sistematizados en la Tabla 9 comparten una característica matemática que los distingue de los modelos estáticos y que tiene implicaciones pedagógicas profundas: todos ellos producen una representación explícita y actualizable del estado de conocimiento del estudiante que el sistema usa para personalizar la siguiente experiencia de aprendizaje. Esta representación matemática del conocimiento es lo que permite a los sistemas de tutoría inteligente ir más allá de la evaluación del rendimiento global para producir diagnósticos detallados de qué conceptos específicos el estudiante domina y cuáles no. Para los investigadores ecuatorianos en educación matemática, el desarrollo y la validación de estos modelos en el contexto del sistema educativo nacional es una agenda de investigación con alta relevancia tanto para la mejora de la enseñanza como para la comprensión de los procesos de aprendizaje matemático.

### 2.3.5. Aplicaciones Educativas

Las aplicaciones educativas del reconocimiento de patrones y la modelación matemática mediante inteligencia artificial comprenden un amplio conjunto de herramientas que varían en su grado de desarrollo y adopción. Algunas cuentan con evidencia empírica consolidada y ya se emplean en diversos entornos educativos, mientras que otras permanecen en etapas experimentales con un elevado potencial de innovación. Estas tecnologías favorecen la personalización del aprendizaje, el análisis predictivo, la evaluación automatizada y la resolución de problemas complejos mediante modelos matemáticos. La Tabla 10 examina las principales aplicaciones de la IA matemática, analizando sus fundamentos, alcances, limitaciones y el estado actual de implementación en el contexto educativo ecuatoriano.

**Tabla 10:** Aplicaciones educativas de la IA con base matemática: fundamentos, funcionamiento y perspectivas de implementación en el Ecuador

<b>Aplicación educativa</b>	<b>Fundamento matemático y funcionamiento</b>	<b>Perspectivas en Ecuador</b>
<b>Sistemas de evaluación adaptativa (CAT)</b>	Utilizan la Teoría de Respuesta al Ítem para seleccionar dinámicamente preguntas según el nivel del estudiante.	Presentan potencial para mejorar el rendimiento y requieren validación en el contexto universitario ecuatoriano.
<b>Detección automática de errores conceptuales</b>	Emplea procesamiento de lenguaje natural y modelos de clasificación de errores.	Demanda modelos entrenados con datos y características propias del contexto ecuatoriano.
<b>Sistemas de recomendación de aprendizaje</b>	Combinan filtrado colaborativo, análisis de contenido y actualización bayesiana.	Pueden contribuir a reducir brechas educativas y personalizar la enseñanza matemática.

*Nota.* Elaboración propia basada en el uso de modelos de IA en la optimización de la enseñanza de matemáticas (Reincisol, 2024) y el análisis de aplicaciones educativas de la IA en el contexto ecuatoriano.

## 2.4. Sesgos Matemáticos en los Sistemas Inteligentes

Los sesgos en los sistemas de inteligencia artificial no constituyen únicamente problemas éticos, políticos o sociales que se agregan posteriormente a tecnologías supuestamente neutrales. Por el contrario, representan fenómenos que emergen directamente de las propiedades matemáticas de los modelos, de las características de los datos utilizados para su entrenamiento y de las decisiones metodológicas adoptadas durante el proceso de

diseño y optimización. Los algoritmos aprenden patrones a partir de datos históricos y optimizan funciones matemáticas específicas; por ello, cualquier desigualdad, limitación o distorsión presente en esos datos puede ser incorporada, reproducida e incluso amplificada por los sistemas inteligentes. Comprender esta dimensión matemática del sesgo es fundamental para interpretar críticamente los resultados generados por la inteligencia artificial y para desarrollar tecnologías más justas y transparentes.

Desde una perspectiva matemática, los sesgos pueden originarse en múltiples etapas del proceso de construcción de un sistema de inteligencia artificial. El sesgo de selección aparece cuando los datos de entrenamiento no representan adecuadamente la población objetivo; el sesgo de medición surge cuando las variables utilizadas contienen errores sistemáticos o representan de manera imperfecta los fenómenos de interés; el sesgo algorítmico emerge cuando las funciones objetivo o los procedimientos de optimización favorecen determinados resultados sobre otros; y el sesgo de retroalimentación ocurre cuando las decisiones tomadas por el sistema modifican las condiciones futuras sobre las cuales el propio sistema volverá a aprender. Cada una de estas formas de sesgo posee una estructura matemática específica que puede ser analizada, cuantificada y, en algunos casos, corregida mediante herramientas estadísticas y computacionales avanzadas.

La comprensión matemática de los sesgos también permite reconocer que no todos los problemas de inequidad pueden resolverse exclusivamente mediante ajustes técnicos. Existen limitaciones fundamentales derivadas de la propia naturaleza de la inferencia estadística. En determinados contextos, diferentes criterios matemáticos de equidad pueden resultar incompatibles entre sí, haciendo imposible satisfacer simultáneamente todas las



son identificados y corregidos explícitamente. Las diferencias en el acceso a la educación, la conectividad digital, la infraestructura escolar y las oportunidades de formación superior pueden convertirse en variables predictivas que perpetúen desigualdades estructurales bajo la apariencia de decisiones objetivas y técnicamente fundamentadas. La investigación en educación matemática tiene, por tanto, la responsabilidad de estudiar cómo estas desigualdades se traducen en patrones matemáticos y cómo pueden desarrollarse estrategias para reducir sus efectos.

La educación matemática contemporánea debe incorporar el estudio de los sesgos algorítmicos como una dimensión esencial de la alfabetización digital y estadística. La capacidad de interpretar críticamente modelos predictivos, comprender las limitaciones de los datos, evaluar la incertidumbre de las estimaciones y reconocer las implicaciones sociales de las decisiones automatizadas constituye una competencia indispensable para la ciudadanía del siglo XXI. Para la investigación en educación matemática en Ecuador, el estudio de los sesgos matemáticos en los sistemas inteligentes representa una oportunidad estratégica para articular el rigor científico con el compromiso social, formando profesionales y ciudadanos capaces no solo de utilizar tecnologías avanzadas, sino también de cuestionarlas, evaluarlas y contribuir a su desarrollo responsable y equitativo.

Los sesgos en los sistemas de IA no son simplemente problemas éticos o sociales que se añaden a una tecnología matemáticamente neutral: son propiedades matemáticas emergentes de la interacción entre los datos de entrenamiento, las funciones de pérdida que guían el aprendizaje y las clases de funciones que los modelos pueden representar. Comprender matemáticamente cómo se producen los sesgos, qué tipos de sesgos son detectables y corregibles mediante métodos

estadísticos y qué tipos son intrínsecos a la naturaleza del problema de inferencia estadística, es una competencia que la educación matemática puede y debe desarrollar como parte de la formación para la ciudadanía digital crítica. El análisis matemático de los sesgos en los sistemas de IA es también un campo de investigación activo con alta relevancia para el sistema educativo ecuatoriano, donde las desigualdades estructurales de clase, etnia y territorio están codificadas en los datos históricos del sistema y pueden ser heredadas por los sistemas de IA que se entrenen con esos datos.

#### 2.4.1. Origen de los Sesgos Algorítmicos

Los sesgos algorítmicos tienen orígenes múltiples que la investigación ha categorizado de diversas maneras, pero que se pueden resumir en tres fuentes principales. El sesgo en los datos ocurre cuando los datos de entrenamiento no representan adecuadamente la población objetivo o reflejan prejuicios históricos: si el conjunto de entrenamiento subrepresenta a los estudiantes indígenas o a las mujeres en carreras STEM, el modelo aprenderá una función que es menos precisa para esos grupos. El sesgo algorítmico ocurre cuando la elección de la función de pérdida o del modelo produce resultados sistemáticamente desiguales entre grupos aunque los datos sean representativos: optimizar para la exactitud global puede maximizar el rendimiento para los grupos mayoritarios a expensas de los minoritarios. Y el sesgo en la evaluación ocurre cuando los criterios con los que se evalúa la calidad del modelo no capturan las dimensiones de equidad relevantes para la aplicación: un sistema puede tener alta exactitud global y alta disparidad en la exactitud entre grupos demográficos si la métrica de evaluación no desagrega por grupos.

### 2.4.2. Distorsiones Estadísticas

Las distorsiones estadísticas son mecanismos matemáticos específicos mediante los cuales los sesgos se producen y se propagan en los sistemas de IA. La Tabla 11 examina los cuatro tipos de distorsiones estadísticas más relevantes para los sistemas de IA en el contexto educativo ecuatoriano, con análisis de los mecanismos matemáticos de producción y de las manifestaciones específicas en sistemas educativos.

**Tabla 11:** Distorsiones estadísticas en sistemas de IA educativos: mecanismos matemáticos de producción y riesgos para el contexto ecuatoriano

Tipo de sesgo estadístico	Mecanismo matemático	Riesgo para el sistema educativo ecuatoriano
<b>Sesgo de selección</b>	La muestra de entrenamiento no representa adecuadamente a la población objetivo.	Genera predicciones poco fiables al aplicarse a contextos educativos distintos.
<b>Amplificación de desigualdades históricas</b>	Los modelos reproducen patrones de exclusión presentes en los datos históricos.	Puede perpetuar desigualdades educativas y sociales existentes.
<b>Sesgo de confirmación (feedback loop)</b>	Las predicciones influyen en los datos futuros, reforzando patrones previos.	Incrementa las brechas de aprendizaje y oportunidades educativas.
<b>Varianza del estimador y tamaño muestral</b>	Las muestras pequeñas producen estimaciones menos precisas y confiables.	Reduce la validez de las predicciones para grupos subrepresentados.

*Nota.* Elaboración propia basada en el análisis de sesgos estadísticos en sistemas de IA, el contexto educativo ecuatoriano y las perspectivas de la investigación en educación matemática.

Las distorsiones estadísticas sistematizadas en la Tabla 11 tienen una importancia que va más allá del interés técnico para los investigadores en educación matemática ecuatoriana: representan los mecanismos mediante los cuales las desigualdades estructurales del sistema educativo pueden codificarse en sistemas algorítmicos que las perpetúan con una apariencia de objetividad matemática que las hace más difíciles de cuestionar que las desigualdades producidas por la discriminación explícita. La investigación en educación matemática ecuatoriana tiene la responsabilidad de examinar si los sistemas de IA que se están implementando en el sistema educativo del país tienen estas distorsiones, de qué magnitud son y qué mecanismos de auditoría y corrección son disponibles y factibles en el contexto institucional ecuatoriano.






### 2.4.3. Interpretación Crítica de Resultados

La interpretación crítica de los resultados producidos por los sistemas de IA requiere un conjunto de habilidades matemáticas que van más allá de la lectura de las métricas de evaluación estándar: requiere la capacidad de desagregar el rendimiento por grupos demográficos para identificar disparidades que los promedios ocultan; la capacidad de evaluar la calibración del modelo, es decir, si las probabilidades que produce corresponden a las frecuencias reales de los eventos; la capacidad de identificar casos de confusión entre correlación y causalidad en los argumentos que justifican el uso del sistema; y la capacidad de examinar críticamente los supuestos implícitos en la elección de la función de pérdida y del conjunto de variables de entrada. Estas competencias de interpretación crítica no son exclusivas de los estadísticos avanzados: son competencias que la educación matemática universitaria puede desarrollar en todos sus egresados mediante diseños curriculares que incluyan el análisis crítico de sistemas algorítmicos como actividad regular.

### 2.4.4. Transparencia de Modelos Predictivos

La transparencia de los modelos predictivos es una propiedad matemática con implicaciones éticas y legales de primera magnitud: un modelo transparente permite que los afectados por sus predicciones comprendan, al menos en términos generales, cómo se tomó la decisión que los afecta. El espectro de la transparencia va desde los modelos de caja blanca (árboles de decisión, regresiones lineales), cuyos mecanismos son completamente explícitos e interpretables, hasta los modelos de caja negra (redes neuronales profundas, modelos de conjunto de alta complejidad), cuyo comportamiento interno es prácticamente ininterpretable sin el auxilio de técnicas específicas de explicabilidad. La Figura 5 ilustra este espectro de transparencia con análisis de las implicaciones matemáticas y éticas de cada nivel para el contexto ecuatoriano.

**Figura 5:** Espectro de transparencia de los modelos de IA: complejidad matemática, interpretabilidad y gobernanza en el contexto ecuatoriano

	 <b>Regresión Lineal y Logística</b>	 <b>Árboles de Decisión y GAM</b>	 <b>Bosques Aleatorios y Gradient Boosting</b>	 <b>Redes Neuronales Moderadas</b>	 <b>Modelos de Fundamento</b>
<b>Transparencia</b>	Coefficientes interpretables	Reglas interpretables	Variables interpretables	Transformaciones no lineales	Comportamiento emergente
<b>Limitación</b>	Solo relaciones lineales	Limitada interacción compleja	Predicción opaca	Baja interpretabilidad	Opacidad extrema
<b>Explicabilidad</b>	No requiere herramientas	Reglas y efectos directos	SHAP	LIME e Integrated Gradients	Técnicas parciales
<b>Gobernanza</b>	Máxima auditabilidad	Alta auditabilidad	Auditoría asistida	Riesgo de sesgos	Alta incertidumbre regulatoria
<b>Recomendación Ecuador</b>	Primera opción para decisiones de alto impacto	Adecuado para aplicaciones institucionales	Útil cuando se requiere mayor precisión	Utilizar con protocolos de explicabilidad	Evitar decisiones automatizadas de alto impacto

*Nota.* Elaboración propia basada en el análisis del espectro de transparencia de los modelos de IA, Pérez Ruiz (2025) y el análisis de las implicaciones de gobernanza para el contexto ecuatoriano.

### 2.4.5. Responsabilidad Matemática y Ética

La responsabilidad matemática en el uso de sistemas de IA hace referencia a la obligación de quienes diseñan, implementan y usan estos sistemas de comprender las propiedades matemáticas que determinan su comportamiento, de evaluar sus efectos sobre los distintos grupos de personas afectadas, y de asumir las consecuencias de las decisiones que los sistemas informan o toman. Esta responsabilidad matemática no puede delegarse en los algoritmos: los algoritmos no tienen responsabilidad moral ni legal, y ninguna sofisticación matemática puede sustituir el juicio humano sobre qué objetivos deben perseguir los sistemas de IA y qué restricciones éticas deben respetar. Para los investigadores en educación matemática ecuatoriana, la responsabilidad matemática implica la producción de conocimiento riguroso sobre los efectos de los sistemas de IA en el aprendizaje matemático de los estudiantes, la evaluación honesta de las limitaciones y los riesgos de los sistemas disponibles, y la contribución activa al diseño de marcos de gobernanza que orienten el uso responsable de la IA en el sistema educativo del país.

### 2.5. Alfabetización Matemática para Comprender la IA

La alfabetización matemática para la comprensión crítica de la inteligencia artificial no constituye simplemente una extensión cuantitativa de la alfabetización matemática tradicional ni una incorporación superficial de contenidos tecnológicos al currículo existente. Representa, más bien, una transformación profunda de los objetivos, los contenidos y las finalidades de la educación matemática contemporánea. Esta nueva alfabetización exige que los estudiantes comprendan no solo los procedimientos matemáticos que sustentan los sistemas de inteligencia artificial,

sino también las implicaciones sociales, éticas, políticas y epistemológicas derivadas de su utilización. En un mundo donde las decisiones individuales y colectivas están crecientemente mediadas por algoritmos, la capacidad para interpretar críticamente los fundamentos matemáticos de estos sistemas se convierte en una condición indispensable para el ejercicio pleno de la ciudadanía.

La alfabetización matemática para la inteligencia artificial integra múltiples dimensiones de conocimiento que tradicionalmente han sido enseñadas de manera separada. Incluye la comprensión de conceptos de probabilidad, estadística, álgebra lineal, optimización, modelación matemática y análisis de datos; pero también incorpora competencias relacionadas con la interpretación de la incertidumbre, la evaluación crítica de evidencias, la identificación de sesgos algorítmicos y la comprensión de las limitaciones inherentes a cualquier modelo matemático. Esta integración responde a la necesidad de formar ciudadanos capaces no solo de utilizar herramientas tecnológicas avanzadas, sino también de comprender los principios matemáticos que las hacen posibles y las consecuencias que generan en la organización de la vida social.

Desde una perspectiva pedagógica, esta reconfiguración implica modificar la pregunta tradicional sobre qué matemáticas deben aprender los estudiantes. La cuestión ya no puede formularse únicamente en términos de contenidos disciplinares o de procedimientos algorítmicos que deben dominarse, sino en función de las capacidades intelectuales necesarias para vivir, trabajar y participar en sociedades organizadas por sistemas inteligentes. La alfabetización matemática para la inteligencia artificial privilegia el razonamiento crítico, la modelación, la interpretación de datos, la argumentación basada en evidencia y la

comprensión de sistemas complejos. En consecuencia, el énfasis educativo se desplaza desde la memorización de procedimientos hacia el desarrollo de competencias de análisis, evaluación y toma de decisiones fundamentadas.

En el contexto ecuatoriano, esta transformación curricular adquiere una importancia estratégica debido a la acelerada incorporación de tecnologías basadas en inteligencia artificial en ámbitos como la educación, la salud, las finanzas, la administración pública y la comunicación digital. La formación de ciudadanos capaces de comprender y evaluar críticamente estas tecnologías constituye una necesidad no solo educativa, sino también democrática. La investigación en educación matemática en Ecuador enfrenta el desafío de identificar qué conocimientos matemáticos son esenciales para esta nueva alfabetización, cómo deben organizarse curricularmente y qué metodologías de enseñanza favorecen el desarrollo de competencias matemáticas y críticas en contextos caracterizados por profundas desigualdades de acceso tecnológico y oportunidades educativas.

La alfabetización matemática para comprender la inteligencia artificial debe entenderse, por tanto, como un proyecto educativo, científico y ciudadano orientado a la formación de personas capaces de participar activamente en la construcción de las sociedades algorítmicas contemporáneas. Su propósito no consiste únicamente en preparar profesionales especializados en tecnologías avanzadas, sino en desarrollar una ciudadanía matemáticamente alfabetizada, críticamente informada y democráticamente comprometida. Para la educación matemática ecuatoriana, este horizonte representa una oportunidad histórica para redefinir el sentido de la formación matemática, articulando el rigor científico, la innovación tecnológica y el compromiso con la

construcción de una sociedad más equitativa, reflexiva y capaz de gobernar responsablemente las tecnologías que moldean su futuro.

### 2.5.1. Competencias Matemáticas Emergentes

Las competencias matemáticas emergentes para la era de la IA son aquellas que la formación matemática convencional no desarrolla de manera sistemática pero que la participación competente en la sociedad algorítmica requiere. La Figura 6 examina el mapa de estas competencias emergentes, organizadas según su nivel de especialización y su relevancia para los distintos perfiles de ciudadanos y profesionales que el sistema educativo ecuatoriano debe formar.

**Figura 6:** Mapa de competencias matemáticas emergentes para la era de la IA: niveles de especialización, relevancia para distintos perfiles y articulación curricular en Ecuador



*Nota.* Elaboración propia basada en el análisis de las competencias matemáticas emergentes para la era de la IA, el uso de modelos de IA en la enseñanza de matemáticas (Reincisol, 2024) y las perspectivas para el sistema educativo ecuatoriano.

### 2.5.2. Lectura Crítica de Datos

La lectura crítica de datos es la competencia que permite a cualquier ciudadano, independientemente de su nivel de formación matemática técnica, evaluar la confiabilidad y la relevancia de la información cuantitativa con la que toma decisiones cotidianas. Esta competencia tiene cinco dimensiones que la educación matemática ecuatoriana puede desarrollar de manera progresiva: la capacidad de identificar la fuente de los datos y evaluar su credibilidad; la capacidad de reconocer cuándo la escala, la selección del período temporal o la elección de la métrica pueden estar distorsionando la imagen que los datos presentan; la capacidad de identificar los grupos que están sub-representados o ausentes en los datos y las conclusiones que esa ausencia invalida; la capacidad de distinguir las afirmaciones que los datos soportan de las que el autor añade con su interpretación; y la capacidad de preguntar qué datos alternativos podrían producir una imagen diferente del fenómeno. Estas competencias de lectura crítica de datos son la base de la ciudadanía informada en una democracia que toma cada vez más decisiones políticas con base en evidencia cuantitativa.

### 2.5.3. Evaluación de Resultados Automatizados

La evaluación de los resultados producidos por sistemas automatizados es una extensión de la lectura crítica de datos que incorpora la comprensión de cómo los algoritmos pueden distorsionar, sesgar o malinterpretar los datos de los que parten. Cuando un sistema de IA recomienda una trayectoria educativa, diagnostica una dificultad de aprendizaje o predice el riesgo de abandono de un estudiante ecuatoriano, el educador que recibe esa recomendación debe ser capaz de evaluarla con criterios matemáticamente fundamentados: ¿con qué precisión produce el

sistema estas predicciones? ¿Para qué grupos es más o menos preciso? ¿Qué variables está usando y cómo las pondera? ¿Hay razones para pensar que los datos de entrenamiento no representan adecuadamente a los estudiantes de este contexto específico? La investigación en educación matemática ecuatoriana debe examinar qué formación estadística y qué experiencias pedagógicas desarrollan esta capacidad de evaluación crítica de los resultados automatizados en los docentes en formación y en ejercicio.

#### **2.5.4. Argumentación Basada en Evidencia**

La argumentación basada en evidencia cuantitativa es la competencia que conecta la alfabetización matemática con la participación democrática informada: la capacidad de construir argumentos sobre problemas sociales y políticos que incorporen evidencia cuantitativa rigurosa, que reconozcan explícitamente las limitaciones de esa evidencia y que distingan claramente entre lo que los datos demuestran, lo que sugieren y lo que no pueden determinar. Esta competencia es especialmente relevante en el debate público ecuatoriano sobre el uso de la IA en la educación, donde las afirmaciones sobre los beneficios y los riesgos de los sistemas algorítmicos se hacen frecuentemente con bases empíricas insuficientes y con poca atención a las condiciones contextuales que determinan cuándo y para quién funcionan los sistemas. La investigación en educación matemática que desarrolla y evalúa intervenciones para el desarrollo de la argumentación matemática basada en evidencia está contribuyendo simultáneamente a la formación matemática y a la formación ciudadana del Ecuador del siglo XXI.

### 2.5.5. Formación Matemática para la Ciudadanía Digital

La formación matemática para la ciudadanía digital es la síntesis de las competencias examinadas en este capítulo: no simplemente el conocimiento técnico de las estructuras matemáticas de la IA, sino la capacidad de usar ese conocimiento para participar activamente y críticamente en el diseño, la evaluación y la gobernanza de los sistemas de IA que están transformando el mundo ecuatoriano. Esta ciudadanía digital matemáticamente competente no es un estándar reservado para los especialistas en matemáticas o en tecnología: es un nivel de competencia que la educación matemática debe aspirar a desarrollar en todos los ciudadanos, con la profundidad adecuada al nivel educativo y al perfil profesional de cada uno. Los investigadores ecuatorianos en educación matemática que diseñan currículos, forman docentes y producen evidencia sobre los métodos más efectivos para el desarrollo de esta ciudadanía digital matemáticamente competente están realizando la contribución más importante que el campo puede hacer al futuro democrático del Ecuador.

Las matemáticas ocultas detrás de la inteligencia artificial que este capítulo ha examinado no son un conjunto de conocimientos técnicos separados del pensamiento matemático que la educación convencional cultiva: son extensiones y aplicaciones de los mismos conceptos fundamentales del álgebra lineal, el cálculo, la probabilidad y la estadística que constituyen el núcleo del currículo matemático universitario. Esta continuidad matemática entre la formación existente y las nuevas necesidades de la era de la IA es una noticia extraordinariamente positiva para los investigadores en educación matemática ecuatoriana: no se

necesita construir desde cero un nuevo currículo sino reorientar el currículo existente, enriquecer sus conexiones con los sistemas de IA más relevantes para la sociedad ecuatoriana y desarrollar las dimensiones críticas y ciudadanas que la formación técnica por sí sola no produce. El capítulo siguiente examinará cómo el enfoque STEAM puede ser el vehículo más efectivo para esta reorientación, con las matemáticas como núcleo integrador de una educación que articula las ciencias, la tecnología, la ingeniería y las artes con el rigor del pensamiento matemático que la era de la IA demanda.



# CAPÍTULO 3

La Reconfiguración del  
Enfoque STEAM desde  
la Matemática

## CAPÍTULO III

### La Reconfiguración del Enfoque STEAM desde la Matemática

El enfoque STEAM Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Arte y Matemáticas, ha emergido en las últimas dos décadas como uno de los proyectos pedagógicos más ambiciosos de la educación contemporánea: la aspiración de superar la fragmentación disciplinar que ha caracterizado históricamente la organización de los sistemas educativos y de crear en su lugar experiencias de aprendizaje que articulen el pensamiento científico, el diseño tecnológico, la intuición matemática y la sensibilidad artística en proyectos de comprensión y transformación del mundo real. Sin embargo, la implementación del enfoque STEAM ha tendido a reproducir una debilidad estructural que compromete su potencial pedagógico: las disciplinas se yuxtaponen en los proyectos más que integrarse genuinamente, y el resultado es frecuentemente un conjunto de actividades paralelas que los estudiantes realizan con sus distintos docentes sin que ninguna síntesis integradora emerja del trabajo conjunto.

La tesis central de este capítulo es que las matemáticas son el núcleo integrador natural del enfoque STEAM, no porque sean más importantes que las otras disciplinas sino porque son el lenguaje transversal que permite que las demás disciplinas se comuniquen entre sí con precisión. La ciencia usa las matemáticas para expresar formalmente sus teorías; la tecnología y la ingeniería usan las matemáticas para optimizar sus diseños y modelar el comportamiento de sus sistemas; y el arte usa las matemáticas, consciente o inconscientemente, para crear las estructuras de proporción, simetría y ritmo que producen los efectos estéticos que persigue. Cuando el enfoque STEAM se diseña desde las

matemáticas como núcleo integrador, las disciplinas dejan de ser asignaturas paralelas para convertirse en perspectivas complementarias sobre el mismo fenómeno, con las matemáticas como el lenguaje que hace posible esa complementariedad.

Tomalá (2022), en su análisis de la metodología STEAM y su aporte en el aprendizaje matemático, documenta que el enfoque STEAM proporciona un contexto de aprendizaje más rico y motivador para el pensamiento matemático porque conecta los conceptos abstractos con aplicaciones concretas y significativas para los estudiantes. El modelo STEAM como enfoque pedagógico innovador en la educación ecuatoriana (SciELO Senescyt, 2025) confirma que el modelo refleja la interdisciplinariedad de conocimientos y resalta el aporte epistemológico desde la tecnología, la ingeniería y la matemática, promoviendo la transdisciplinariedad académica de manera que el aprendizaje se torne holístico y estimule las inteligencias múltiples. Esta doble afirmación, que el STEAM enriquece el aprendizaje matemático y que las matemáticas enriquecen el STEAM, define el argumento que este capítulo desarrolla con los cinco ejes que examina: las matemáticas como núcleo integrador, la modelación matemática en proyectos STEAM, la ciencia de datos como campo STEAM emergente, el pensamiento matemático para la innovación y los nuevos escenarios STEAM impulsados por la IA.

Para los investigadores en educación matemática ecuatoriana, el enfoque STEAM no es simplemente una moda pedagógica importada de los sistemas educativos del Norte Global: es una oportunidad de anclar el pensamiento matemático en los problemas más urgentes del Ecuador, desde la gestión de los recursos naturales hasta el análisis de las desigualdades educativas, desde el diseño de infraestructura resiliente ante desastres naturales hasta el estudio matemático de las tradiciones

culturales de los pueblos y nacionalidades del país. Esta contextualización ecuatoriana del STEAM es la que puede convertirlo de una propuesta retórica en un proyecto pedagógico genuinamente transformador.

### **3.1. Las Matemáticas como Núcleo Integrador del Enfoque STEAM**

La afirmación de que las matemáticas constituyen el núcleo integrador del enfoque STEAM no responde únicamente a una reivindicación disciplinar promovida desde la propia comunidad matemática, sino al reconocimiento de una realidad epistemológica observable en los proyectos interdisciplinarios de mayor impacto educativo. La integración entre ciencia, tecnología, ingeniería, arte y matemáticas no ocurre mediante la simple coexistencia de distintas disciplinas dentro de una misma actividad, sino a través de la construcción de un lenguaje común que permita representar, analizar y resolver problemas complejos. Ese lenguaje es, en gran medida, el lenguaje matemático. Las matemáticas proporcionan las herramientas conceptuales y formales necesarias para cuantificar fenómenos, modelar relaciones, optimizar procesos y comunicar resultados de manera rigurosa, convirtiéndose así en el elemento articulador que hace posible la integración efectiva entre las distintas dimensiones del enfoque STEAM.

La centralidad de las matemáticas se evidencia particularmente cuando los estudiantes participan en proyectos auténticos de resolución de problemas. Por ejemplo, en el diseño de un sistema de paneles solares para una comunidad rural ecuatoriana, los conceptos matemáticos emergen de manera natural a lo largo de todo el proceso de trabajo. El cálculo del

consumo energético, la estimación de la radiación solar disponible, la determinación del área óptima de captación, la evaluación de costos y beneficios y la representación geométrica del diseño requieren competencias matemáticas diversas y complementarias. En ninguno de estos casos las matemáticas son añadidas artificialmente como un requisito curricular externo; por el contrario, aparecen como una necesidad inherente a la comprensión y resolución del problema, evidenciando su función como lenguaje transversal de la investigación y la innovación.

Esta característica distingue a las matemáticas de otras disciplinas del enfoque STEAM en un aspecto fundamental: mientras que las ciencias naturales investigan fenómenos específicos, la ingeniería diseña soluciones, la tecnología desarrolla herramientas y las artes exploran dimensiones expresivas y estéticas, las matemáticas proporcionan las estructuras formales que permiten articular todas estas actividades. Conceptos como función, variable, relación, proporción, optimización, incertidumbre, geometría y modelación aparecen recurrentemente en los distintos dominios del conocimiento, facilitando la transferencia de aprendizajes y la construcción de comprensiones interdisciplinarias. La capacidad de reconocer estas estructuras comunes constituye una de las competencias intelectuales más valiosas que puede desarrollar la educación contemporánea.

En el contexto ecuatoriano, el enfoque STEAM ofrece oportunidades particularmente relevantes para vincular la enseñanza de las matemáticas con problemas reales del entorno social, económico y ambiental. La gestión sostenible de recursos naturales, la producción agrícola, la conservación de ecosistemas, el diseño de soluciones energéticas alternativas, el análisis de fenómenos sociales y la preservación del patrimonio cultural

requieren enfoques interdisciplinarios donde las matemáticas desempeñan un papel central. La investigación en educación matemática tiene la responsabilidad de estudiar cómo estos contextos auténticos pueden convertirse en escenarios de aprendizaje que fortalezcan simultáneamente las competencias matemáticas, científicas y ciudadanas de los estudiantes ecuatorianos.

En consecuencia, reconocer a las matemáticas como núcleo integrador del enfoque STEAM implica redefinir su papel en la educación contemporánea. Las matemáticas dejan de ser concebidas exclusivamente como una disciplina autónoma orientada al dominio de procedimientos abstractos y pasan a entenderse como un lenguaje intelectual capaz de conectar saberes, interpretar realidades complejas y construir soluciones a problemas socialmente relevantes. Para la investigación en educación matemática en Ecuador, esta perspectiva representa una oportunidad estratégica para desarrollar propuestas curriculares y pedagógicas que articulen el rigor matemático con la innovación, la creatividad y el compromiso con el desarrollo sostenible del país, contribuyendo a la formación de ciudadanos capaces de comprender y transformar el mundo que habitan.

### 3.1.1. Conexiones Interdisciplinarias

Las conexiones interdisciplinarias que las matemáticas establecen entre las distintas disciplinas del acrónimo STEAM no son conexiones superficiales de yuxtaposición temática sino conexiones profundas de isomorfismo estructural: la misma estructura matemática, una ecuación diferencial de segundo orden, puede describir la dinámica de un resorte en física, la evolución de una deuda con interés compuesto en economía y el

comportamiento de un circuito eléctrico en ingeniería. Esta universalidad de las estructuras matemáticas es lo que las hace capaces de integrar disciplinas que aparentemente no tienen nada en común. La Tabla 12 examina las conexiones interdisciplinarias más relevantes entre las matemáticas y las demás disciplinas del enfoque STEAM, con ejemplos de proyectos integradores en el contexto ecuatoriano.

**Tabla 12:** Conexiones interdisciplinarias con las matemáticas como núcleo integrador del enfoque STEAM: conceptos articuladores y proyectos en el contexto ecuatoriano

<b>Disciplina STEAM</b>	<b>Conexión matemática central</b>	<b>Ejemplo de proyecto en Ecuador</b>
<b>Ciencias naturales</b>	Ecuaciones diferenciales, estadística y probabilidad para modelar fenómenos naturales.	Análisis del caudal del río Pastaza mediante series temporales y modelación climática.
<b>Tecnología e ingeniería</b>	Optimización, álgebra lineal y análisis numérico aplicados a sistemas complejos.	Diseño y optimización de sistemas de riego para la agricultura andina.
<b>Arte y diseño</b>	Geometría, simetría, proporciones y teoría de grafos.	Estudio matemático de los patrones geométricos del tejido andino ecuatoriano.
<b>Matemáticas (núcleo integrador)</b>	Lenguaje transversal que articula ciencia, tecnología, ingeniería y arte.	Desarrollo de proyectos interdisciplinarios como calidad del aire, energía o patrimonio cultural.

*Nota.* Elaboración propia basada en el modelo STEAM como enfoque pedagógico innovador en Ecuador (SciELO Senescyt, 2025), Tomalá (2022) y la aplicación del enfoque STEAM en matemáticas en educación básica (Alcon, 2025).

Las conexiones interdisciplinarias sistematizadas en la Tabla 12 revelan un principio fundamental para el diseño de proyectos STEAM con las matemáticas como núcleo integrador: la conexión matemática debe ser genuina y no decorativa. Un proyecto que incorpora estadística simplemente porque el género de los participantes en cada disciplina puede graficarse en un diagrama de barras no está usando las matemáticas como núcleo integrador: está usándolas como ornamento. La conexión genuina ocurre cuando las matemáticas son necesarias para avanzar en el proyecto, cuando sin ellas el problema no puede resolverse ni el fenómeno puede comprenderse con la precisión que el proyecto requiere. Los investigadores en educación matemática ecuatoriana que diseñan proyectos STEAM deben guiarse por este criterio de necesidad matemática y evaluar empíricamente si los proyectos que diseñan lo satisfacen.

### 3.1.2. Integración de Saberes

La integración genuina de saberes en el enfoque STEAM requiere algo más que la colaboración de docentes de distintas disciplinas en un proyecto común: requiere que los estudiantes construyan comprensiones que articulan indisolublemente el conocimiento matemático con el conocimiento científico, tecnológico o artístico, de manera que ninguno de los componentes tiene pleno sentido sin el otro. Esta integración profunda es difícil de producir pedagógicamente porque contradice la organización disciplinar de los currículos y las identidades profesionales de los docentes formados en una sola disciplina. El docente de matemáticas que participa en un proyecto STEAM puede contribuir con competencias matemáticas de alta calidad pero carece del conocimiento científico o tecnológico necesario para juzgar la

pertinencia de las aplicaciones; el docente de ciencias puede tener la comprensión del fenómeno pero carecer de la sofisticación matemática necesaria para modelarlo con precisión. Resolver esta asimetría de conocimientos es uno de los mayores desafíos pedagógicos e institucionales del enfoque STEAM, y la investigación en educación matemática ecuatoriana debe examinarlo de manera específica en el contexto del sistema educativo nacional.

La integración de saberes en el enfoque STEAM tiene una dimensión adicional que es especialmente relevante para el Ecuador plurinacional: la integración de los saberes académicos con los saberes de los pueblos y nacionalidades indígenas. Los conocimientos matemáticos implícitos en las técnicas de cultivo en terrazas andinas (andenería), en los sistemas de calendario y astronomía de los pueblos kichwa y shuar, en los patrones geométricos de las tradiciones artesanales y en los sistemas de medición y cuantificación de los pueblos amazónicos son saberes matemáticos que el enfoque STEAM puede valorizar pedagógicamente si se diseña con la sensibilidad intercultural necesaria para reconocerlos como tales y no simplemente como curiosidades culturales.

### **3.1.3. Transferencia de Conocimientos**

La transferencia de conocimientos matemáticos entre distintos contextos disciplinares es uno de los objetivos pedagógicos más difíciles de alcanzar y más importantes de la educación matemática: la capacidad de reconocer que el mismo problema matemático, la misma estructura formal, subyace a fenómenos aparentemente muy distintos, y de usar el conocimiento matemático desarrollado en un contexto para resolver problemas en un contexto diferente. La investigación en

psicología del aprendizaje ha documentado que la transferencia lejana, la aplicación de conocimientos a contextos muy distintos del original, es extremadamente difícil y raramente se produce sin instrucción explícita que construya los puentes entre los contextos. El enfoque STEAM tiene el potencial de producir condiciones más favorables para la transferencia matemática que la enseñanza disciplinar convencional precisamente porque presenta los mismos conceptos matemáticos en múltiples contextos disciplinares durante el proceso de aprendizaje, construyendo así las representaciones abstractas que hacen posible la transferencia.

#### **3.1.4. Pensamiento Matemático Transversal**

El pensamiento matemático transversal es la capacidad de aplicar las formas de razonar propias de las matemáticas, la búsqueda de patrones, la construcción de modelos, la argumentación basada en evidencia, la generalización desde casos particulares y la evaluación crítica de la precisión de los resultados, en cualquier dominio del conocimiento y de la acción humana donde esas formas de razonar aporten valor. Esta transversalidad del pensamiento matemático es precisamente lo que lo convierte en el integrador más potente del enfoque STEAM: no es simplemente que las matemáticas se apliquen a las otras disciplinas, sino que el modo de pensar matemático enriquece y potencia la calidad del razonamiento en todas las disciplinas que lo adoptan. La investigación en educación matemática ecuatoriana debe examinar qué tipos de experiencias de aprendizaje producen más efectivamente esta transversalidad del pensamiento matemático, y qué indicadores permiten evaluarla en estudiantes de distintos niveles educativos.

### 3.1.5. Construcción de Soluciones Complejas

La construcción de soluciones a problemas complejos es el objetivo final del enfoque STEAM y la prueba más exigente del aprendizaje logrado: un problema genuinamente complejo no puede resolverse con la aplicación mecánica de algoritmos sino que requiere la integración creativa de conocimientos de múltiples disciplinas, la capacidad de manejar la incertidumbre y la ambigüedad, la disposición a revisar y ajustar las soluciones a la luz de la evidencia y la habilidad de comunicar los resultados y las limitaciones con claridad y honestidad. El enfoque STEAM con las matemáticas como núcleo integrador es el entorno pedagógico más propicio para el desarrollo de estas competencias de solución de problemas complejos, porque proporciona los contextos de genuina complejidad que los ejercicios de manual raramente alcanzan y las herramientas matemáticas que son necesarias para avanzar más allá de la intuición cualitativa hacia comprensiones cuantitativas rigurosas.

### 3.2. Modelación Matemática en Proyectos STEAM

La modelación matemática es el proceso mediante el cual los fenómenos del mundo real se representan a través de estructuras matemáticas formales que permiten describir, analizar, predecir y optimizar su comportamiento. Este proceso constituye una de las prácticas intelectuales más importantes de la ciencia contemporánea y una de las herramientas más poderosas para la comprensión de sistemas complejos. En el contexto del enfoque STEAM, la modelación matemática trasciende su condición de técnica propia de las matemáticas y se convierte en el mecanismo central que articula el conocimiento proveniente de distintas disciplinas. A través de la modelación, los problemas científicos,

tecnológicos, ingenieriles y sociales pueden ser representados mediante un lenguaje común que facilita su análisis y la construcción de soluciones fundamentadas.

La singularidad de la modelación matemática en el enfoque STEAM radica en su naturaleza simultáneamente matemática, científica y tecnológica. Un modelo matemático puede entenderse, al mismo tiempo, como una estructura formal compuesta por ecuaciones, funciones o sistemas de relaciones; como una explicación científica que representa el comportamiento de un fenómeno natural o social; y como un componente tecnológico susceptible de ser implementado computacionalmente para generar simulaciones, predicciones o procesos de optimización. Esta triple condición convierte a la modelación matemática en el principal mecanismo de integración interdisciplinaria, permitiendo que las matemáticas operen como un puente conceptual entre distintas formas de conocimiento y diferentes prácticas profesionales.

Los proyectos STEAM más exitosos desde el punto de vista pedagógico suelen estar estructurados precisamente alrededor de procesos de modelación. Cuando los estudiantes investigan el comportamiento de un ecosistema, diseñan un sistema energético, analizan patrones climáticos o desarrollan soluciones tecnológicas para problemas comunitarios, deben identificar variables relevantes, formular hipótesis, establecer relaciones funcionales, construir representaciones matemáticas y evaluar la capacidad predictiva de sus modelos. Este proceso no solo fortalece competencias matemáticas avanzadas, sino que también promueve habilidades de investigación, pensamiento crítico, trabajo colaborativo y toma de decisiones fundamentadas en evidencia. La modelación transforma el aprendizaje matemático en

una práctica de construcción de conocimiento orientada a la comprensión del mundo real.

En el contexto ecuatoriano, la modelación matemática ofrece oportunidades particularmente valiosas para vincular la educación con los desafíos científicos, ambientales y sociales del país. Problemas relacionados con la gestión del agua en los páramos, la conservación de la biodiversidad amazónica, el monitoreo de riesgos volcánicos y sísmicos, la optimización de sistemas agrícolas o el análisis de dinámicas socioeconómicas pueden abordarse mediante proyectos de modelación interdisciplinaria. Estos contextos permiten a los estudiantes experimentar las matemáticas como herramientas para interpretar y transformar su realidad, al tiempo que fortalecen su compromiso con el desarrollo sostenible y la solución de problemas nacionales. La investigación en educación matemática ecuatoriana tiene la oportunidad de estudiar cómo estos procesos de modelación contribuyen al desarrollo de competencias científicas y matemáticas de alto nivel.

La modelación matemática debe ser entendida, por tanto, como una práctica educativa estratégica para la formación de ciudadanos capaces de actuar en sociedades complejas y tecnológicamente avanzadas. Su capacidad para integrar conocimientos, representar sistemas, evaluar escenarios y fundamentar decisiones la convierte en uno de los pilares del enfoque STEAM y de la educación del siglo XXI. Para la investigación en educación matemática en Ecuador, el fortalecimiento de la modelación matemática representa una oportunidad para articular el rigor disciplinar con la pertinencia social, promoviendo una educación que no solo transmita conocimientos, sino que también forme personas capaces de comprender, investigar y transformar los problemas que caracterizan al país y al mundo contemporáneo.

La modelación matemática es el proceso mediante el cual los fenómenos del mundo real se traducen a representaciones matemáticas formales que permiten su análisis, su predicción y su optimización. En el contexto del enfoque STEAM, la modelación matemática no es simplemente una técnica disciplinar de las matemáticas sino el proceso central mediante el cual las distintas disciplinas se articulan: el modelo matemático de un fenómeno físico es simultáneamente un objeto matemático (una ecuación, un sistema, una función) y una descripción científica del fenómeno (expresa sus leyes de comportamiento), y su implementación computacional es tanto un resultado matemático como un producto tecnológico. Esta triple naturaleza de la modelación como práctica matemática, científica y tecnológica simultánea es lo que la convierte en el mecanismo más poderoso de integración disciplinar en el enfoque STEAM.

La investigación educativa sobre la modelación matemática en proyectos STEAM documenta consistentemente que los estudiantes que participan en procesos genuinos de modelación, donde construyen el modelo desde el fenómeno en lugar de aplicar modelos preexistentes a problemas artificiales, desarrollan comprensiones más robustas y más transferibles de los conceptos matemáticos involucrados. Esto es coherente con la perspectiva epistemológica de la teoría de las situaciones didácticas de Brousseau: el estudiante aprende matemáticas con mayor profundidad cuando está en una relación de genuina dependencia del conocimiento matemático para resolver un problema que le importa, sin la red de seguridad de las indicaciones del docente que le dicen qué herramienta aplicar. Los proyectos STEAM de modelación crean exactamente esas condiciones de dependencia genuina del conocimiento matemático.

### 3.2.1. Diseño de Modelos Explicativos

El diseño de modelos explicativos es la fase más creativa y más matemáticamente exigente de la modelación: la construcción de una representación matemática que capture los mecanismos esenciales del fenómeno sin incluir todos sus detalles irrelevantes. Esta fase requiere decisiones que son simultáneamente matemáticas y científicas: qué variables son relevantes y cuáles pueden ignorarse, qué tipo de relación (lineal, cuadrática, exponencial, estocástica) describe mejor la dinámica observada, qué supuestos simplificadores son aceptables sin distorsionar la esencia del fenómeno y qué nivel de precisión matemática es suficiente para los propósitos del proyecto. Estas decisiones no tienen respuestas únicas correctas: son decisiones de modelación donde el conocimiento del dominio y el juicio matemático deben articularse de manera que ninguno de los dos puede prescindir del otro.

Para el investigador en educación matemática ecuatoriana, el diseño de modelos explicativos en el contexto de proyectos STEAM plantea preguntas de investigación específicas: ¿qué estrategias usan los estudiantes ecuatorianos para construir modelos explicativos de fenómenos que no tienen un modelo establecido en los libros de texto? ¿Qué obstáculos epistemológicos encuentran en el proceso de traducción entre el fenómeno natural y su representación matemática? ¿En qué medida el conocimiento disciplinar del contexto (física, biología, economía) facilita o dificulta la construcción del modelo matemático? ¿Qué diseños instruccionales producen modelos de mayor calidad y comprensiones más profundas de los conceptos matemáticos involucrados?

### 3.2.2. Simulación de Fenómenos

La simulación de fenómenos mediante modelos matemáticos computacionales es el proceso que más dramáticamente ha ampliado las posibilidades de la modelación matemática en proyectos STEAM: lo que antes requería la solución analítica de ecuaciones diferenciales, accesible solo para los estudiantes con formación matemática avanzada, puede ahora realizarse numéricamente con herramientas computacionales accesibles desde secundaria. La Tabla 13 examina los principales tipos de simulación de fenómenos en proyectos STEAM, con análisis de sus fundamentos matemáticos y sus aplicaciones en el contexto ecuatoriano.

**Tabla 13:** Tipos de simulación de fenómenos en proyectos STEAM: fundamentos matemáticos y aplicaciones en el contexto ecuatoriano

Tipo de simulación	Fundamento matemático y herramienta	Aplicación STEAM en Ecuador
Sistemas dinámicos continuos	Ecuaciones diferenciales y métodos numéricos (MATLAB, Python, GeoGebra).	Simulación del crecimiento de especies en peligro y estrategias de conservación.
Sistemas basados en agentes	Modelación de interacciones mediante reglas locales (NetLogo, Python).	Simulación de epidemias y evaluación de estrategias de intervención.
Sistemas estocásticos	Cadenas de Márkov, métodos de Monte Carlo y procesos probabilísticos.	Análisis del riesgo sísmico y evaluación de vulnerabilidad.
Procesos de optimización	Algoritmos evolutivos, recocido simulado y programación matemática.	Optimización de rutas de distribución y logística escolar.

*Nota.* Elaboración propia basada en Tomalá (2022), el modelo STEAM como enfoque innovador en Ecuador (Scielo Senescyt, 2025) y las perspectivas de la modelación matemática en proyectos STEAM.

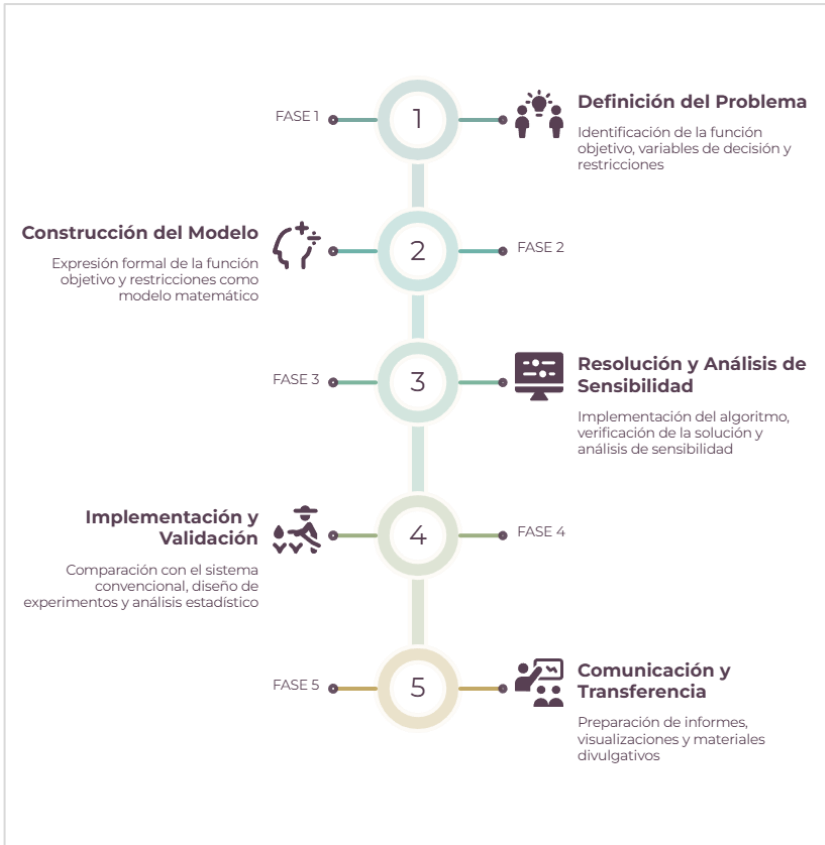
Las simulaciones sistematizadas en la Tabla 13 configuran un repertorio de herramientas de modelación que puede escalarse desde la educación secundaria hasta el posgrado universitario, graduando la complejidad matemática del modelo mientras se mantiene la pertinencia contextual del fenómeno simulado. Esta gradualidad es especialmente valiosa para el sistema educativo ecuatoriano, donde existe una gran diversidad en las capacidades matemáticas de los estudiantes según el nivel educativo, la institución y el territorio, y donde las mismas plataformas de simulación pueden producir aprendizajes de distinta profundidad según el nivel de exigencia matemática con que se usen. La investigación en educación matemática ecuatoriana debe examinar qué nivel de fidelidad matemática en los modelos de simulación produce el mayor beneficio pedagógico para distintos perfiles de estudiantes.

### 3.2.3. Optimización de Procesos

La optimización de procesos es la aplicación más directa e impactante de las matemáticas en los proyectos de ingeniería y tecnología del enfoque STEAM: encontrar el diseño, la configuración o la secuencia de acciones que maximiza o minimiza una función objetivo sujeta a restricciones. Los problemas de optimización que emergen en los proyectos STEAM del contexto ecuatoriano son genuinamente complejos y matemáticamente ricos: la optimización del diseño de un sistema de riego para minimizar el desperdicio de agua, la optimización de la ruta de evacuación de una comunidad ante una erupción volcánica para minimizar el tiempo de evacuación, o la optimización del menú de un programa de alimentación escolar para maximizar el valor nutricional dentro de un presupuesto limitado son todos problemas con alta relevancia para el país y con fundamentos matemáticos

que conectan la aritmética básica con la programación lineal y los algoritmos de búsqueda. La Figura 7 ilustra el ciclo completo de optimización matemática en un proyecto STEAM aplicado al contexto ecuatoriano.

**Figura 7:** Ciclo de optimización matemática en un proyecto STEAM: fases del proceso, herramientas matemáticas y aplicación en el Ecuador



*Nota.* Elaboración propia basada en Tomalá (2022), la aplicación del enfoque STEAM en matemáticas (Alcon, 2025) y el análisis del ciclo de optimización matemática en proyectos STEAM del Ecuador.

### 3.2.4. Validación de Resultados

La validación de los resultados de los modelos matemáticos es el proceso mediante el cual los investigadores y los estudiantes evalúan si el modelo captura adecuadamente la realidad que pretende describir, si sus predicciones corresponden con los datos empíricos disponibles y si sus supuestos simplificadores son aceptables para los propósitos del proyecto. Esta fase del ciclo de modelación es frecuentemente la más neglecta en los proyectos educativos: los estudiantes construyen el modelo, obtienen una solución y presentan los resultados sin preguntarse si el modelo es adecuado para el problema o si sus predicciones son coherentes con la evidencia disponible. Para el investigador en educación matemática ecuatoriana, la validación es una dimensión del pensamiento matemático que debe cultivarse explícitamente: desarrollar en los estudiantes el hábito de cuestionar sistemáticamente sus propios modelos, de buscar los casos donde el modelo falla y de comprender matemáticamente por qué falla, es uno de los objetivos más difíciles y más valiosos de la educación matemática para el enfoque STEAM.

### 3.2.5. Toma de Decisiones Interdisciplinarias

La toma de decisiones interdisciplinarias en proyectos STEAM es el momento donde el modelo matemático se convierte en herramienta de acción: cuando los resultados del análisis cuantitativo se usan para elegir entre alternativas de acción con consecuencias reales para personas o sistemas reales. Esta fase requiere que los participantes en el proyecto integren la información matemática con consideraciones de otras disciplinas que el modelo no captura: las implicaciones sociales y culturales de las alternativas técnicamente óptimas, las restricciones

políticas e institucionales que limitan la implementación de las soluciones matemáticamente mejores y los valores éticos que deben orientar las decisiones cuando los resultados matemáticos no ofrecen una guía clara. Para la investigación en educación matemática ecuatoriana, el estudio de cómo los estudiantes integran la evidencia matemática con consideraciones no matemáticas en la toma de decisiones interdisciplinarias es un campo de investigación emergente de alta relevancia tanto para la educación matemática como para la formación ciudadana.

### 3.3. Ciencia de Datos y Educación STEAM

La ciencia de datos ha emergido durante las últimas décadas como uno de los campos de aplicación del pensamiento matemático con mayor impacto científico, económico y social a escala global. Su capacidad para extraer conocimiento útil a partir de grandes volúmenes de información ha transformado sectores tan diversos como la salud, la educación, la industria, las finanzas, la agricultura y la administración pública. En el ámbito educativo, la ciencia de datos representa un espacio privilegiado para la integración de conocimientos y competencias de múltiples disciplinas, convirtiéndose en uno de los escenarios más representativos del enfoque STEAM. Su incorporación en los procesos formativos permite conectar las matemáticas con problemas reales y contemporáneos, fortaleciendo la relevancia social y académica del aprendizaje.

La naturaleza interdisciplinaria de la ciencia de datos se fundamenta en la articulación de diferentes campos del conocimiento. Las matemáticas aportan los marcos teóricos necesarios para la estadística, la probabilidad, el álgebra lineal, el cálculo y la optimización; la tecnología proporciona herramientas

de programación, almacenamiento y procesamiento de datos; la ingeniería contribuye al diseño y mantenimiento de sistemas complejos de información; las ciencias ofrecen el conocimiento contextual necesario para interpretar los fenómenos estudiados; y las artes participan en la construcción de visualizaciones y estrategias comunicativas que facilitan la comprensión y difusión de los resultados obtenidos. Esta convergencia convierte a la ciencia de datos en un ejemplo paradigmático de integración STEAM, donde ninguna disciplina puede operar de manera completamente aislada.

Desde la perspectiva del pensamiento matemático, la ciencia de datos exige competencias que trascienden el cálculo tradicional y se orientan hacia la interpretación, la modelación y la toma de decisiones basada en evidencia. El análisis exploratorio de datos, la identificación de patrones, la construcción de modelos predictivos, la evaluación de la incertidumbre y la visualización de resultados constituyen actividades que requieren un razonamiento matemático sofisticado y contextualizado. Estas competencias son especialmente relevantes en una sociedad caracterizada por la abundancia de información y por la creciente influencia de sistemas automatizados que utilizan datos para orientar decisiones individuales y colectivas. La educación matemática contemporánea debe, por tanto, incorporar progresivamente estos enfoques como parte de la formación básica y avanzada.

En el contexto ecuatoriano, la ciencia de datos ofrece oportunidades significativas para desarrollar proyectos educativos vinculados con problemas nacionales de alta relevancia. El análisis de datos ambientales relacionados con la biodiversidad, el monitoreo climático, la gestión de recursos hídricos, la movilidad humana, la salud pública o los indicadores educativos permite articular el aprendizaje matemático con la investigación científica y

el compromiso social. Asimismo, el acceso creciente a bases de datos abiertas provenientes de instituciones públicas y organismos internacionales facilita el diseño de experiencias educativas basadas en datos reales y contextualmente pertinentes. La investigación en educación matemática en Ecuador puede desempeñar un papel fundamental en la evaluación de estas experiencias y en la construcción de modelos pedagógicos adaptados a las necesidades y posibilidades del sistema educativo nacional.

La integración de la ciencia de datos en la educación STEAM representa, en consecuencia, una oportunidad estratégica para transformar la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas. Más que una especialización técnica, la ciencia de datos debe entenderse como una nueva forma de alfabetización científica y matemática orientada a la comprensión de fenómenos complejos mediante el análisis riguroso de información. Para la investigación en educación matemática ecuatoriana, este campo ofrece un espacio privilegiado para articular innovación pedagógica, desarrollo tecnológico, investigación interdisciplinaria y formación ciudadana, contribuyendo a la construcción de un sistema educativo capaz de responder a los desafíos científicos y sociales del siglo XXI.

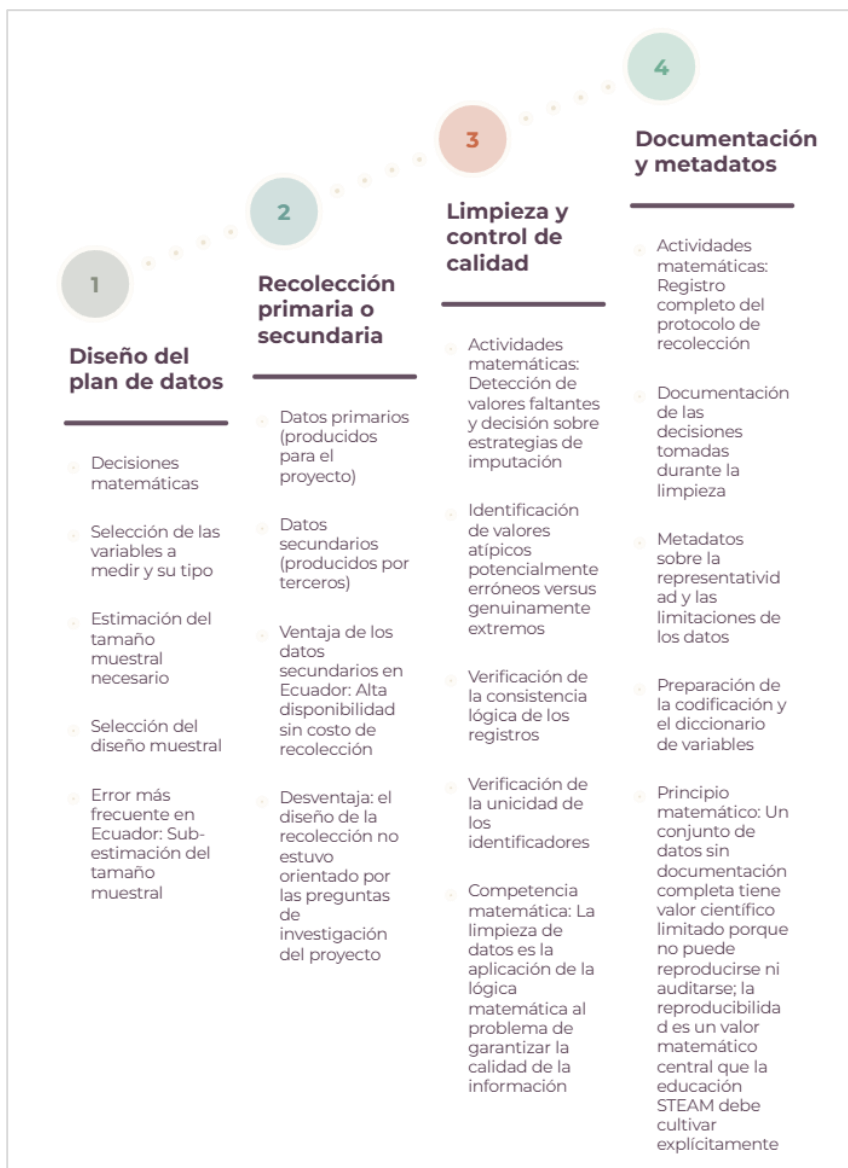
La ciencia de datos ha emergido en la última década como uno de los campos de aplicación del pensamiento matemático de mayor impacto social y económico, y como un espacio natural de convergencia interdisciplinaria que el enfoque STEAM puede y debe incorporar como uno de sus ejes centrales. La ciencia de datos aplica métodos estadísticos, algoritmos de aprendizaje automático y herramientas de visualización computacional a conjuntos de datos procedentes de cualquier dominio, desde la biología molecular hasta la sociología urbana, para producir comprensiones

y predicciones que de otro modo no serían alcanzables. Esta naturaleza fundamentalmente interdisciplinaria de la ciencia de datos la convierte en un campo STEAM por excelencia: requiere matemáticas (estadística, álgebra lineal, cálculo), tecnología (programación, bases de datos, visualización), ingeniería (diseño de sistemas de datos, pipelines), ciencia (comprensión del dominio del problema) y arte (visualización comunicativa, diseño de la experiencia de usuario de los productos de datos).

### 3.3.1. Recolección de Datos

La recolección de datos es la fase que pone en contacto a los estudiantes con la realidad empírica de los problemas que modelan, y que establece la conexión entre el pensamiento matemático abstracto y la materialidad del mundo que se desea comprender. En los proyectos STEAM de ciencia de datos, la recolección de datos no es simplemente el paso previo a los análisis interesantes: es en sí misma una actividad matemáticamente rica que involucra decisiones sobre el diseño muestral, la operacionalización de las variables, la construcción de los instrumentos de medición y la evaluación de las fuentes de error. La Figura 8 ilustra el proceso completo de recolección de datos en un proyecto STEAM de ciencia de datos con conexión al contexto ecuatoriano.

**Figura 8:** Proceso de recolección de datos en proyectos STEAM de ciencia de datos: componentes matemáticos, decisiones metodológicas y fuentes de datos ecuatorianas



**Nota.** Elaboración propia basada en el análisis del proceso de recolección de datos en proyectos STEAM de ciencia de datos y las fuentes de datos abiertas disponibles en Ecuador.

### 3.3.2. Interpretación Estadística

La interpretación estadística de los datos recolectados en proyectos STEAM es el proceso que transforma los números en comprensiones: la descripción de las distribuciones de las variables, la identificación de las relaciones entre ellas, la evaluación de la incertidumbre de las estimaciones y la comunicación de los hallazgos con la precisión y la honestidad epistémica que el rigor matemático exige. Esta interpretación es simultáneamente un proceso matemático (aplica técnicas estadísticas formales), científico (contextualiza los resultados numéricos en el marco de las teorías del dominio), tecnológico (usa herramientas computacionales para implementar los análisis) y comunicativo (traduce los hallazgos a lenguajes accesibles para distintas audiencias). Para el investigador en educación matemática ecuatoriana, la comprensión de qué dificultades específicas encuentran los estudiantes en el proceso de interpretación estadística y qué diseños instruccionales las reducen más efectivamente es una de las preguntas de investigación más urgentes y menos exploradas en el contexto del sistema educativo nacional.

### 3.3.3. Visualización de Información

La visualización de información es el campo que conecta la estadística matemática con el diseño visual y la comunicación: el arte y la ciencia de representar datos de manera que revelen patrones, tendencias y relaciones que los números solos no comunican con la misma eficacia. Una buena visualización de datos es simultáneamente matemáticamente precisa (representa fielmente las propiedades estadísticas de los datos que visualiza), perceptualmente efectiva (aprovecha las capacidades del sistema

visual humano para percibir diferencias de tamaño, color y posición) y comunicativamente honesta (no distorsiona la percepción de las magnitudes mediante manipulaciones del eje, de la escala o de la selección de los datos presentados). El enfoque STEAM con la ciencia de datos como eje tiene en la visualización uno de los campos más naturales de integración entre las matemáticas, la tecnología y el arte, y los proyectos que incluyen la producción de visualizaciones de alta calidad sobre datos ecuatorianos son especialmente ricos para el desarrollo simultáneo del pensamiento estadístico y la sensibilidad estética que el enfoque STEAM promueve.

#### 3.3.4. Predicción de Tendencias

La predicción de tendencias en los datos de los proyectos STEAM de ciencia de datos es el momento donde los estudiantes aplican los modelos estadísticos y de aprendizaje automático examinados en el capítulo anterior a problemas con consecuencias verificables en el mundo real. La predicción del rendimiento estudiantil a partir de datos de trayectorias educativas pasadas, la predicción de la demanda de servicios de salud en función de variables demográficas y epidemiológicas, la predicción de la producción agrícola en función de variables climáticas y de gestión del suelo son todas aplicaciones de predicción de tendencias que conectan las matemáticas con los problemas más urgentes del Ecuador. Para los investigadores en educación matemática, los proyectos de predicción de tendencias son valiosos tanto por el pensamiento matemático que activan como por los dilemas éticos que inevitablemente generan, sobre la responsabilidad del uso de las predicciones y las consecuencias de los errores, y que la educación STEAM tiene la responsabilidad de abordar explícitamente.

### 3.3.5. Comunicación de Resultados

La comunicación de resultados matemáticos y estadísticos a audiencias diversas es una de las competencias más demandadas del siglo XXI y una de las menos desarrolladas por la educación matemática convencional: la capacidad de traducir análisis cuantitativos complejos a narrativas comprensibles para personas sin formación estadística avanzada, sin sacrificar la precisión en el proceso. Esta competencia requiere tanto dominio matemático (para saber qué simplificaciones son aceptables y cuáles distorsionan los resultados de manera inaceptable) como competencia comunicativa y narrativa (para construir las explicaciones que conectan los resultados matemáticos con las experiencias y los marcos de referencia de las audiencias). Los proyectos STEAM de ciencia de datos son el contexto pedagógico ideal para el desarrollo de esta competencia de comunicación matemática, porque la audiencia real del proyecto, la comunidad, la institución o los tomadores de decisiones a los que se presentan los resultados, crea una presión auténtica de comunicabilidad que los ejercicios de aula raramente producen.

### 3.4. Pensamiento Matemático para la Innovación

El pensamiento matemático para la innovación puede definirse como la capacidad de utilizar conceptos, modelos y métodos matemáticos para generar nuevas formas de comprender la realidad y desarrollar soluciones que antes no eran posibles. A lo largo de la historia, las grandes transformaciones científicas y tecnológicas han estado estrechamente vinculadas al surgimiento de nuevas ideas matemáticas. El desarrollo del cálculo infinitesimal permitió la formulación de la mecánica clásica y la revolución científica moderna; la geometría no euclidiana abrió el

camino hacia la teoría de la relatividad; la teoría de la información hizo posible la computación digital y las telecomunicaciones contemporáneas; y los avances en estadística y optimización sustentan actualmente la inteligencia artificial y la ciencia de datos. Estos ejemplos evidencian que la innovación matemática no constituye un fenómeno aislado dentro de las matemáticas, sino una fuerza transformadora capaz de redefinir la ciencia, la tecnología y la sociedad.

La relación entre pensamiento matemático e innovación se fundamenta en la capacidad de las matemáticas para representar problemas complejos, identificar estructuras ocultas y generar modelos que permitan explorar soluciones alternativas. La abstracción matemática, lejos de alejarse de la realidad, proporciona herramientas para comprender fenómenos que no pueden observarse directamente y para anticipar comportamientos futuros mediante simulaciones y predicciones. El razonamiento matemático favorece, además, el desarrollo de competencias cognitivas asociadas con la creatividad, la resolución de problemas, la argumentación lógica y la toma de decisiones basada en evidencia, todas ellas indispensables para los procesos de innovación en contextos científicos, tecnológicos y organizacionales.

En el ámbito de las organizaciones y los proyectos aplicados, el pensamiento matemático impulsa innovaciones que, aunque menos visibles que las grandes revoluciones científicas, poseen un impacto significativo en la vida cotidiana. La optimización de procesos mediante programación lineal, el análisis de redes para comprender interacciones sociales o institucionales, la modelación predictiva para la toma de decisiones y el aprendizaje automático aplicado a problemas específicos son ejemplos de cómo las herramientas matemáticas permiten mejorar la

eficiencia, reducir costos, identificar oportunidades y diseñar estrategias más efectivas. Estas aplicaciones demuestran que la innovación matemática no se limita a la creación de nuevos conocimientos teóricos, sino que también se manifiesta en la capacidad de transformar prácticas y resolver problemas concretos.

En el contexto ecuatoriano, el desarrollo del pensamiento matemático orientado a la innovación representa una oportunidad estratégica para enfrentar desafíos nacionales relacionados con la educación, la producción, el ambiente, la salud y el desarrollo tecnológico. La optimización de sistemas agrícolas, el análisis de riesgos naturales, la gestión sostenible de recursos, la planificación urbana y la mejora de los procesos educativos son ámbitos donde las herramientas matemáticas pueden contribuir significativamente a la generación de soluciones innovadoras. La investigación en educación matemática tiene la responsabilidad de estudiar cómo formar estudiantes capaces de utilizar las matemáticas no solo para resolver ejercicios académicos, sino también para crear conocimiento y diseñar respuestas a problemas complejos de la realidad ecuatoriana.

La promoción del pensamiento matemático para la innovación exige una transformación profunda de las prácticas educativas tradicionales. La enseñanza centrada exclusivamente en la repetición de procedimientos y la aplicación rutinaria de algoritmos resulta insuficiente para desarrollar las capacidades requeridas en sociedades caracterizadas por el cambio acelerado y la complejidad creciente. En su lugar, es necesario promover experiencias de aprendizaje basadas en la investigación, la modelación, la experimentación y la resolución de problemas auténticos. Para la investigación en educación matemática en Ecuador, este desafío representa una oportunidad histórica para

contribuir a la formación de ciudadanos, profesionales e investigadores capaces de utilizar el pensamiento matemático como una herramienta de innovación, transformación social y construcción de un futuro más sostenible y equitativo.

La innovación basada en pensamiento matemático es el proceso mediante el cual nuevas comprensiones o nuevas herramientas matemáticas generan posibilidades que antes no existían: el descubrimiento del cálculo infinitesimal que hizo posible la física newtoniana, el desarrollo de la geometría no euclidiana que preparó el terreno para la relatividad general y el surgimiento de la teoría de la información que hizo posible la era digital son todos ejemplos históricos de cómo la innovación matemática produce innovación tecnológica y científica de escala transformadora. En el nivel de los proyectos educativos y de las organizaciones, el pensamiento matemático para la innovación opera de manera menos espectacular pero igualmente poderosa: el uso de la programación lineal para optimizar la cadena de suministro, la aplicación del análisis de redes para comprender la estructura de las comunidades educativas o el uso del aprendizaje automático para personalizar la instrucción son todos ejemplos de innovación impulsada por el pensamiento matemático en escenarios organizacionales concretos.

### **3.4.1. Diseño de Soluciones Tecnológicas**

El diseño de soluciones tecnológicas con base matemática es la aplicación más directa del pensamiento matemático a la innovación en el contexto del enfoque STEAM. Las soluciones tecnológicas de mayor impacto social son frecuentemente las que aprovechan propiedades matemáticas no evidentes para producir eficiencias o capacidades que los enfoques convencionales no

pueden lograr: el algoritmo PageRank que organiza la información del web explotó propiedades algebraicas de matrices estocásticas; el sistema de posicionamiento GPS aprovecha la teoría de la relatividad y la geometría esférica; y los sistemas de encriptación que protegen las comunicaciones digitales se basan en las propiedades de los números primos. Para los investigadores en educación matemática ecuatoriana, el diseño de soluciones tecnológicas con base matemática en el contexto de los problemas reales del país es tanto un objetivo pedagógico de alta relevancia como un proyecto de investigación-desarrollo con potencial de impacto real sobre la sociedad.

### 3.4.2. Creatividad Basada en Evidencia

La creatividad basada en evidencia matemática es la forma de innovación más característica del pensamiento matemático y la que más claramente lo distingue de la creatividad puramente artística o intuitiva: la generación de ideas nuevas no como producto de la imaginación libre sino como resultado de la exploración sistemática del espacio de posibilidades que las estructuras matemáticas ofrecen. El matemático que explora las propiedades de un objeto matemático sin un objetivo aplicado predeterminado está siendo creativo de una manera que es simultáneamente libre (no hay restricciones sobre qué propiedades explorar) y sistemática (la exploración sigue la lógica de la estructura matemática). El investigador en educación matemática que diseña situaciones donde los estudiantes exploran matemáticamente un problema abierto sin una solución predefinida está cultivando esta forma específica de creatividad, que es uno de los objetivos pedagógicos más ambiciosos y menos frecuentemente alcanzados de la educación matemática.

### 3.4.3. Resolución de Desafíos Globales

Los desafíos globales del siglo XXI, el cambio climático, la resistencia antimicrobiana, la desigualdad económica creciente, la crisis de la biodiversidad y la gobernanza de la IA, son todos desafíos que tienen componentes matemáticos centrales cuya comprensión es necesaria para cualquier solución genuinamente efectiva. Esta conexión entre los desafíos globales y las matemáticas no es una exageración retórica: las decisiones sobre la velocidad óptima de descarbonización de la economía requieren modelos matemáticos de la dinámica del carbono en la atmósfera; las estrategias para retrasar la resistencia antimicrobiana requieren modelos matemáticos de la evolución de la resistencia bajo distintas políticas de uso de antibióticos; y el diseño de sistemas de transferencia de recursos que reduzcan la desigualdad requiere modelos matemáticos de los efectos distributivos de distintas políticas fiscales. Para los investigadores en educación matemática ecuatoriana, la conexión entre los desafíos globales que el Ecuador comparte con el resto del mundo y los desafíos locales específicos del país es el punto de entrada más motivador para el desarrollo del pensamiento matemático orientado a la innovación.

### 3.4.4. Innovación Educativa STEAM

La innovación educativa en el enfoque STEAM en Ecuador requiere algo más que la adopción de proyectos desarrollados en otros contextos: requiere la co-creación de proyectos que sean matemáticamente rigurosos, contextualmente pertinentes al Ecuador y pedagógicamente efectivos para los estudiantes ecuatorianos con sus historias de aprendizaje, sus recursos y sus condiciones institucionales específicas. La Figura 9 ilustra el

modelo de innovación educativa STEAM centrado en el contexto ecuatoriano que este libro propone, con las matemáticas como eje articulador y la pertinencia local como criterio de calidad.

**Figura 9:** Modelo de innovación educativa STEAM centrado en el contexto ecuatoriano: ejes de diseño, criterios de calidad y condiciones de sostenibilidad



*Nota.* Elaboración propia basada en el modelo STEAM como enfoque innovador en Ecuador (SciELO Senescyt, 2025), STEAM modelo educativo para el aprendizaje inclusivo (LATAM, 2025) y el análisis de condiciones para la innovación educativa STEAM en el sistema educativo ecuatoriano.

### 3.4.5. Emprendimiento Basado en Datos

El emprendimiento basado en datos es una de las formas emergentes de innovación que la disponibilidad de grandes volúmenes de datos y de herramientas de análisis accesibles está haciendo posible incluso para organizaciones con recursos

limitados. En el Ecuador, donde los emprendimientos de base tecnológica son todavía escasos pero crecientes, la formación en emprendimiento basado en datos es una necesidad estratégica para la diversificación de la economía y para la reducción de la dependencia de los commodities primarios. La educación STEAM con las matemáticas como núcleo puede contribuir de manera directa a esta formación: los estudiantes que aprenden a analizar datos de mercado, a modelar la demanda de productos y servicios, a optimizar los precios y las cadenas de distribución y a evaluar la viabilidad financiera de los negocios emergentes están desarrollando simultáneamente pensamiento matemático avanzado y competencias de emprendimiento que el Ecuador del siglo XXI necesita urgentemente.

### **3.5. Nuevos Escenarios STEAM Impulsados por IA**

La convergencia entre el enfoque STEAM y la inteligencia artificial está dando origen a escenarios educativos que representan una transformación cualitativa de los procesos de enseñanza y aprendizaje. Estos nuevos entornos no consisten simplemente en la incorporación de herramientas digitales a prácticas pedagógicas tradicionales, sino en la creación de experiencias educativas que anteriormente eran imposibles o extremadamente difíciles de implementar. La capacidad de la inteligencia artificial para adaptar contenidos, generar simulaciones complejas, analizar grandes volúmenes de datos y proporcionar retroalimentación personalizada permite diseñar espacios de aprendizaje donde la exploración, la investigación y la construcción de conocimiento adquieren características sustancialmente diferentes a las de los modelos educativos convencionales.

Uno de los escenarios emergentes más relevantes es el desarrollo de laboratorios virtuales inteligentes, capaces de adaptar dinámicamente las actividades experimentales al nivel de comprensión, ritmo de aprendizaje e intereses de cada estudiante. En estos entornos, los estudiantes pueden explorar fenómenos físicos, biológicos, matemáticos o tecnológicos mediante simulaciones que responden a sus decisiones y modifican progresivamente el nivel de complejidad de los problemas planteados. La inteligencia artificial actúa como un sistema de acompañamiento que identifica dificultades conceptuales, propone nuevas estrategias de exploración y facilita la construcción de modelos matemáticos cada vez más sofisticados. Esta capacidad de personalización transforma la experiencia educativa en un proceso de investigación adaptativa y continua.

Otro escenario de gran potencial pedagógico está constituido por las simulaciones de sistemas complejos con comportamientos emergentes. La inteligencia artificial permite generar entornos donde los estudiantes interactúan con modelos dinámicos cuyos resultados no son completamente predecibles y cuya comprensión requiere el uso de herramientas matemáticas avanzadas. La propagación de epidemias, el comportamiento de ecosistemas, las dinámicas económicas, los sistemas climáticos o las redes sociales pueden ser explorados mediante simulaciones donde los estudiantes deben formular hipótesis, construir modelos, analizar datos y evaluar explicaciones alternativas. Estos escenarios favorecen el desarrollo del pensamiento matemático, científico y computacional de manera integrada y contextualizada.

Los sistemas de tutoría inteligente y las plataformas de ciencia ciudadana representan también una transformación significativa de las posibilidades educativas del enfoque STEAM. Los sistemas de tutoría basados en inteligencia artificial pueden

proporcionar orientación personalizada durante la resolución de problemas complejos, identificar errores conceptuales específicos y adaptar las estrategias de apoyo a las necesidades individuales de cada estudiante. Por su parte, las plataformas de ciencia ciudadana permiten que estudiantes y docentes participen en proyectos de investigación reales mediante la recolección, análisis e interpretación de datos relevantes para problemas científicos, ambientales o sociales. Estas experiencias contribuyen a reducir la distancia tradicional entre la educación formal y la producción de conocimiento científico.

En el contexto ecuatoriano, los nuevos escenarios STEAM impulsados por inteligencia artificial representan una oportunidad estratégica para fortalecer la innovación educativa, la investigación interdisciplinaria y la formación de competencias para el siglo XXI. La biodiversidad, los riesgos naturales, los sistemas productivos, los problemas ambientales y las transformaciones sociales del país ofrecen contextos particularmente ricos para el desarrollo de proyectos educativos basados en simulación, modelación y análisis de datos. La investigación en educación matemática tiene la responsabilidad de estudiar cómo estos nuevos escenarios influyen en el aprendizaje, qué condiciones institucionales favorecen su implementación y de qué manera pueden contribuir a la construcción de un sistema educativo más equitativo, pertinente e innovador. La integración entre STEAM e inteligencia artificial no constituye simplemente una evolución tecnológica de la educación, sino la posibilidad de construir nuevas formas de aprender, investigar y comprender la realidad.

La convergencia entre el enfoque STEAM y la inteligencia artificial está generando escenarios educativos genuinamente nuevos que ninguno de los dos campos por separado podría producir: laboratorios virtuales donde la IA adapta los experimentos

al nivel de comprensión de cada estudiante; simulaciones que generan comportamientos emergentes imprevisibles que los estudiantes deben analizar matemáticamente; sistemas de tutoría inteligente que guían la exploración matemática de fenómenos STEAM complejos; y plataformas de ciencia ciudadana donde los estudiantes contribuyen a proyectos de investigación real con sus propios análisis de datos. Estos nuevos escenarios no son simplemente versiones digitalizadas de las experiencias STEAM convencionales: son experiencias pedagógicas cualitativamente distintas que aprovechan las capacidades específicas de la IA para producir aprendizajes que los entornos convencionales no pueden generar.

### 3.5.1. Laboratorios Inteligentes

Los laboratorios inteligentes son entornos de aprendizaje que combinan instrumentación física con sistemas de IA que analizan los datos generados en tiempo real, proporcionan retroalimentación adaptada al proceso de exploración del estudiante y generan sugerencias que orientan la investigación sin revelar directamente las conclusiones. En el contexto del Ecuador, donde los laboratorios físicos de las instituciones educativas frecuentemente tienen equipamiento limitado, los laboratorios inteligentes que combinan sensores de bajo costo con herramientas de análisis de datos accesibles tienen el potencial de proporcionar experiencias de investigación experimental de alta calidad con inversiones mucho más modestas que las que requieren los laboratorios convencionales bien equipados. La investigación en educación matemática y STEAM ecuatoriana debe examinar qué tipos de laboratorios inteligentes son más factibles y más pedagógicamente efectivos en las condiciones del sistema educativo del país.

### 3.5.2. Simulaciones Avanzadas

Las simulaciones avanzadas impulsadas por IA van más allá de las simulaciones deterministas convencionales para producir comportamientos emergentes que los estudiantes deben analizar matemáticamente sin conocer de antemano la respuesta: la IA genera variantes del fenómeno simulado que el estudiante no ha visto antes, produce perturbaciones inesperadas que requieren que el modelo matemático se revise y genera escenarios contrafactuales que permiten explorar cómo cambiaría el fenómeno si los parámetros fueran distintos. La Tabla 14 examina los principales tipos de ecosistemas STEAM con simulaciones avanzadas, con análisis de las tecnologías matemáticas integradas y las condiciones de implementación en Ecuador.

**Tabla 14:** Ecosistemas STEAM con IA y simulaciones avanzadas: tecnologías matemáticas integradas y condiciones de implementación en Ecuador

<b>Ecosistema STEAM con IA</b>	<b>Tecnologías matemáticas integradas</b>	<b>Condiciones y líneas de investigación en Ecuador</b>
Laboratorio virtual con tutoría inteligente	Entornos matemáticos interactivos y sistemas adaptativos basados en TRI.	Investigar su impacto en el aprendizaje y las condiciones de implementación docente.
Plataforma de modelación matemática colaborativa	Modelación asistida por IA y análisis del proceso de construcción del conocimiento.	Desarrollar investigaciones en diseño instruccional y software educativo contextualizado.
Sistema de analítica de aprendizaje en tiempo real	Analítica educativa, modelos diagnósticos y seguimiento del desempeño.	Diseñar soluciones viables para contextos educativos ecuatorianos con recursos limitados.

*Nota.* Elaboración propia basada en Núñez et al. (2025), el uso de modelos de IA en la enseñanza de matemáticas (Reincisol, 2024) y el análisis de los nuevos escenarios STEAM con IA en el contexto educativo ecuatoriano.

### 3.5.3. Ecosistemas de Aprendizaje Adaptativo

Los ecosistemas de aprendizaje adaptativo para el enfoque STEAM son entornos digitales integrados donde múltiples herramientas, simuladores, plataformas de ejercicios, repositorios de datos y sistemas de tutoría, están conectados por un sistema de IA que coordina la experiencia de aprendizaje de cada estudiante en función de su perfil de conocimiento actualizado. A diferencia de las plataformas adaptativas para asignaturas aisladas, los ecosistemas STEAM adaptativos tienen el desafío adicional de coordinar el aprendizaje a través de múltiples disciplinas, garantizando que el avance en la comprensión matemática vaya acompañado del avance en la comprensión científica, tecnológica y artística que los proyectos STEAM requieren. Este desafío de coordinación interdisciplinaria es un problema de investigación abierto en el campo de la tecnología educativa que los investigadores ecuatorianos en educación matemática pueden abordar desde la perspectiva de las matemáticas como núcleo integrador.

### 3.5.4. Proyectos Interdisciplinarios Automatizados

Los proyectos interdisciplinarios automatizados son aquellos donde la IA asiste de manera significativa en la gestión del proyecto, proporcionando andamiaje para las fases más complejas, generando datos o escenarios para el análisis, evaluando de manera formativa el progreso del grupo y adaptando las exigencias del proyecto al nivel y la velocidad de avance de cada equipo. La Tabla 15 examina los principales tipos de proyectos interdisciplinarios con componente de IA en el contexto del enfoque STEAM, con análisis de los componentes matemáticos centrales y de los diseños de investigación más apropiados para evaluarlos en el Ecuador.

**Tabla 15:** Proyectos interdisciplinarios STEAM con componente de IA: componentes matemáticos, herramientas y diseños de investigación para el Ecuador

Proyecto interdisciplinario	Componente matemático y herramientas de IA	Diseño de investigación recomendado para Ecuador
Monitoreo ambiental con sensores	Análisis de series temporales, estadística y detección de anomalías con IA.	Estudios comparativos entre contextos urbanos y rurales y evaluación del pensamiento estadístico.
Diseño con impresión 3D y geometría computacional	Geometría analítica, optimización y diseño asistido por IA.	Evaluar el impacto en el desarrollo del razonamiento geométrico espacial.
Análisis de datos socioeconómicos	Estadística, minería de datos, visualización y aprendizaje automático.	Investigar la relación entre contexto social, motivación y aprendizaje matemático.

*Nota.* Elaboración propia basada en el modelo STEAM en Ecuador (Sielo Senescyt, 2025), la aplicación del enfoque STEAM en matemáticas (Alcon, 2025) y STEAM para el aprendizaje inclusivo (LATAM, 2025).

### 3.5.5. Aprendizaje Basado en Inteligencia Aumentada

El aprendizaje basado en inteligencia aumentada es el paradigma pedagógico que este capítulo propone como síntesis del enfoque STEAM reconfigurado desde las matemáticas en la era de la IA: no el aprendizaje donde la IA reemplaza al estudiante en las tareas cognitivas sino el aprendizaje donde la IA amplifica las capacidades matemáticas del estudiante, permitiéndole abordar problemas más complejos de lo que podría sin ese apoyo, y construyendo en el proceso una comprensión matemática más

profunda que la que produciría la resolución de problemas de menor escala con métodos convencionales. El estudiante ecuatoriano que usa sistemas de IA para construir modelos matemáticos de la deforestación amazónica que serían inaccesibles sin las herramientas computacionales que la IA facilita, y que en el proceso comprende más profundamente los modelos de crecimiento y decrecimiento que el currículo matemático establece, está experimentando el aprendizaje basado en inteligencia aumentada en su forma más genuina y más pedagógicamente potente.



La reconfiguración del enfoque STEAM desde las matemáticas que este capítulo ha propuesto es un proyecto pedagógico que requiere transformaciones simultáneas en múltiples niveles: en el diseño de los proyectos, que debe garantizar la emergencia genuina de las matemáticas desde las necesidades del problema y no su imposición artificial; en la formación de los docentes, que deben desarrollar tanto la comprensión de las conexiones interdisciplinarias como las competencias pedagógicas para facilitar el trabajo en proyectos complejos; en la cultura institucional de las escuelas y universidades, que debe crear el tiempo y el espacio para la colaboración interdisciplinaria sostenida; y en los marcos de evaluación del sistema educativo, que debe reconocer los aprendizajes matemáticos que los proyectos STEAM producen aunque se manifiesten de maneras distintas a las que los sistemas convencionales de evaluación capturan.

La investigación en educación matemática ecuatoriana que aborda estas transformaciones simultáneas, que examina cuáles son más urgentes y más factibles en las condiciones específicas del sistema educativo del país, que documenta los proyectos STEAM que funcionan y comprende por qué funcionan, y que produce la evidencia necesaria para orientar la política educativa hacia las inversiones de mayor retorno pedagógico, está realizando la contribución más valiosa que el campo puede hacer al futuro de la educación matemática del Ecuador.



# CAPÍTULO 4

Estrategias para Potenciar el  
Pensamiento Matemático  
Avanzado

## CAPÍTULO IV

### Estrategias para Potenciar el Pensamiento Matemático Avanzado

La investigación en educación matemática ha acumulado en las últimas décadas una evidencia robusta sobre qué tipos de estrategias pedagógicas producen el pensamiento matemático de mayor calidad y profundidad: no la repetición de procedimientos algorítmicos sino la construcción activa de comprensiones mediante la exploración de problemas genuinamente desafiantes; no la recepción pasiva de explicaciones del docente sino la argumentación colectiva sobre soluciones alternativas; no la aplicación de fórmulas memorizadas sino el desarrollo de la capacidad de seleccionar, adaptar y crear las herramientas matemáticas que cada problema específico requiere. Sin embargo, la brecha entre esta evidencia investigativa y la práctica pedagógica cotidiana en las aulas ecuatorianas es considerable: las metodologías convencionales de enseñanza por demostración y práctica siguen dominando en la mayoría de las instituciones, y las innovaciones que la investigación recomienda enfrentan resistencias culturales, institucionales y formativas que no desaparecen simplemente por la disponibilidad de evidencia empírica sobre su mayor efectividad.

Ponce Salas (2026), en su estudio sobre estrategias didácticas centradas en el razonamiento lógico-matemático y su impacto en estudiantes universitarios ecuatorianos, documenta que el fortalecimiento del razonamiento lógico-matemático se posiciona como un eje fundamental en la educación superior en respuesta a las crecientes exigencias académicas vinculadas a la resolución de problemas complejos en ámbitos científicos,

tecnológicos y profesionales; y que la calidad del aprendizaje matemático depende no solo del contenido sino de los enfoques pedagógicos y la mediación didáctica. Esta conclusión, confirmada por la revisión sistemática sobre estrategias para el razonamiento lógico-matemático en la EGB ecuatoriana (Sage Sphere, 2025), que documenta que las dificultades en el aprendizaje de la matemática en el contexto ecuatoriano se relacionan con prácticas pedagógicas tradicionales, escasa contextualización de los contenidos y limitada incorporación de metodologías activas, define el problema central que este capítulo aborda: qué estrategias específicas pueden potenciar el pensamiento matemático avanzado en las condiciones del sistema educativo ecuatoriano, con sus recursos, sus restricciones y sus particularidades culturales y contextuales.

El capítulo se organiza en cinco ejes estratégicos que construyen un argumento acumulativo: el diseño de experiencias centradas en problemas complejos como punto de partida para la activación del pensamiento matemático avanzado; la matemática experimental y la simulación como metodologías que conectan la exploración empírica con el rigor formal; el razonamiento basado en datos como dimensión emergente del pensamiento matemático que la era de la IA hace ineludible; el desarrollo de la argumentación matemática como competencia síntesis del pensamiento avanzado; y la evaluación del pensamiento matemático complejo como problema de investigación con alta relevancia pedagógica y política en el Ecuador contemporáneo.

Cosquillo et al. (2025), en su revisión sobre innovación didáctica con TIC en el aprendizaje de matemáticas para el desarrollo del pensamiento lógico y la resolución de problemas, documentan que las estrategias interactivas apoyadas en recursos digitales producen mejoras significativas en el pensamiento

matemático cuando se diseñan con criterios pedagógicos claros y no simplemente como digitalización de los métodos convencionales. Esta distinción entre la innovación auténtica y la digitalización cosmética de las prácticas tradicionales es el criterio de calidad que debe orientar el diseño e implementación de las estrategias que este capítulo examina.

#### **4.1. Diseño de Experiencias Centradas en Problemas Complejos**

El diseño de experiencias de aprendizaje centradas en problemas complejos constituye una de las estrategias pedagógicas que mayor evidencia empírica ha acumulado en favor del desarrollo del pensamiento matemático avanzado. Diversas investigaciones internacionales han demostrado que los estudiantes que participan en entornos educativos organizados alrededor de la resolución de problemas auténticos desarrollan competencias superiores en razonamiento, modelación, argumentación y transferencia del conocimiento. Esta orientación pedagógica contrasta significativamente con los modelos tradicionales de enseñanza, caracterizados por la transmisión secuencial de contenidos y la aplicación repetitiva de procedimientos previamente establecidos. En el contexto ecuatoriano, donde predominan prácticas educativas centradas en la reproducción de algoritmos y la preparación para evaluaciones estandarizadas, la incorporación de experiencias basadas en problemas complejos representa un desafío pedagógico y cultural de gran magnitud.

La investigación educativa contemporánea ha demostrado que la resolución de problemas produce mejoras significativas en el aprendizaje matemático únicamente cuando se implementa

como un enfoque pedagógico estructurador y no como una actividad complementaria o esporádica. Los estudios sintetizados en la literatura reciente evidencian que los estudiantes que trabajan sistemáticamente con problemas abiertos, contextualizados y cognitivamente desafiantes desarrollan una comprensión conceptual más profunda, fortalecen su capacidad de establecer relaciones entre conceptos y mejoran significativamente su habilidad para transferir conocimientos a situaciones nuevas y no familiares. Asimismo, estos estudiantes muestran niveles superiores de metacognición, creatividad matemática y autonomía intelectual en comparación con aquellos que participan predominantemente en metodologías basadas en la instrucción directa y la práctica rutinaria.

El diseño de experiencias centradas en problemas complejos implica una transformación sustancial del papel de las matemáticas en el aula. En lugar de presentar los conceptos matemáticos como conocimientos acabados que deben ser aprendidos y aplicados, esta perspectiva los concibe como herramientas intelectuales que emergen de la necesidad de comprender y resolver problemas significativos. Los estudiantes deben formular hipótesis, construir modelos, seleccionar estrategias, evaluar resultados y justificar sus decisiones mediante argumentos matemáticos rigurosos. Este proceso favorece el desarrollo del pensamiento relacional y de la capacidad para operar en contextos caracterizados por la incertidumbre, la ambigüedad y la complejidad, competencias que resultan esenciales en las sociedades contemporáneas.

En el contexto educativo ecuatoriano, la implementación de experiencias de aprendizaje centradas en problemas complejos plantea interrogantes de alta relevancia para la investigación en educación matemática. Es necesario investigar qué tipos de

problemas resultan más pertinentes para estudiantes con trayectorias educativas diversas, qué competencias profesionales requieren los docentes para facilitar procesos de aprendizaje basados en la investigación y la modelación, y qué condiciones institucionales favorecen la sostenibilidad de estas prácticas pedagógicas. Problemas relacionados con la gestión ambiental, la planificación territorial, la movilidad humana, la salud pública, la sostenibilidad energética o la preservación del patrimonio cultural ecuatoriano ofrecen contextos particularmente ricos para el diseño de experiencias matemáticas auténticas y socialmente relevantes.

La consolidación de una educación matemática basada en problemas complejos requiere, por tanto, un esfuerzo coordinado de investigación, innovación pedagógica y transformación institucional. No se trata únicamente de modificar actividades de aula, sino de replantear las finalidades de la enseñanza matemática y de reconocer que el desarrollo del pensamiento avanzado exige contextos de aprendizaje donde los estudiantes puedan enfrentarse a problemas genuinos, construir conocimiento de manera activa y experimentar las matemáticas como una herramienta para comprender y transformar la realidad. Para la investigación en educación matemática en Ecuador, este desafío representa una oportunidad estratégica para contribuir a la construcción de un sistema educativo más pertinente, reflexivo y capaz de formar ciudadanos preparados para enfrentar la complejidad del siglo XXI.

El diseño de experiencias de aprendizaje centradas en problemas complejos es la estrategia pedagógica que más consistentemente ha producido ganancias en el pensamiento matemático avanzado en la investigación educativa internacional, y la que más radicalmente contrasta con las prácticas pedagógicas dominantes en el sistema educativo ecuatoriano. La estrategia

basada en resolución de problemas produce mejoras significativas en el aprendizaje matemático solo cuando se implementa como un enfoque pedagógico estructurado y no como una actividad aislada o complementaria, y que los estudiantes que participan en clases organizadas en torno a la resolución de problemas muestran mayor desarrollo del pensamiento relacional, mejor comprensión conceptual y mayor capacidad de transferir conocimientos a situaciones nuevas, en comparación con aquellos expuestos a metodologías tradicionales centradas en la instrucción directa (Revista Ogma, 2025). Para el investigador en educación matemática ecuatoriana, esta evidencia plantea preguntas específicas sobre las condiciones que hacen posible implementar la resolución de problemas como enfoque estructurador en el contexto de las instituciones educativas nacionales: qué formación requieren los docentes, qué diseños de problemas son más apropiados para los estudiantes ecuatorianos con sus historias de aprendizaje previas y qué apoyos institucionales son necesarios para sostener este enfoque más allá de las experiencias piloto.

#### 4.1.1. Problemas Auténticos

Los problemas auténticos son aquellos que, como su nombre indica, tienen existencia fuera del aula: son problemas reales que personas reales necesitan resolver y cuya solución tiene consecuencias verificables sobre el mundo. En el contexto de la educación matemática, la autenticidad de un problema no reside simplemente en que esté formulado con datos de la realidad sino en que el proceso de resolución matemática sea genuinamente necesario para avanzar hacia una comprensión o una decisión de alta relevancia para el resolutor o para su comunidad. La Tabla 16 examina cuatro categorías de problemas auténticos para el

pensamiento matemático avanzado, con análisis de sus características matemáticas y ejemplos contextualizados Ecuador.

**Tabla 16:** Categorías de problemas auténticos para el pensamiento matemático avanzado: características matemáticas y ejemplos para el contexto ecuatoriano

<b>Categoría de problema auténtico</b>	<b>Características matemáticas</b>	<b>Ejemplo contextualizado para el Ecuador</b>
Modelación de fenómenos naturales	Construcción y validación de modelos matemáticos con datos reales e incertidumbre.	Modelación de la dispersión de ceniza del volcán Cotopaxi.
Optimización multiobjetivo	Optimización simultánea de objetivos en conflicto mediante análisis de Pareto.	Diseño de sistemas de distribución de agua en comunidades rurales.
Inferencia causal con datos observacionales	Análisis causal y control de variables de confusión.	Evaluación del impacto de la alimentación escolar en el rendimiento matemático.
Diseño de sistemas de IA educativa	Desarrollo de modelos adaptativos y evaluación psicométrica.	Diseño de sistemas de evaluación diagnóstica adaptativa para matemáticas universitarias.

*Nota.* Elaboración propia basada en Ponce Salas (2026), Cosquillo et al. (2025), la estrategia basada en resolución de problemas (Ogma, 2025) y el análisis de problemas auténticos en el contexto ecuatoriano.

Los problemas auténticos sistematizados en la Tabla 16 comparten una característica que los distingue fundamentalmente de los ejercicios de manual: su resolución requiere tomar decisiones de modelación que no tienen respuesta única correcta, manejar datos reales con sus imperfecciones y limitaciones, articular el razonamiento matemático con el conocimiento del

dominio y comunicar los resultados y sus incertidumbres a audiencias que tienen algo en juego en la solución. Estas características producen el tipo de compromiso cognitivo que la investigación identifica como condición del aprendizaje matemático profundo, pero también generan la incertidumbre y la ambigüedad que los estudiantes habituados a los problemas de manual frecuentemente experimentan como frustración y abandono. El investigador ecuatoriano en educación matemática que trabaja con problemas auténticos debe diseñar cuidadosamente el andamiaje que proporciona a los estudiantes para que la incertidumbre sea productiva y no paralizante: suficiente apoyo para que puedan avanzar, insuficiente como para que dejen de necesitar pensar por sí mismos.

#### 4.1.2. Desafíos Multidimensionales

Los desafíos multidimensionales son problemas que requieren simultáneamente múltiples dimensiones del pensamiento matemático: no solo cálculo o solo geometría o solo estadística, sino la articulación integrada de varias áreas matemáticas en la construcción de una comprensión o una solución coherente. Esta multidimensionalidad es precisamente la característica que hace a estos desafíos más representativos de los problemas matemáticos de la vida real que los ejercicios unidimensionales de los libros de texto: en la realidad, los problemas no vienen etiquetados con la técnica que se debe aplicar. El diseño de desafíos multidimensionales para el sistema educativo ecuatoriano requiere que el investigador en educación matemática tenga una comprensión amplia de las conexiones entre distintas áreas del currículo matemático y la capacidad de identificar los problemas del contexto local que activan esas conexiones de manera genuina y pedagógicamente productiva.

### 4.1.3. Análisis de Escenarios

El análisis de escenarios es una estrategia de pensamiento matemático que consiste en examinar sistemáticamente cómo cambia la solución de un problema cuando los parámetros o las condiciones del problema varían: qué pasa si la demanda aumenta un 20%, qué pasa si el presupuesto se reduce a la mitad, qué pasa si el modelo subestimó la tasa de crecimiento. Este análisis de sensibilidad y de escenarios alternativos es una de las competencias más valiosas del pensamiento matemático aplicado porque produce comprensión de la robustez de las soluciones ante la incertidumbre inevitable de los parámetros del modelo, y porque convierte el modelo matemático de una predicción puntual en una herramienta de exploración de posibilidades. Para la investigación en educación matemática ecuatoriana, el análisis de escenarios es especialmente relevante en el contexto del cambio climático, la volatilidad de los precios de los commodities y la incertidumbre sobre las trayectorias de desarrollo del país: los problemas matemáticos que incorporan este análisis conectan el pensamiento matemático formal con la comprensión de la complejidad e incertidumbre que caracteriza al Ecuador del siglo XXI.

### 4.1.4. Pensamiento Estratégico

El pensamiento estratégico matemático, la capacidad de planificar con antelación la ruta de resolución de un problema complejo antes de ejecutarla, de identificar los subproblemas que componen el problema principal y de gestionar los recursos cognitivos para abordarlos de manera eficiente, es una forma de metacognición matemática de alto nivel que la enseñanza convencional raramente desarrolla explícitamente. Mientras que

los ejercicios de manual pueden resolverse tácticamente, respondiendo localmente a cada paso sin una visión global de la solución, los problemas auténticos complejos requieren un nivel de planificación estratégica que debe cultivarse de manera intencional. La enseñanza explícita de las estrategias de planificación para la resolución de problemas complejos, combinada con la práctica regular en problemas que genuinamente requieren esa planificación, es una de las intervenciones pedagógicas con mayor evidencia de efectividad en la investigación internacional pero con menor presencia en la práctica docente ecuatoriana convencional.

#### 4.1.5. Soluciones Fundamentadas

Las soluciones fundamentadas son aquellas que van más allá de la respuesta correcta para incluir la justificación matemática de que la respuesta es correcta, la evaluación de si el método usado es el más eficiente disponible, la identificación de las limitaciones del modelo en el que la solución se basa y la comunicación de las incertidumbres residuales que el análisis no puede eliminar. Esta exigencia de fundamentación es lo que distingue el pensamiento matemático riguroso de la aplicación mecánica de procedimientos: el matemático que solo produce la respuesta sin entender por qué es correcta y bajo qué condiciones dejaría de serlo es un matemático técnicamente habilidoso pero epistemológicamente superficial. Para el sistema educativo ecuatoriano, el desarrollo de la capacidad de producir soluciones fundamentadas es una de las transformaciones pedagógicas más urgentes y más difíciles: requiere que los docentes valoren y evalúen los procesos de justificación tanto como los resultados finales, lo que exige a su vez docentes con una comprensión matemática profunda que les permita evaluar la calidad de los argumentos de sus estudiantes.

## 4.2. Matemática Experimental y Simulación

La matemática experimental, entendida como la práctica de explorar objetos, relaciones y conjeturas matemáticas mediante procesos de experimentación computacional antes de proceder a su formalización y demostración analítica, ha adquirido una creciente legitimidad dentro de la investigación matemática contemporánea. El desarrollo de sistemas de álgebra computacional, plataformas de visualización dinámica y herramientas de simulación ha permitido a los investigadores explorar patrones, formular hipótesis y descubrir regularidades que posteriormente pueden ser sometidas a procesos rigurosos de demostración. Esta evolución ha transformado la percepción tradicional de la actividad matemática, mostrando que el descubrimiento, la experimentación y la intuición desempeñan un papel mucho más relevante en la producción del conocimiento matemático de lo que históricamente se reconocía en los enfoques educativos convencionales.

Desde la perspectiva de la educación matemática, la matemática experimental ofrece una oportunidad excepcional para aproximar las prácticas de aprendizaje a las prácticas reales de investigación matemática. En lugar de presentar las matemáticas como un cuerpo de conocimientos completamente estructurado y acabado, la experimentación permite a los estudiantes interactuar directamente con objetos matemáticos, observar regularidades, formular preguntas y construir explicaciones preliminares basadas en evidencia empírica. Este proceso favorece el desarrollo de la intuición matemática, entendida como la capacidad de identificar patrones, anticipar comportamientos y construir representaciones mentales significativas antes de acceder a la formalización rigurosa de los conceptos.

La incorporación de la matemática experimental implica una transformación profunda de la secuencia pedagógica tradicional. Mientras los enfoques convencionales suelen organizar el aprendizaje a partir de la secuencia definición-teorema-demostración-ejercicio, la matemática experimental propone una secuencia más cercana a la práctica científica auténtica: exploración-conjetura-justificación-formalización. En este modelo, los estudiantes comienzan investigando fenómenos matemáticos mediante herramientas computacionales, identifican regularidades, formulan hipótesis explicativas y, posteriormente, avanzan hacia la construcción de argumentos y demostraciones formales. Esta reorganización del proceso de aprendizaje no constituye simplemente una variación metodológica, sino una transformación epistemológica que modifica la relación entre el estudiante y el conocimiento matemático.

En el contexto ecuatoriano, la matemática experimental presenta un potencial particularmente significativo para fortalecer la enseñanza y la investigación en matemáticas. El acceso creciente a herramientas gratuitas y de código abierto, como GeoGebra, Python, SageMath y diversos sistemas de cálculo simbólico, permite desarrollar experiencias de aprendizaje basadas en la exploración sin requerir infraestructuras tecnológicas altamente especializadas. Asimismo, la posibilidad de aplicar métodos experimentales al estudio de problemas relacionados con fenómenos ambientales, sociales y tecnológicos del Ecuador favorece la contextualización del aprendizaje y el desarrollo de competencias investigativas. La investigación en educación matemática tiene la oportunidad de analizar cómo estas estrategias contribuyen al desarrollo del razonamiento, la creatividad y la comprensión conceptual en estudiantes de distintos niveles educativos.

La matemática experimental representa, en consecuencia, una de las vías más prometedoras para promover formas más profundas, auténticas y significativas de aprendizaje matemático. Al desplazar el énfasis desde la reproducción de procedimientos hacia la exploración, la formulación de conjeturas y la construcción de explicaciones, esta perspectiva favorece el desarrollo de estudiantes capaces de pensar matemáticamente de manera autónoma y creativa. Para la investigación en educación matemática en Ecuador, la consolidación de enfoques experimentales constituye una oportunidad estratégica para aproximar la enseñanza a las prácticas reales de producción del conocimiento, fortaleciendo simultáneamente la formación científica, la innovación pedagógica y la capacidad de los estudiantes para comprender y transformar la realidad mediante el pensamiento matemático.

La matemática experimental, concebida como la práctica de explorar conjeturas matemáticas mediante la experimentación computacional antes de intentar demostrarlas analíticamente, es una metodología que ha ganado legitimidad creciente en la investigación matemática profesional con el desarrollo de los sistemas de álgebra computacional y las plataformas de exploración interactiva. Para la educación matemática, la matemática experimental ofrece la posibilidad de que los estudiantes desarrollen intuición matemática genuina mediante la exploración directa de objetos matemáticos antes de enfrentarse al formalismo que los describe, reemplazando la secuencia convencional definición-teorema-demostración-ejercicio por la secuencia más epistemológicamente auténtica exploración-conjetura-justificación-formalización. Esta reversión de la secuencia pedagógica no es simplemente una variación didáctica:

es un cambio fundamental en el tipo de relación que el estudiante construye con el conocimiento matemático, pasando de la recepción pasiva de resultados establecidos a la construcción activa de comprensiones mediante la exploración y el descubrimiento guiado.

### 4.2.1. Exploración mediante Simuladores

Los simuladores matemáticos son herramientas digitales que permiten a los estudiantes explorar el comportamiento de objetos matemáticos (funciones, sistemas dinámicos, distribuciones probabilísticas, geometrías) de manera visual e interactiva, modificando los parámetros y observando inmediatamente cómo cambian las representaciones gráficas y numéricas. GeoGebra, Desmos y Wolfram Alpha son los simuladores matemáticos de mayor uso en el contexto educativo por su accesibilidad, su potencia pedagógica y su disponibilidad gratuita en línea. Estos simuladores no son simplemente calculadoras gráficas más sofisticadas: son entornos de exploración que permiten al estudiante formular preguntas sobre el comportamiento de los objetos matemáticos y obtener respuestas visuales y numéricas inmediatas, creando el ciclo de exploración-hipótesis-verificación que caracteriza el pensamiento matemático genuinamente investigador. Para el contexto ecuatoriano, donde muchas instituciones educativas tienen acceso limitado a recursos tecnológicos, los simuladores accesibles desde dispositivos móviles con conexión de datos tienen especial relevancia porque pueden usarse incluso en contextos de infraestructura tecnológica modesta.

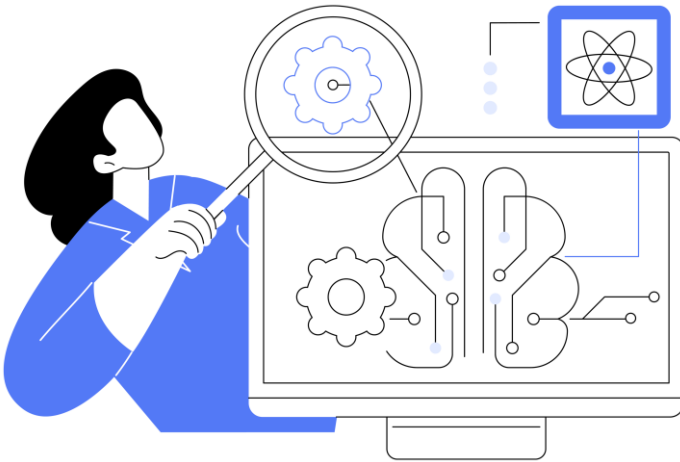
### 4.2.2. Validación de Hipótesis

La validación de hipótesis matemáticas mediante experimentación computacional es el proceso mediante el cual los estudiantes comprueban empíricamente si sus conjeturas sobre el comportamiento de los objetos matemáticos son correctas antes de intentar demostrarlas formalmente. Este proceso tiene una estructura epistemológica precisa que la investigación en educación matemática ha documentado extensamente: el estudiante observa un patrón en los casos particulares generados por el simulador, formula una conjetura general sobre ese patrón, la comprueba en nuevos casos para evaluar su plausibilidad, identifica los casos límite donde la conjetura falla o se mantiene en formas inesperadas y, finalmente, intenta construir un argumento que explique por qué la conjetura es verdadera más allá de los casos verificados. Este proceso de construcción de comprensión desde la experiencia hacia la abstracción es radicalmente distinto de la secuencia convencional que presenta primero la abstracción y luego los ejemplos, y produce comprensiones más robustas y más transferibles porque emergen del propio proceso de investigación del estudiante.

### 4.2.3. Experimentación Digital

La experimentación digital en matemáticas va más allá del uso de simuladores para incluir la implementación computacional de algoritmos matemáticos, la generación y el análisis de datos mediante programación y la exploración de propiedades matemáticas mediante el cómputo sistemático de casos. Para los estudiantes universitarios ecuatorianos de matemáticas, ingeniería y ciencias, la capacidad de implementar algoritmos matemáticos en Python o R y de usar esas implementaciones para explorar el

comportamiento de los algoritmos bajo distintas condiciones es una competencia de alta relevancia tanto para la comprensión matemática como para el desempeño profesional. La investigación en educación matemática ecuatoriana debe examinar qué secuencias de instrucción producen más efectivamente la integración del pensamiento matemático con el pensamiento computacional que la experimentación digital requiere, y qué tipos de problemas son más adecuados para que los estudiantes ecuatorianos de distintos niveles y perfiles desarrollen esta integración.



#### 4.2.4. Interpretación de Resultados

La interpretación de los resultados de la experimentación matemática es la fase que convierte los datos producidos por la computación en comprensión matemática: la capacidad de leer los

resultados numéricos o gráficos de un simulador o de un programa y de extraer de ellos comprensiones sobre las propiedades del objeto matemático explorado. Esta interpretación requiere simultáneamente competencias matemáticas (conocimiento del dominio que permite saber qué buscar en los resultados) y competencias estadísticas (capacidad de distinguir patrones genuinos de fluctuaciones aleatorias en los datos generados). Para la investigación en educación matemática ecuatoriana, la comprensión de los procesos cognitivos mediante los cuales los estudiantes construyen interpretaciones a partir de los resultados de la experimentación digital es un campo de investigación emergente con alta relevancia práctica: los docentes que comprenden estos procesos pueden diseñar actividades de experimentación con mayor efectividad y pueden andamiar la interpretación de los estudiantes de manera más precisa y más productiva.

#### 4.2.5. Construcción de Modelos Propios

La construcción de modelos matemáticos propios es el nivel más alto de la matemática experimental: no solo explorar modelos proporcionados por el docente sino construir desde cero la representación matemática de un fenómeno de interés. Este proceso integra todas las fases del ciclo de modelación examinadas en el capítulo anterior (definición del problema, construcción del modelo, simulación, validación, comunicación) y produce el tipo de aprendizaje más profundo y más duradero que la educación matemática puede generar. La Figura 10 ilustra el proceso de construcción de modelos matemáticos propios por los estudiantes, con análisis de las competencias que cada fase requiere y de las formas de andamiaje más efectivas para apoyar este proceso en el contexto universitario ecuatoriano.

**Figura 10:** Proceso de construcción de modelos matemáticos propios por los estudiantes: fases, competencias y formas de andamiaje en el contexto universitario ecuatoriano



*Nota.* Elaboración propia basada en Ponce Salas (2026), Cosquillo et al. (2025) y el análisis del proceso de construcción de modelos matemáticos propios en el contexto universitario ecuatoriano.

El proceso espiral de construcción de modelos propios representado en la Figura 10 es el núcleo pedagógico de la matemática experimental para el contexto universitario ecuatoriano: proporciona el andamiaje progresivo que hace posible que estudiantes con distinta preparación previa alcancen niveles de sofisticación matemática crecientes sin perder el contacto con el fenómeno real que motiva y orienta el proceso. La investigación en educación matemática ecuatoriana que examina cómo los estudiantes de distintos perfiles navegan este proceso espiral, en

qué fases encuentran los mayores obstáculos y qué tipos de andamiaje son más efectivos para superar esos obstáculos, está produciendo el conocimiento más directamente útil para mejorar la enseñanza de la matemática experimental en las universidades del país.

### 4.3. Razonamiento Basado en Datos

El razonamiento basado en datos puede definirse como la capacidad de construir interpretaciones, explicaciones y argumentos sustentados en evidencia cuantitativa rigurosa, integrando procedimientos estadísticos formales con la comprensión contextual de los fenómenos estudiados y con una comunicación explícita de los niveles de incertidumbre involucrados. En las sociedades contemporáneas, caracterizadas por la producción masiva de información y por la creciente automatización de los procesos de decisión, esta competencia se ha convertido en una de las formas más relevantes del pensamiento matemático avanzado. La capacidad para analizar datos, interpretar tendencias, evaluar la calidad de la evidencia y formular conclusiones fundamentadas constituye actualmente una condición indispensable para la participación científica, profesional y ciudadana.

Desde la perspectiva de la educación matemática, el razonamiento basado en datos representa una ampliación significativa de los objetivos tradicionales de la formación matemática. Ya no resulta suficiente que los estudiantes dominen procedimientos de cálculo estadístico o técnicas de representación gráfica; es necesario que desarrollen la capacidad de formular preguntas investigables, identificar variables relevantes, seleccionar métodos apropiados de análisis, interpretar

resultados en contextos específicos y comunicar conclusiones con rigor y transparencia. Esta forma de razonamiento integra conocimientos matemáticos, estadísticos, metodológicos y epistemológicos, convirtiéndose en una competencia transversal que articula la educación matemática con la investigación científica y la toma de decisiones basada en evidencia.

La investigación educativa reciente ha aportado evidencia significativa sobre el impacto del trabajo con datos reales en el desarrollo del pensamiento matemático. Estudios como el desarrollado por Alvarez Piza y colaboradores (2024) muestran que las estrategias pedagógicas basadas en el análisis de datos auténticos y en la resolución de problemas contextualizados producen mejoras verificables en el razonamiento lógico y matemático, cuyos efectos persisten incluso en evaluaciones realizadas posteriormente. Estos resultados sugieren que el contacto con situaciones reales de análisis de datos favorece la construcción de comprensiones más profundas y transferibles que aquellas obtenidas mediante ejercicios descontextualizados o exclusivamente procedimentales. La incorporación sistemática de datos reales en la enseñanza matemática emerge así como una estrategia pedagógica de alta efectividad.

En el contexto ecuatoriano, el desarrollo del razonamiento basado en datos adquiere una relevancia estratégica debido a la creciente demanda de profesionales capaces de analizar información compleja en sectores como la educación, la salud, la administración pública, la investigación científica, la planificación territorial y el sector productivo. Sin embargo, diversos diagnósticos académicos y profesionales evidencian que esta competencia continúa siendo una de las áreas menos desarrolladas en la formación universitaria. La disponibilidad creciente de bases de datos abiertas provenientes de instituciones como el INEC, el

MINEDUC, el INEC, el Banco Central del Ecuador y organismos internacionales ofrece una oportunidad excepcional para diseñar experiencias educativas contextualizadas que fortalezcan las competencias de análisis, interpretación y argumentación basada en evidencia.

Para la investigación en educación matemática en Ecuador, el razonamiento basado en datos constituye simultáneamente un objeto de estudio, una herramienta metodológica y una finalidad educativa de alta prioridad. Investigar cómo se desarrolla esta competencia, qué estrategias pedagógicas resultan más efectivas para promoverla y cómo puede integrarse de manera sostenible en los distintos niveles del sistema educativo representa una agenda de investigación con importantes implicaciones sociales y económicas. Fortalecer el razonamiento basado en datos no solo contribuye a mejorar la formación matemática, sino también a desarrollar ciudadanos, profesionales e investigadores capaces de participar de manera crítica, informada y responsable en una sociedad cada vez más organizada alrededor de la producción, interpretación y utilización de información cuantitativa.

El razonamiento basado en datos es la capacidad de construir comprensiones y argumentos fundamentados en evidencia cuantitativa rigurosa, articulando el análisis estadístico formal con la interpretación contextual y la comunicación honesta de las incertidumbres. Esta capacidad es simultáneamente un objetivo de la educación matemática (es una forma de pensamiento matemático avanzado), un requisito de la investigación educativa (es la base metodológica de la investigación cuantitativa en educación) y una competencia de ciudadanía del siglo XXI (es la condición para participar informadamente en debates públicos que invocan evidencia cuantitativa). Alvarez Piza et al. (2024), en su investigación sobre el desarrollo del pensamiento lógico a través de

la resolución de problemas en matemáticas, documentan que las estrategias que integran el análisis de datos reales en los procesos de resolución de problemas producen mejoras verificables en el razonamiento matemático que se mantienen en evaluaciones diferidas. Para el investigador ecuatoriano en educación matemática, el razonamiento basado en datos es un campo de investigación e intervención de alta urgencia porque es una de las competencias más ausentes en los egresados universitarios y una de las más demandadas por el mercado laboral, las instituciones públicas y las organizaciones de la sociedad civil ecuatorianos.

### 4.3.1. Análisis Descriptivo

El análisis descriptivo es la primera dimensión del razonamiento basado en datos y la que más sistemáticamente se desarrolla en el currículo de estadística convencional: el cálculo de medidas de tendencia central (media, mediana, moda), medidas de dispersión (desviación estándar, varianza, rango intercuartílico) y representaciones gráficas de las distribuciones de los datos. Sin embargo, la comprensión conceptual del análisis descriptivo, en lugar de la capacidad de calcular los estadísticos, es lo que raramente se desarrolla con profundidad suficiente: la comprensión de por qué la mediana es más informativa que la media para distribuciones asimétricas, de cuándo el coeficiente de variación es más interpretable que la desviación estándar, de qué tipos de gráficas distorsionan la percepción de las distribuciones y cuáles las comunican con mayor fidelidad, son todas comprensiones estadísticas de alta relevancia práctica que los currículos convencionales raramente desarrollan de manera suficiente.

### 4.3.2. Análisis Inferencial

El análisis inferencial es la dimensión del razonamiento estadístico que permite hacer afirmaciones sobre poblaciones a partir de la evidencia de muestras, cuantificando explícitamente la incertidumbre de esas afirmaciones mediante intervalos de confianza y pruebas de hipótesis. La comprensión conceptual del análisis inferencial, en particular la interpretación correcta del  $p$ -valor y del intervalo de confianza, es notoriamente difícil de adquirir y notoriamente fácil de perder: la investigación en educación estadística ha documentado que incluso los investigadores con formación estadística avanzada frecuentemente cometen errores de interpretación básicos sobre estos conceptos. Para la investigación en educación matemática ecuatoriana, el desarrollo de intervenciones que produzcan comprensión conceptual robusta del análisis inferencial, y no simplemente la capacidad de ejecutar los tests usando software estadístico, es uno de los desafíos más persistentes y más importantes de la educación estadística universitaria en el país.

### 4.3.3. Correlaciones y Tendencias

El análisis de correlaciones y tendencias en los datos de investigación en educación matemática ecuatoriana es el conjunto de técnicas más frecuentemente usado en la investigación empírica del campo y el que mayor potencial tiene para producir conocimiento accionable sobre los factores que determinan la calidad del aprendizaje matemático en el contexto nacional. La Tabla 17 examina los principales tipos de análisis de correlaciones y tendencias disponibles para el investigador ecuatoriano en educación matemática, con análisis de sus fundamentos

estadísticos y de sus aplicaciones específicas en el contexto del sistema educativo nacional.

**Tabla 17:** Análisis de correlaciones y tendencias en la investigación de educación matemática ecuatoriana: fundamentos estadísticos y aplicaciones

<b>Tipo de análisis</b>	<b>Fundamento estadístico y herramientas</b>	<b>Aplicación en educación matemática en Ecuador</b>
Correlación de Pearson y regresión lineal	Analizan relaciones lineales y capacidad predictiva entre variables cuantitativas.	Estudio de la relación entre horas de estudio y rendimiento en matemáticas.
Correlación de Spearman	Evalúa asociaciones entre variables ordinales o no paramétricas.	Análisis de la relación entre nivel socioeconómico y desempeño matemático.
Análisis de series temporales	Identifica tendencias, estacionalidad y cambios estructurales.	Evaluación de la evolución de los resultados educativos a lo largo del tiempo.
Regresión múltiple y análisis multivariado	Analizan el efecto simultáneo de múltiples variables predictoras.	Identificación de factores asociados al rendimiento matemático en el contexto ecuatoriano.

*Nota.* Elaboración propia basada en Alvarez Piza et al. (2024), Ponce Salas (2026), Barrionuevo et al. (2025) y el análisis de métodos estadísticos para la investigación en educación matemática en Ecuador.

Los métodos de análisis de correlaciones y tendencias sistematizados en la Tabla 17 configuran un repertorio metodológico que permite al investigador ecuatoriano en educación matemática abordar con rigor las preguntas más importantes sobre el sistema educativo nacional: qué factores predicen el rendimiento matemático, cómo ha evolucionado la

calidad del aprendizaje matemático en el tiempo, qué desigualdades persisten y cuáles se han reducido, y qué intervenciones han producido mejoras verificables. Sin embargo, la disponibilidad de estos métodos no garantiza su uso correcto: la investigación en educación matemática ecuatoriana presenta problemas metodológicos recurrentes, incluyendo el uso de tests paramétricos con datos que violan los supuestos de normalidad, la confusión entre correlaciones bivariadas y relaciones causales, y la presentación de hallazgos estadísticamente significativos sin evaluación de su significación práctica. La formación metodológica de los investigadores ecuatorianos en educación matemática es una inversión de alta prioridad para mejorar la calidad y el impacto de la investigación del campo.

#### 4.3.4. Evidencia Cuantitativa

La construcción de argumentos basados en evidencia cuantitativa es la aplicación del razonamiento estadístico a la persuasión y a la toma de decisiones: la capacidad de seleccionar los datos más relevantes para un argumento, de presentarlos de manera que maximice la claridad sin sacrificar la precisión, de anticipar y responder a las objeciones estadísticas que los argumentos contrarios pueden levantar y de reconocer honestamente los límites de lo que los datos disponibles pueden establecer. Esta competencia es especialmente valiosa en el Ecuador contemporáneo, donde los debates sobre política educativa son frecuentemente más ricos en retórica que en evidencia empírica rigurosa: los investigadores en educación matemática que saben construir y comunicar argumentos estadísticos sólidos tienen la oportunidad de contribuir significativamente a elevar la calidad del debate sobre las políticas educativas del país.

### 4.3.5. Comunicación Matemática

La comunicación matemática es la competencia que convierte el razonamiento matemático privado en conocimiento público: la capacidad de expresar ideas matemáticas con la precisión necesaria para que sean comprensibles y verificables por otros, y con la claridad suficiente para que sean accesibles para los distintos públicos que tienen interés en los resultados. En el contexto del razonamiento basado en datos, la comunicación matemática incluye la escritura de informes estadísticos para audiencias académicas, la presentación de hallazgos cuantitativos para tomadores de decisiones no especializados y el diseño de visualizaciones que comuniquen los patrones en los datos de manera fiel y comprensible. Barrionuevo et al. (2025), en su investigación sobre estrategias para potenciar el aprendizaje de las matemáticas en el Ecuador, documentan que la comunicación matemática es una de las competencias más débilmente desarrolladas en los egresados universitarios ecuatorianos, y que las estrategias de enseñanza que incluyen ejercicios regulares de comunicación oral y escrita de razonamientos matemáticos producen mejoras verificables tanto en la comunicación como en la comprensión matemática subyacente.

### 4.4. Desarrollo de la Argumentación Matemática

La argumentación matemática constituye uno de los componentes fundamentales del pensamiento matemático avanzado y puede definirse como el proceso mediante el cual las afirmaciones, procedimientos y conclusiones matemáticas son justificadas mediante razones lógicamente estructuradas y socialmente aceptables dentro de una comunidad de práctica. A diferencia de la simple ejecución de algoritmos o de la aplicación

mecánica de fórmulas, la argumentación exige que el individuo sea capaz de explicar, justificar y defender la validez de sus razonamientos. Esta dimensión comunicativa y social de las matemáticas ha adquirido una importancia creciente en la investigación educativa contemporánea, al reconocerse que el conocimiento matemático no consiste únicamente en obtener resultados correctos, sino también en comprender por qué esos resultados son válidos y bajo qué condiciones pueden generalizarse.

La diferencia entre la aplicación procedimental y el razonamiento matemático genuino se hace particularmente evidente cuando se analizan los procesos de argumentación. Un estudiante que aplica correctamente el teorema de Pitágoras para resolver un problema específico demuestra dominio procedimental; sin embargo, un estudiante que además puede justificar el fundamento geométrico del teorema, explicar las condiciones necesarias para su aplicación y reconocer las situaciones en las que dicho teorema no es pertinente está desarrollando una comprensión matemática más profunda y transferible. La argumentación matemática implica, por tanto, la capacidad de construir relaciones entre conceptos, evaluar la validez de las afirmaciones y reconocer los límites de aplicación de los modelos y procedimientos utilizados.

Desde una perspectiva epistemológica, la argumentación ocupa un lugar central en la construcción del conocimiento matemático. Las matemáticas avanzan mediante procesos de formulación de conjeturas, construcción de demostraciones, identificación de contraejemplos y validación colectiva de resultados. Esta práctica social de justificación y evaluación constituye uno de los rasgos distintivos de la actividad matemática como disciplina científica. En consecuencia, la educación

matemática orientada al desarrollo del pensamiento avanzado debe crear oportunidades para que los estudiantes participen en procesos de argumentación, discusión y construcción colectiva de conocimiento, aproximando las prácticas educativas a las formas auténticas de producción matemática.



En el contexto ecuatoriano, el desarrollo de la argumentación matemática adquiere una relevancia estratégica debido a las demandas crecientes de la educación superior, la investigación científica y el mercado laboral. Diversos estudios y experiencias docentes evidencian que muchos estudiantes ingresan a la universidad con competencias procedimentales relativamente desarrolladas, pero con dificultades significativas para justificar razonamientos, construir demostraciones, interpretar evidencias y defender conclusiones matemáticamente fundamentadas. Esta situación limita no solo el aprendizaje de

contenidos avanzados, sino también la capacidad de los futuros profesionales para participar en procesos de investigación, innovación y toma de decisiones basadas en evidencia. La investigación en educación matemática tiene la responsabilidad de identificar estrategias pedagógicas que favorezcan el desarrollo progresivo de la argumentación desde los primeros niveles educativos.

El fortalecimiento de la argumentación matemática debe entenderse, por tanto, como un objetivo prioritario de la educación contemporánea. La capacidad para justificar afirmaciones, evaluar evidencias, reconocer limitaciones y comunicar razonamientos rigurosos constituye una competencia esencial no solo para la formación matemática, sino también para el ejercicio de la ciudadanía crítica y la participación en sociedades crecientemente complejas y tecnológicamente mediadas. Para la investigación en educación matemática en Ecuador, el estudio de la argumentación representa una oportunidad para articular el desarrollo del pensamiento matemático con la formación científica, la innovación educativa y la construcción de una cultura académica basada en el análisis riguroso, el diálogo racional y la producción colectiva de conocimiento.

La argumentación matemática es el proceso mediante el cual las afirmaciones matemáticas se justifican mediante razones que las hacen convincentes no solo para quien las produce sino para la comunidad matemática que las evalúa. Esta dimensión social y comunicativa de la matemática es la que más claramente distingue el pensamiento matemático genuino de la aplicación mecánica de procedimientos: el estudiante que puede aplicar el teorema de Pitágoras para calcular la hipotenusa de un triángulo rectángulo está haciendo matemáticas en un sentido limitado; el estudiante que puede argumentar por qué el teorema es verdadero,

identificar las condiciones bajo las cuales se aplica y reconocer cuándo la figura no es un triángulo rectángulo y por lo tanto el teorema no aplica, está haciendo matemáticas en el sentido pleno del término. Para la investigación en educación matemática ecuatoriana, el desarrollo de la argumentación matemática en estudiantes universitarios es un objetivo pedagógico de alta relevancia porque es la competencia que más claramente predice el éxito en los niveles educativos superiores y en las carreras profesionales que requieren pensamiento matemático riguroso.

#### 4.4.1. Justificación de Procedimientos

La justificación de procedimientos matemáticos es la forma más básica de argumentación matemática que la educación debe cultivar: la capacidad de explicar por qué el procedimiento que se aplica es apropiado para el problema dado, por qué produce la solución correcta y qué condiciones matemáticas garantizan su validez. Esta competencia es la que más claramente distingue la comprensión matemática de la memorización procedimental: el estudiante que memoriza la fórmula cuadrática puede aplicarla correctamente pero no puede justificar por qué funciona; el estudiante que ha construido la comprensión de la derivación puede justificar la fórmula y puede adaptarla o derivar fórmulas alternativas cuando enfrenta variaciones del problema original. Para los investigadores ecuatorianos en educación matemática, el diseño de secuencias didácticas que desarrollen la justificación de procedimientos desde los niveles más básicos del currículo es un proyecto pedagógico de alta urgencia porque la ausencia de esta competencia en los egresados de la educación básica se proyecta sobre las dificultades que enfrentan en los niveles superiores.

### 4.4.2. Construcción de Evidencias

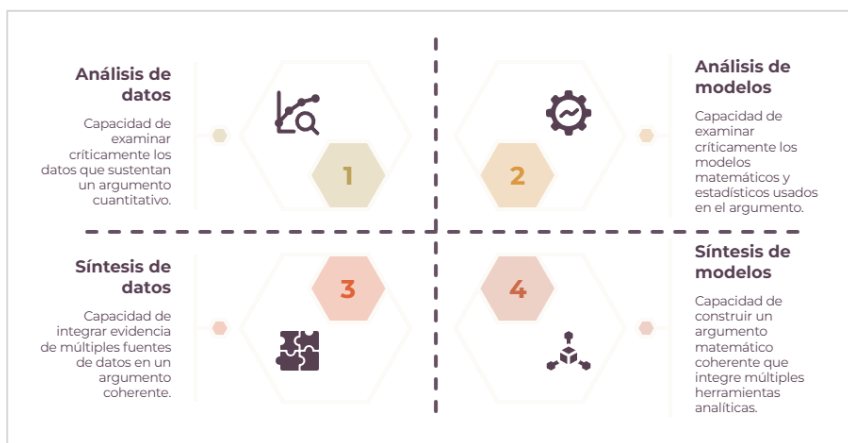
La construcción de evidencias matemáticas es el proceso mediante el cual el estudiante reúne los hechos matemáticos relevantes para establecer la verdad de una afirmación: identifica los teoremas o propiedades que son necesarios para el argumento, verifica que las condiciones de aplicabilidad de esos teoremas se cumplen en el caso específico, y organiza las evidencias en una secuencia lógica que conduce de las premisas a la conclusión de manera que cada paso sea justificable. Esta construcción de evidencias es la actividad más característica de la demostración matemática formal, pero su versión pedagógicamente accesible para los niveles educativos más básicos es la argumentación informal mediante ejemplos, analogías y razonamiento intuitivo que, aunque no constituye demostración, es el precursor cognitivo de la argumentación formal. La investigación en educación matemática ecuatoriana debe examinar la secuencia de desarrollo de la argumentación desde las formas más primitivas hasta las más sofisticadas, y qué diseños instruccionales aceleran esta secuencia de manera más efectiva en los estudiantes ecuatorianos de distintos niveles.

### 4.4.3. Pensamiento Crítico Cuantitativo

El pensamiento crítico cuantitativo es la aplicación del pensamiento crítico general al dominio específico de los datos, los modelos y los argumentos matemáticos: la capacidad de identificar los supuestos implícitos en un argumento cuantitativo, de evaluar si los datos citados realmente soportan las conclusiones que se extraen de ellos, de detectar falacias estadísticas como la confusión entre correlación y causalidad o la comparación de grupos no equivalentes, y de construir contraargumentos

estadísticamente fundamentados cuando un argumento cuantitativo es inadecuado. La Figura 11 ilustra las dimensiones del pensamiento crítico cuantitativo con mayor relevancia para la formación de investigadores en educación matemática del Ecuador.

**Figura 11:** Dimensiones del pensamiento crítico cuantitativo para investigadores en educación matemática: competencias, indicadores y conexión con la práctica investigativa en Ecuador



*Nota.* Elaboración propia basada en Ponce Salas (2026), Alvarez Piza et al. (2024) y el análisis de las dimensiones del pensamiento crítico cuantitativo para la investigación en educación matemática.

#### 4.4.4. Evaluación de Soluciones

La evaluación de soluciones matemáticas es la capacidad de examinar críticamente una solución propuesta (propia o ajena) para verificar su corrección, evaluar su eficiencia, identificar sus limitaciones y proponer mejoras. Esta capacidad metacognitiva es la que más claramente distingue al matemático experto del novato: el experto no solo produce soluciones sino que constantemente las

evalúa, las compara con alternativas y las revisa cuando identifica posibilidades de mejora. Para el sistema educativo ecuatoriano, la formación de esta capacidad evaluativa requiere prácticas pedagógicas que incluyan explícitamente la revisión de las soluciones propias y la evaluación de las soluciones ajenas como actividades regulares: las discusiones colectivas sobre múltiples soluciones alternativas a un mismo problema, las actividades de detección de errores en soluciones presentadas por el docente y las autoevaluaciones estructuradas de los propios procesos de resolución son estrategias pedagógicas con evidencia de efectividad para el desarrollo de esta dimensión del pensamiento matemático avanzado.

#### 4.4.5. Debate Académico Fundamentado

El debate académico fundamentado en matemáticas es la práctica colectiva mediante la cual los estudiantes sostienen y evalúan argumentos matemáticos en el espacio del aula, construyendo comprensiones compartidas a través del diálogo riguroso. Las discusiones matemáticas genuinas, donde los estudiantes defienden sus razonamientos con argumentos y los cuestionan con contraejemplos en lugar de simplemente reportar sus respuestas, son espacios de aprendizaje de alta potencia que la investigación identifica como uno de los contextos más efectivos para el desarrollo del pensamiento matemático avanzado. Sin embargo, crear discusiones matemáticas genuinas en el aula requiere habilidades pedagógicas específicas que la formación docente convencional raramente desarrolla: la capacidad de orquestar las discusiones de manera que todos los estudiantes participen y contribuyan, de aprovechar los errores y las concepciones alternativas como materiales del aprendizaje colectivo, y de mantener el rigor matemático de la discusión sin

descalificar las contribuciones que son incompletas o parcialmente erróneas. La investigación en educación matemática ecuatoriana que examina cómo se desarrollan estas habilidades de orquestación de discusiones matemáticas en los docentes en formación y en ejercicio es una de las inversiones de investigación con mayor potencial de impacto sobre la calidad del aprendizaje matemático en el sistema educativo nacional.

#### **4.5. Evaluación del Pensamiento Matemático Complejo**

La evaluación del pensamiento matemático complejo constituye uno de los desafíos más importantes y, al mismo tiempo, más difíciles de abordar en la investigación contemporánea en educación matemática. El problema central radica en determinar cómo medir con niveles adecuados de validez y fiabilidad aquellas formas de razonamiento matemático avanzado que las propuestas pedagógicas innovadoras buscan desarrollar. A diferencia de las habilidades procedimentales, que pueden evaluarse mediante respuestas correctas o incorrectas claramente identificables, competencias como la formulación de conjeturas, la modelación matemática, la argumentación rigurosa, la creatividad matemática y la metacognición involucran procesos cognitivos complejos, dinámicos y altamente contextualizados. Esta situación obliga a los investigadores a replantear las concepciones tradicionales de evaluación y a desarrollar instrumentos capaces de capturar dimensiones del pensamiento matemático que históricamente han permanecido invisibles en los sistemas de medición convencionales.

La principal dificultad de esta tarea reside en una tensión estructural entre la complejidad del pensamiento que se pretende evaluar y las características de los sistemas de evaluación

predominantes. Las formas más sofisticadas de razonamiento matemático, tales como la construcción de argumentos originales, la transferencia de conocimientos a situaciones inéditas o la reflexión crítica sobre el propio proceso de resolución, son precisamente las menos susceptibles de ser evaluadas mediante pruebas estandarizadas de respuesta cerrada. Los sistemas educativos suelen privilegiar este tipo de instrumentos debido a su eficiencia operativa, su facilidad de aplicación a gran escala y la aparente objetividad de sus resultados. Sin embargo, esta preferencia puede generar un efecto paradójico: aquello que resulta más fácil de medir termina adquiriendo mayor importancia curricular que aquello que es más relevante para el desarrollo intelectual de los estudiantes.

La investigación internacional en evaluación educativa ha respondido a esta problemática mediante el desarrollo de enfoques alternativos orientados a la evaluación auténtica del pensamiento complejo. Las rúbricas analíticas, los portafolios de aprendizaje, los protocolos de pensamiento en voz alta, las tareas abiertas de modelación matemática, los diarios reflexivos y las evaluaciones basadas en proyectos constituyen algunas de las estrategias más prometedoras para documentar procesos de razonamiento avanzados. Asimismo, el desarrollo reciente de sistemas de analítica del aprendizaje y de herramientas basadas en inteligencia artificial ha abierto nuevas posibilidades para registrar, analizar e interpretar los procesos cognitivos que los estudiantes despliegan durante la resolución de problemas matemáticos complejos. Estas innovaciones sugieren que la evaluación del pensamiento matemático avanzado puede beneficiarse significativamente de la integración entre metodologías tradicionales y tecnologías emergentes.

En el contexto ecuatoriano, la necesidad de desarrollar sistemas de evaluación más sensibles al pensamiento matemático complejo adquiere una importancia estratégica. Las instituciones educativas enfrentan simultáneamente el desafío de mejorar la calidad del aprendizaje matemático y de responder a las demandas de una sociedad caracterizada por la complejidad, la digitalización y la incertidumbre. Sin embargo, las limitaciones de infraestructura, formación docente y recursos institucionales dificultan la implementación de modelos de evaluación intensivos en tiempo y en capital humano especializado. Esta realidad hace necesario investigar qué combinaciones de instrumentos, tecnologías y estrategias pedagógicas pueden producir evaluaciones válidas y viables dentro de las condiciones específicas del sistema educativo ecuatoriano.

La construcción de sistemas de evaluación capaces de valorar el pensamiento matemático complejo representa, por tanto, uno de los programas de investigación más urgentes y prometedores para la educación matemática en Ecuador. Resolver esta problemática no implica únicamente mejorar las técnicas de medición, sino redefinir qué significa aprender matemáticas y qué tipos de competencias deben ser reconocidas y promovidas por el sistema educativo. La capacidad de formular preguntas originales, construir argumentos rigurosos, transferir conocimientos a nuevos contextos y reflexionar críticamente sobre el propio proceso de aprendizaje constituye un objetivo formativo de primer orden para las sociedades contemporáneas. La investigación en educación matemática tiene la responsabilidad de desarrollar los marcos conceptuales, metodológicos y tecnológicos que permitan evaluar estas capacidades con el rigor científico y la pertinencia social que el contexto ecuatoriano demanda.

La evaluación del pensamiento matemático complejo es quizás el problema más difícil y más importante que enfrentan los investigadores en educación matemática ecuatoriana: cómo medir con validez y fiabilidad las formas de razonamiento matemático avanzado que las estrategias examinadas en las secciones anteriores aspiran a desarrollar. La dificultad radica en una tensión fundamental: las formas de pensamiento matemático más valiosas, la formulación de conjeturas originales, la construcción de argumentaciones rigurosas, la metacognición sobre el propio proceso de razonamiento y la transferencia a contextos genuinamente nuevos, son precisamente las más difíciles de capturar mediante los instrumentos de evaluación masiva estandarizados que los sistemas educativos prefieren por su eficiencia y su aparente objetividad. Resolver esta tensión, diseñando sistemas de evaluación que sean simultáneamente válidos para las formas de pensamiento más complejas y factibles para implementar en las condiciones del sistema educativo ecuatoriano, es uno de los programas de investigación más urgentes y más prometedores del campo.

#### 4.5.1. Indicadores de Razonamiento Avanzado

Los indicadores de razonamiento matemático avanzado son los comportamientos observables en las producciones de los estudiantes que permiten inferir el nivel de sofisticación de su pensamiento matemático. La Tabla 18 examina cuatro dimensiones del razonamiento matemático avanzado, los indicadores observables que las caracterizan, los criterios de evaluación que las evalúan y los instrumentos más apropiados para capturarlas en el contexto universitario ecuatoriano.

**Tabla 18:** Indicadores de razonamiento matemático avanzado: dimensiones, criterios de evaluación e instrumentos para el contexto universitario ecuatoriano

<b>Dimensión del razonamiento matemático avanzado</b>	<b>Indicadores observables</b>	<b>Instrumento de evaluación recomendado</b>
Formulación y refinamiento de conjeturas	Genera, reformula y justifica conjeturas matemáticas.	Rúbricas analíticas y entrevistas de estimulación del recuerdo.
Selección estratégica de herramientas	Elige y evalúa herramientas matemáticas según el problema.	Protocolos de pensamiento en voz alta y análisis de codificación.
Metacognición y autorregulación	Monitorea, evalúa y ajusta su propio proceso de aprendizaje.	Diarios de aprendizaje y escalas de metacognición adaptadas.
Transferencia a nuevos contextos	Aplica conocimientos matemáticos a problemas de diferentes dominios.	Evaluaciones de transferencia y análisis de analogías estructurales.

*Nota.* Elaboración propia basada en Ponce Salas (2026), la estrategia basada en resolución de problemas (Ogma, 2025), Barrionuevo et al. (2025) y el análisis de los indicadores de pensamiento matemático avanzado en el contexto ecuatoriano.

Los indicadores sistematizados en la Tabla 18 revelan un principio fundamental sobre la evaluación del pensamiento matemático avanzado en el contexto ecuatoriano: los instrumentos más válidos son también los más costosos en términos de tiempo de diseño, de aplicación y de análisis, mientras que los instrumentos más eficientes son los menos válidos para las dimensiones más importantes del pensamiento avanzado. Esta tensión entre validez y eficiencia es estructural y no tiene solución

perfecta, pero puede gestionarse de manera más o menos inteligente: los sistemas de evaluación que combinan instrumentos de alta validez aplicados a muestras reducidas con instrumentos de alta eficiencia aplicados a la población completa pueden producir información más rica sobre el estado del pensamiento matemático en el sistema que cualquiera de los dos tipos de instrumento por separado.

#### 4.5.2. Evaluación Auténtica



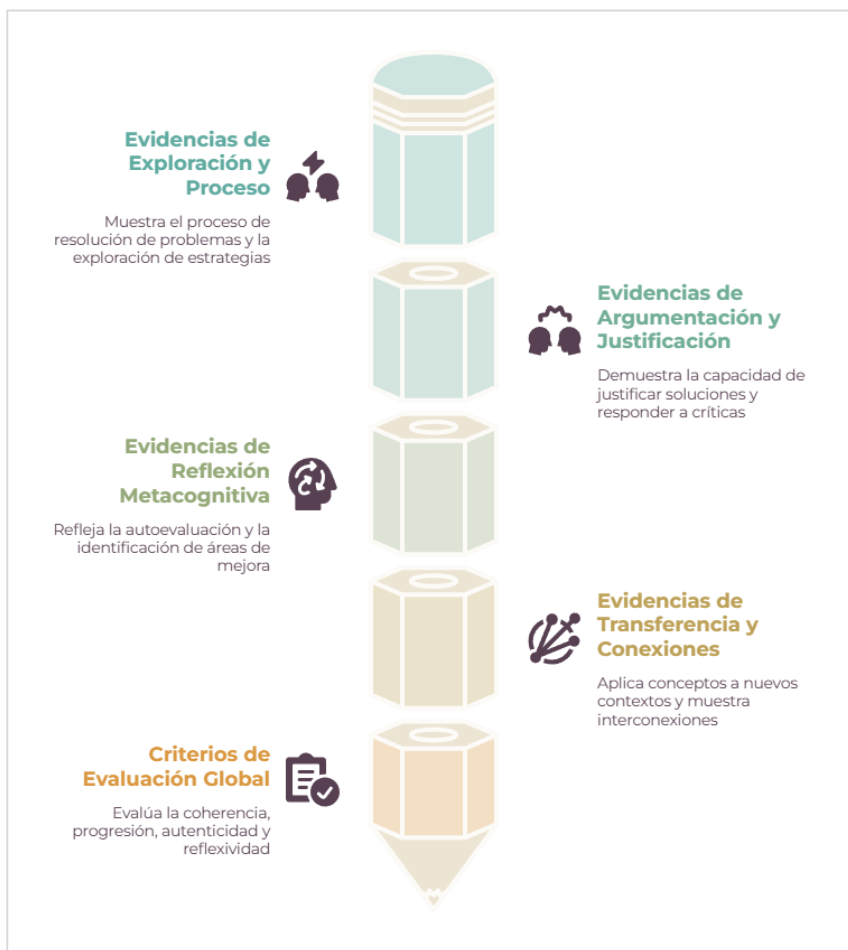
La evaluación auténtica es el paradigma de evaluación que propone que las tareas de evaluación deben replicar lo más fielmente posible las condiciones y las demandas cognitivas de las aplicaciones reales del conocimiento matemático: no preguntas de múltiple opción sobre definiciones y teoremas sino problemas abiertos que requieren modelación, análisis y argumentación; no exámenes individuales de tiempo limitado sino proyectos de largo aliento que desarrollan y documentan el proceso de construcción del conocimiento; y no evaluación del producto final exclusivamente sino evaluación del proceso que conduce a ese producto. La evaluación auténtica del pensamiento matemático avanzado en las universidades ecuatorianas es un proyecto

pedagógico que enfrenta resistencias institucionales considerables: los docentes que han sido evaluados siempre mediante exámenes convencionales tienen dificultades para diseñar y valorar tareas auténticas; los sistemas de calificación universitaria favorecen la comparabilidad que los exámenes estandarizados producen; y la alta carga docente limita el tiempo disponible para el diseño y la evaluación de tareas complejas. La investigación que examina cómo superar estas resistencias y qué diseños de evaluación auténtica son más factibles y más efectivos en las condiciones específicas del sistema universitario ecuatoriano es una de las contribuciones más urgentes que el campo puede hacer a la práctica pedagógica del país.

### 4.5.3. Portafolios de Evidencias

Los portafolios de evidencias son colecciones sistematizadas de producciones del estudiante que documentan el desarrollo de su pensamiento matemático a lo largo del tiempo: no simplemente los productos finales sino los borradores, las exploraciones preliminares, las correcciones y las reflexiones metacognitivas que revelan el proceso mediante el cual el estudiante construyó sus comprensiones. Los portafolios son la forma de evaluación auténtica con mayor validez para el pensamiento matemático avanzado porque permiten capturar las dimensiones del pensamiento que no son visibles en el producto final: las estrategias exploradas y descartadas, los errores productivos que orientaron el proceso hacia la solución, la evolución de la argumentación desde versiones primitivas hasta versiones más sofisticadas. La Figura 12 ilustra la estructura de un portafolio de evidencias del pensamiento matemático para el nivel universitario ecuatoriano, con análisis de los tipos de evidencias más informativas y de los criterios de evaluación más pertinentes.

**Figura 12:** Estructura del portafolio de evidencias del pensamiento matemático universitario: tipos de evidencias, criterios de evaluación y condiciones de implementación en Ecuador



*Nota.* Elaboración propia basada en Ponce Salas (2026), la estrategia basada en resolución de problemas (Ogma, 2025) y el análisis de los portafolios de evidencias para la evaluación del pensamiento matemático avanzado en el Ecuador.

#### 4.5.4. Análisis de Desempeño

El análisis del desempeño matemático, más allá de la asignación de calificaciones, es el proceso mediante el cual los docentes e investigadores extraen comprensión sobre los patrones de fortalezas y debilidades en el pensamiento matemático de sus estudiantes y usan esa comprensión para ajustar la instrucción. El análisis del desempeño basado en los portafolios y en las evaluaciones auténticas es cualitativamente distinto del análisis basado en exámenes convencionales: mientras que los exámenes producen puntuaciones que reflejan un nivel global de desempeño, los portafolios y las evaluaciones auténticas producen información sobre los procesos cognitivos específicos que el estudiante domina y los que todavía no, con la granularidad suficiente para orientar decisiones pedagógicas específicas. Para el investigador ecuatoriano en educación matemática, el desarrollo de sistemas de análisis del desempeño que sean simultáneamente válidos, informativos y factibles de implementar en las condiciones del sistema universitario nacional es un proyecto de investigación de alta relevancia práctica con el potencial de transformar la relación entre la evaluación y la enseñanza.

#### 4.5.5. Mejora Continua del Aprendizaje

La mejora continua del aprendizaje matemático es el objetivo último de toda estrategia de evaluación que se toma en serio su función formativa: no la asignación de calificaciones que certifican el estado del aprendizaje en un momento determinado sino la producción de información que orienta las decisiones pedagógicas del docente y las estrategias de aprendizaje del estudiante hacia el progreso continuo. Este objetivo de mejora continua requiere un tipo de cultura evaluativa que está poco

desarrollada en el sistema educativo ecuatoriano: una cultura donde los errores son vistos como información valiosa y no como fracasos que deben ocultarse, donde la retroalimentación es específica y orientada a la acción y no simplemente calificadora, y donde la evaluación es percibida por los estudiantes como una herramienta de su propio aprendizaje y no solo como un mecanismo de control del docente. La investigación en educación matemática ecuatoriana que examina cómo construir esta cultura evaluativa en las instituciones universitarias, qué liderazgos pedagógicos la favorecen y qué obstáculos institucionales la dificultan, está abordando uno de los cambios culturales más necesarios y más difíciles para la mejora del aprendizaje matemático en el país.

Las estrategias para potenciar el pensamiento matemático avanzado que este capítulo ha examinado, desde el diseño de problemas auténticos hasta el desarrollo de la argumentación y la evaluación mediante portafolios, configuran un programa pedagógico coherente que la investigación internacional valida y que el contexto ecuatoriano demanda con urgencia. Sin embargo, su implementación efectiva no puede reducirse a la adopción individual de técnicas pedagógicas innovadoras por docentes aislados: requiere transformaciones sistémicas en la formación docente, en la cultura evaluativa de las instituciones, en el diseño de los currículos y en los sistemas de incentivos que determinan qué tipo de práctica pedagógica los docentes universitarios ecuatorianos tienen razones para adoptar y mantener. La investigación en educación matemática ecuatoriana que no solo documenta la efectividad de estas estrategias sino que examina las condiciones sistémicas que hacen posible su adopción sostenida es la investigación de mayor impacto potencial sobre la calidad del aprendizaje matemático en el Ecuador del siglo XXI.

El capítulo siguiente, que cierra el libro con el examen de las evidencias, los casos y las perspectivas del pensamiento matemático en la era inteligente, articulará las estrategias examinadas en este capítulo con la evidencia empírica sobre sus efectos, con los casos de implementación más relevantes para el contexto ecuatoriano y con las perspectivas sobre el futuro del pensamiento matemático en un mundo donde la inteligencia artificial está transformando radicalmente lo que los seres humanos necesitan y pueden hacer con las matemáticas.



# CAPÍTULO 5

Evidencias, Casos y Perspectivas  
del Pensamiento Matemático  
en la Era Inteligente

## CAPÍTULO V

### Evidencias, Casos y Prospectivas del Pensamiento Matemático en la Era Inteligente

Los cuatro capítulos anteriores han construido un argumento conceptual sobre la naturaleza del pensamiento matemático en la era de la inteligencia artificial, sobre las matemáticas ocultas que subyacen a los sistemas inteligentes, sobre el potencial del enfoque STEAM con las matemáticas como núcleo integrador y sobre las estrategias pedagógicas que pueden potenciar el pensamiento matemático avanzado en el contexto ecuatoriano. Este capítulo final asume la responsabilidad de anclar ese argumento conceptual en la evidencia empírica disponible, en los casos de aplicación más relevantes para la realidad latinoamericana y ecuatoriana, en los perfiles profesionales que el mercado del siglo XXI está demandando con creciente urgencia, en los desafíos estructurales que el sistema educativo ecuatoriano debe superar para aprovechar el potencial que la IA ofrece para la educación matemática, y en las prospectivas que permiten anticipar el horizonte hacia el que la educación matemática se dirige en la era de la inteligencia artificial aumentada.

La revisión sistemática sobre inteligencia artificial y transformación de la enseñanza matemática universitaria (Epistemología de las Ciencias, 2026) proporciona la síntesis de evidencia más comprehensiva disponible para fundamentar este capítulo: documenta que la integración de la IA en la educación matemática universitaria produce mejoras verificables en múltiples dimensiones del aprendizaje cuando se implementa con diseño pedagógico riguroso, e identifica con precisión las condiciones que determinan si esas mejoras se producen o si la integración

tecnológica resulta en un costo sin beneficio pedagógico equivalente. Esta distinción entre la integración pedagógicamente fundamentada y la adopción tecnológica cosmética es el hilo conductor del capítulo: la evidencia que el campo ha acumulado sobre los beneficios de la IA para la educación matemática es robusta, pero sus condiciones de efectividad son exigentes y no se cumplen automáticamente por el hecho de incorporar herramientas de IA en las aulas ecuatorianas.

Quiroz Rosas (2023), en su análisis de las aplicaciones de inteligencia artificial aliadas en la enseñanza de las matemáticas, documenta que los avances en el campo permiten disponer de herramientas con alto potencial para personalizar la experiencia de aprendizaje, proporcionar retroalimentación oportuna y adaptar los contenidos matemáticos al ritmo y nivel de comprensión de cada estudiante; señalando que este potencial se realiza solo cuando existe una implementación pedagógicamente fundamentada y contextualmente pertinente. Para los investigadores ecuatorianos en educación matemática, esta condición de pertinencia contextual es la que da su valor específico a la investigación nacional: la evidencia producida en contextos del Norte Global es orientadora pero no determinante para las decisiones sobre la IA en la educación matemática ecuatoriana, cuyos resultados dependen de factores contextuales que solo la investigación local puede documentar y analizar con la especificidad necesaria.

### **5.1. Evidencias Científicas sobre Matemáticas e Inteligencia Artificial**

La producción científica sobre la relación entre inteligencia artificial y aprendizaje matemático ha experimentado un crecimiento exponencial durante la última década, consolidándose

como uno de los campos de investigación más dinámicos dentro de la educación matemática contemporánea. Los primeros estudios, caracterizados por diseños exploratorios, muestras reducidas y metodologías predominantemente descriptivas, han dado paso a investigaciones experimentales, revisiones sistemáticas y meta-análisis capaces de sintetizar resultados provenientes de múltiples contextos educativos y poblaciones estudiantiles. Esta evolución metodológica ha permitido construir una base de evidencia más sólida y confiable, ofreciendo una comprensión más precisa de las condiciones bajo las cuales la inteligencia artificial puede contribuir efectivamente al desarrollo del aprendizaje matemático.

Uno de los hallazgos más importantes de esta acumulación de evidencia es que la pregunta acerca de si la inteligencia artificial mejora o no el aprendizaje matemático resulta excesivamente simplificado. Las investigaciones más rigurosas han demostrado que el impacto de la inteligencia artificial depende de múltiples variables interrelacionadas, incluyendo el tipo de tecnología utilizada, el diseño pedagógico en el que se implementa, las competencias previas de los estudiantes, la preparación de los docentes y el contexto institucional donde ocurre la intervención. En consecuencia, la investigación contemporánea ha desplazado el foco desde la búsqueda de efectos generales hacia el análisis de las condiciones específicas que maximizan o limitan el potencial educativo de los sistemas inteligentes.

La evidencia científica disponible sugiere que los beneficios más consistentes se observan en sistemas de tutoría inteligente, plataformas de aprendizaje adaptativo y herramientas de retroalimentación personalizada. Estos sistemas han mostrado efectos positivos en variables como el rendimiento académico, la comprensión conceptual, la autorregulación del aprendizaje y la motivación hacia las matemáticas. Asimismo, los estudios indican

que la retroalimentación inmediata, la adaptación al ritmo individual de aprendizaje y la capacidad de identificar errores específicos contribuyen significativamente a mejorar el desempeño matemático. Sin embargo, también se ha documentado que estos beneficios disminuyen considerablemente cuando la inteligencia artificial se utiliza como sustituto de la mediación pedagógica o cuando se implementa sin una planificación didáctica adecuada.

Otro resultado relevante de la investigación internacional es la identificación de importantes diferencias en los efectos de la inteligencia artificial según el tipo de aprendizaje matemático considerado. Las mejoras suelen ser más evidentes en el desarrollo de competencias procedimentales y en la consolidación de conocimientos conceptuales básicos, mientras que la evidencia relacionada con el fortalecimiento del razonamiento matemático avanzado, la creatividad, la argumentación y la transferencia de conocimientos continúa siendo limitada y, en algunos casos, contradictoria. Esta situación pone de manifiesto la necesidad de ampliar la investigación hacia formas más complejas de pensamiento matemático, particularmente aquellas competencias que adquieren mayor relevancia en las sociedades contemporáneas y en los entornos educativos enriquecidos con tecnologías inteligentes.

Para la investigación en educación matemática en Ecuador, esta evolución de la evidencia científica ofrece una oportunidad estratégica para orientar el diseño de políticas, programas y proyectos educativos basados en conocimiento empírico riguroso. La complejidad de los resultados internacionales no debe interpretarse como una limitación, sino como una fuente de información valiosa para identificar qué tipos de inteligencia artificial, bajo qué condiciones pedagógicas y para qué objetivos educativos pueden producir beneficios significativos en el contexto

ecuatoriano. La generación de evidencia local, contextualizada y metodológicamente sólida constituye, por tanto, una prioridad para el desarrollo de una educación matemática capaz de integrar la inteligencia artificial de manera crítica, efectiva y socialmente pertinente.

La acumulación de evidencia científica sobre los efectos de la inteligencia artificial en el aprendizaje de las matemáticas ha avanzado significativamente en la última década, pasando de estudios aislados con diseños descriptivos y muestras pequeñas a revisiones sistemáticas y meta-análisis que sintetizan los resultados de decenas o centenares de estudios primarios con metodologías rigurosas. Esta maduración metodológica del campo no ha producido respuestas simples sobre si la IA mejora o no el aprendizaje matemático: ha producido respuestas más complejas y más útiles sobre qué tipos de IA, en qué condiciones pedagógicas, para qué tipos de aprendizaje matemático y para qué perfiles de estudiantes producen los beneficios más significativos. Esta complejidad condicionada de la evidencia es exactamente lo que el investigador ecuatoriano en educación matemática necesita para tomar decisiones informadas sobre la integración de la IA en el sistema educativo del país.

### 5.1.1. Hallazgos Internacionales Recientes

La revisión sistemática de la literatura científica sobre IA en educación matemática publicada en Scielo Costa Rica (2024) sintetiza los hallazgos de los estudios más rigurosos del campo hasta ese momento. El análisis evidencia que la mayoría de los estudios se centra en sistemas de aprendizaje inteligente para mejorar el aprendizaje y apoyar la enseñanza, para la evaluación en línea, mientras que se constata la ausencia de investigaciones en el

nivel de educación infantil y muy pocas relacionadas con la formación de profesores. Esta brecha en la investigación sobre la formación docente es especialmente significativa porque los beneficios de cualquier sistema de IA para la educación matemática dependen en última instancia de la capacidad de los docentes de integrarlo pedagógicamente de manera efectiva: sin docentes con la formación necesaria, los sistemas más sofisticados producen beneficios marginales.

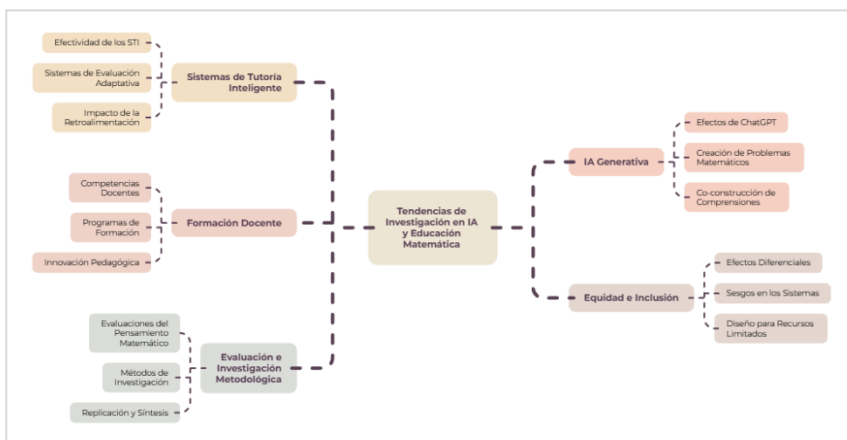
La innovación educativa, la inteligencia artificial y las nuevas metodologías de enseñanza que transforman el aprendizaje del futuro son examinadas en la revisión bibliométrica de Remulci (2026), que analiza 378 artículos indexados en Scopus y documenta que la implementación de sistemas de aprendizaje adaptativo, tutores inteligentes y plataformas educativas basadas en inteligencia artificial contribuye significativamente al incremento de la motivación estudiantil, favorece la participación en el proceso de aprendizaje y mejora la comprensión de los contenidos académicos. La evidencia sobre los sistemas de tutoría inteligente (STI) es especialmente robusta: estos sistemas producen ganancias de aprendizaje equivalentes a entre 0.4 y 1.2 desviaciones estándar sobre los métodos convencionales en los estudios más rigurosos, con mayor efectividad para los estudiantes con dificultades previas y menor efectividad para los de mayor rendimiento previo.

### 5.1.2. Tendencias de Investigación Educativa

Las tendencias más significativas en la investigación internacional sobre IA y educación matemática que están definiendo la agenda del campo para los próximos años incluyen: el desplazamiento desde el estudio de sistemas de tutoría inteligente

de dominio específico hacia sistemas de IA de propósito general (LLMs) y sus efectos sobre el aprendizaje matemático; el creciente interés en los efectos de la IA sobre el aprendizaje profundo y la transferencia, no solo sobre el rendimiento en evaluaciones estandarizadas; la atención emergente a los efectos de la IA sobre la identidad matemática y la autoeficacia, especialmente para los grupos históricamente sub-representados en matemáticas (mujeres, grupos étnicos minorizados); y el reconocimiento de la necesidad de investigación sobre la formación de docentes para el uso pedagógico de la IA, que es identificada consistentemente como la brecha más urgente del campo. La Figura 13 ilustra el mapa de tendencias de investigación en IA y educación matemática con mayor relevancia para el contexto ecuatoriano.

**Figura 13:** Mapa de tendencias de investigación en IA y educación matemática: áreas emergentes, brechas documentadas y relevancia para el Ecuador



*Nota.* Elaboración propia basada en la revisión sistemática de IA en educación matemática (SciELO Costa Rica, 2024), la revisión sobre IA generativa y aprendizaje matemático (Ciencia Latina, 2026) y la revisión bibliométrica de innovación educativa con IA (Remulci, 2026).

### 5.1.3. Impacto en el Razonamiento Matemático

El impacto de los sistemas de IA sobre el razonamiento matemático, en distinción de su impacto sobre el rendimiento en evaluaciones convencionales, es una de las preguntas de investigación más urgentes y menos respondidas del campo. La distinción importa porque los tipos de aprendizaje matemático que los sistemas de IA facilitan más fácilmente, el dominio procedimental y la memorización de hechos, son precisamente los que la investigación indica que la IA puede realizar por los estudiantes de manera más eficiente que cualquier inversión en enseñanza: si la IA puede calcular perfectamente, ¿qué valor tiene enseñar a los estudiantes a calcular? La respuesta pedagógica debe ser que el valor reside en el tipo de comprensión del cálculo que el proceso de aprender a hacerlo manualmente produce, una comprensión que luego permite usar los sistemas de IA con criterio y no simplemente como oráculos. Esta respuesta tiene implicaciones sobre qué impactos de la IA sobre el razonamiento matemático son positivos (los que potencian el razonamiento de alto nivel liberando al estudiante del cálculo rutinario) y cuáles son negativos (los que reemplazan el razonamiento del estudiante sin que este construya la comprensión que el proceso habría producido).

### 5.1.4. Beneficios Identificados

Los beneficios de la integración de la IA en la educación matemática que la investigación ha identificado con mayor consistencia y con mayor solidez empírica se sistematizan en la Tabla 19, con análisis de la evidencia que los respalda, del mecanismo de acción que los produce y de las condiciones de

efectividad y limitaciones específicas para el contexto educativo ecuatoriano.

**Tabla 19:** Beneficios identificados de la integración de la IA en la educación matemática: evidencia, mecanismos y condiciones para el Ecuador

<b>Beneficio documentado</b>	<b>Evidencia y mecanismo de acción</b>	<b>Condiciones y limitaciones en Ecuador</b>
Mejora de la comprensión conceptual	La retroalimentación inmediata y personalizada favorece el aprendizaje profundo.	Requiere diseño pedagógico adecuado y formación docente en IA.
Incremento de la motivación y el compromiso	La interacción adaptativa aumenta el interés y la participación del estudiante.	El impacto depende de actividades matemáticamente significativas.
Personalización del aprendizaje	Los sistemas adaptativos ajustan las trayectorias según las necesidades del estudiante.	La infraestructura tecnológica limita su implementación generalizada.
Retroalimentación formativa continua	La retroalimentación frecuente y específica mejora el desempeño y la autorregulación.	Resulta especialmente útil en contextos con alta relación estudiante-docente.

*Nota.* Elaboración propia basada en la revisión sistemática de IA en educación matemática (Scielo Costa Rica, 2024), la revisión sobre IA generativa y aprendizaje matemático (Ciencia Latina, 2026), la investigación sobre IA como apoyo didáctico en EGB Ecuador (Ciencia y Reflexión, 2026) y la innovación educativa con IA (Remulci, 2026).

Los beneficios sistematizados en la Tabla 19 configuran un argumento empíricamente fundamentado para la integración de la IA en la educación matemática ecuatoriana: los efectos sobre la comprensión conceptual, la motivación, la personalización y la retroalimentación son reales y verificables cuando las condiciones pedagógicas son adecuadas. Sin embargo, la sistematización

también revela con claridad que las condiciones de efectividad son exigentes: la formación docente, el diseño pedagógico riguroso, la infraestructura tecnológica adecuada y la honestidad sobre las limitaciones de los sistemas son todas condiciones necesarias que el sistema educativo ecuatoriano debe construir deliberadamente si aspira a realizar los beneficios documentados. La adopción de herramientas de IA sin estas condiciones produce costos sin los beneficios esperados, y puede generar frustración y rechazo que dificulte integraciones futuras más cuidadosas.

### 5.1.5. Limitaciones y Controversias

La evidencia sobre los beneficios de la IA para la educación matemática es real pero también tiene limitaciones y controversias que el investigador ecuatoriano debe conocer para interpretar críticamente la literatura y diseñar estudios que contribuyan a resolver las preguntas más urgentes. Las limitaciones metodológicas más frecuentes en los estudios existentes incluyen: muestras pequeñas que limitan la generalización de los hallazgos; períodos de intervención cortos que no permiten evaluar la durabilidad de los efectos; ausencia de grupos de control equivalentes que permitan atribuir los cambios observados al sistema de IA y no a otros factores; medición de los resultados mediante los mismos ítems o sistemas usados para el entrenamiento, lo que sobreestima el aprendizaje al confundirlo con la familiaridad con el formato de evaluación; y ausencia de medidas de los efectos sobre dimensiones del razonamiento matemático que trascienden el rendimiento en evaluaciones convencionales. La controversia más relevante del campo en el momento de escribir este libro es la que rodea al uso de los modelos de lenguaje de gran escala (LLMs) como tutores de matemáticas: los primeros estudios producen resultados contradictorios sobre si

estos sistemas desarrollan comprensión matemática o simplemente facilitan la producción de respuestas formalmente correctas sin comprensión subyacente, y la investigación necesaria para resolver esta controversia está en sus fases más iniciales.

## 5.2. Casos de Aplicación en Contextos STEAM

Los casos de aplicación de la inteligencia artificial en contextos STEAM constituyen una fuente de conocimiento particularmente valiosa para la investigación en educación matemática, ya que permiten analizar cómo las innovaciones tecnológicas se implementan en escenarios educativos reales y cuáles son los factores que condicionan su éxito o sus limitaciones. El estudio de estas experiencias proporciona evidencia empírica sobre las formas en que la inteligencia artificial puede integrarse en procesos de enseñanza y aprendizaje interdisciplinarios, ofreciendo a los investigadores y responsables educativos un conjunto de referentes concretos para la toma de decisiones. Para el contexto ecuatoriano, la revisión sistemática de experiencias internacionales representa una oportunidad para identificar tendencias, desafíos y posibilidades de innovación que puedan contribuir al fortalecimiento de la educación matemática y del enfoque STEAM.

Sin embargo, el análisis de casos internacionales debe realizarse desde una perspectiva crítica y contextualizada. La historia de las reformas educativas muestra que la transferencia directa de modelos exitosos entre países o sistemas educativos diferentes, rara vez produce los resultados esperados. Las condiciones institucionales, culturales, económicas y tecnológicas influyen de manera decisiva en el funcionamiento de cualquier innovación educativa. Por esta razón, el propósito de estudiar

experiencias internacionales no consiste en replicar mecánicamente programas o estrategias desarrolladas en otros contextos, sino en comprender los principios pedagógicos, metodológicos y organizacionales que explican sus resultados y evaluar críticamente su pertinencia para las realidades educativas nacionales.

Los casos más relevantes documentados en la literatura internacional muestran una amplia diversidad de aplicaciones de la inteligencia artificial en entornos STEAM. Entre ellas destacan los laboratorios virtuales inteligentes, los sistemas adaptativos de enseñanza de matemáticas, las plataformas de modelación científica asistida por inteligencia artificial, los entornos de programación educativa con retroalimentación automática y los sistemas de análisis de datos aplicados a proyectos interdisciplinarios. Estas experiencias comparten algunos elementos comunes: la integración de problemas auténticos, la promoción del aprendizaje basado en proyectos, el uso de datos reales y el fortalecimiento de competencias relacionadas con la investigación, la colaboración y el pensamiento crítico. La identificación de estos elementos recurrentes permite construir marcos de referencia útiles para futuras investigaciones e intervenciones.

En el contexto ecuatoriano, la utilización de casos internacionales como fuente de aprendizaje adquiere una relevancia particular debido a la necesidad de desarrollar modelos educativos capaces de responder simultáneamente a desafíos tecnológicos, sociales y territoriales. La diversidad geográfica, cultural y económica del país exige que las innovaciones educativas sean diseñadas con un alto grado de sensibilidad contextual. Los proyectos STEAM apoyados por inteligencia artificial orientados al análisis ambiental, la gestión de riesgos naturales, la agricultura

sostenible, la conservación de la biodiversidad o la mejora de los sistemas educativos representan oportunidades especialmente prometedoras para articular el aprendizaje matemático con problemas relevantes para la sociedad ecuatoriana.

La revisión y análisis de casos de aplicación en contextos STEAM debe entenderse, por tanto, como un proceso de construcción de conocimiento orientado a la adaptación y no a la reproducción. La principal contribución de estas experiencias no radica en proporcionar modelos acabados, sino en ofrecer evidencia sobre principios de diseño, estrategias de implementación y condiciones institucionales que favorecen el desarrollo de innovaciones educativas sostenibles. Para la investigación en educación matemática en Ecuador, el estudio crítico de estos casos constituye una herramienta fundamental para diseñar propuestas pedagógicas contextualizadas, científicamente fundamentadas y capaces de contribuir al fortalecimiento de un sistema educativo más innovador, inclusivo y preparado para los desafíos del siglo XXI.

Los casos de aplicación de la IA en contextos STEAM a distintos niveles del sistema educativo proporcionan al investigador ecuatoriano en educación matemática un repertorio de experiencias concretas desde las cuales puede aprender sobre qué funciona, en qué condiciones y con qué limitaciones, antes de diseñar implementaciones propias. La revisión de estos casos no tiene el propósito de identificar modelos que puedan trasladarse directamente al Ecuador sin adaptación: cada caso es específico al contexto en el que se desarrolló, y la transferencia acrítica de modelos entre contextos es uno de los errores más frecuentes de la política educativa. El propósito es extraer principios pedagógicos, metodológicos e institucionales que puedan orientar el diseño de implementaciones contextualmente pertinentes para el Ecuador,

con la comprensión de que esa pertinencia contextual es la condición más importante para el éxito de cualquier innovación educativa.

### 5.2.1. Educación Básica

En el nivel de educación básica, los casos de aplicación de la IA en contextos STEAM más documentados en la literatura internacional corresponden a sistemas de tutoría inteligente para aritmética y álgebra temprana (Carnegie Learning's Cognitive Tutor, DreamBox Learning), plataformas de exploración matemática adaptativa (Khan Academy con sus componentes de IA), y proyectos de ciencia ciudadana donde los estudiantes recolectan datos del entorno (contaminación, biodiversidad, clima) y los analizan con herramientas estadísticas de nivel básico. En el Ecuador, el proyecto más documentado en este nivel corresponde a la investigación de Ciencia y Reflexión (2026) sobre la IA como apoyo didáctico en matemáticas en EGB, que documenta que el sistema de IA, utilizado de manera pedagógica y planificada, contribuye al fortalecimiento del aprendizaje matemático, con mejoras en la comprensión conceptual y en la motivación de los estudiantes en escuelas de Santa Elena, aunque el estudio tiene las limitaciones metodológicas típicas de la investigación educativa ecuatoriana sobre IA: muestra reducida, período de intervención corto y ausencia de grupo de control equivalente.

### 5.2.2. Educación Secundaria

En el nivel de educación secundaria, los casos de mayor relevancia para el Ecuador incluyen proyectos de modelación matemática de fenómenos sociales y ambientales que usan herramientas computacionales accesibles para estudiantes de

bachillerato, proyectos de ciencia de datos básica con datos educativos del propio sistema, y experiencias de robótica educativa que integran las matemáticas del control y la geometría con el pensamiento computacional. La experiencia latinoamericana más relevante en este nivel es el programa de pensamiento computacional integrado al currículo de matemáticas implementado en varios países de la región, que documenta mejoras en el pensamiento algorítmico y en la resolución de problemas cuando la integración se diseña con criterios pedagógicos de educación matemática y no solo de informática. Para el Ecuador, el bachillerato es el nivel donde la articulación entre el pensamiento matemático avanzado y la preparación para la educación superior o para el mundo laboral puede ser más efectivamente promovida mediante proyectos STEAM con IA, con el doble beneficio de preparar para el examen de ingreso y para las competencias que la vida post-secundaria requiere.

### 5.2.3. Educación Superior

En el nivel de educación superior, los casos de aplicación de la IA en contextos STEAM abarcan desde la implementación de plataformas adaptativas en cursos de matemáticas básicas (cálculo, álgebra lineal, estadística) hasta proyectos de investigación con herramientas de ciencia de datos, pasando por laboratorios virtuales de experimentación matemática y sistemas de evaluación formativa con retroalimentación automatizada. La revisión sistemática sobre IA y aprendizaje matemático en educación superior (Ciencia Latina, 2026) documenta que los sistemas de IA producen beneficios significativos en los cursos de matemáticas básicas de las carreras STEM cuando se integran como componentes de un sistema de enseñanza más amplio que incluye instrucción directa, práctica guiada, retroalimentación

formativa y reflexión metacognitiva, y que los beneficios son significativamente menores cuando la IA se usa como sustituto de la instrucción en lugar de como complemento. Para las universidades ecuatorianas, la implementación en cursos masivos de matemáticas básicas (cálculo e introducción a la estadística) con decenas o centenas de estudiantes por grupo es el escenario de mayor potencial y mayor necesidad, dado que es en esos cursos donde la brecha entre la calidad de la instrucción disponible y las necesidades de los estudiantes es más pronunciada.

#### 5.2.4. Experiencias Latinoamericanas

Las experiencias latinoamericanas de integración de la IA en la educación matemática STEAM más documentadas y más relevantes para el Ecuador incluyen los programas de pensamiento computacional en Uruguay (Plan Ceibal), Argentina (Program.ar) y México (Aprende con IA), que han generado evidencia sobre las condiciones institucionales y pedagógicas que favorecen la adopción sostenida de la innovación en sistemas educativos con recursos limitados. La lección más consistente de estas experiencias latinoamericanas es que la sostenibilidad de las innovaciones con IA depende más de la formación y el compromiso de los docentes que de la sofisticación tecnológica de los sistemas implementados: los programas que invierten más en la formación docente que en la tecnología producen implementaciones más duraderas y aprendizajes de mayor calidad que los que priorizan la tecnología sobre las personas. Esta lección es especialmente valiosa para el Ecuador, donde la tentación de importar soluciones tecnológicas llave en mano es grande pero donde la inversión en el desarrollo de la capacidad pedagógica de los docentes tiene mayor potencial de impacto sostenible.

### 5.2.5. Casos Ecuatorianos Emergentes

Los casos ecuatorianos emergentes de integración de la IA en la educación matemática STEAM están en su mayoría en fases de implementación piloto o de documentación inicial, lo que refleja tanto la juventud del campo en el país como la falta de sistemas de documentación y difusión de las innovaciones que los docentes más comprometidos están desarrollando de manera individual y sin el apoyo institucional que haría posible su escalamiento y su sistematización. La transformación del aprendizaje de las matemáticas mediante las TIC documentada por Pérez Romero et al. en Sage Sphere (2025) y los proyectos de uso de herramientas de IA en estudiantes de bachillerato documentados por Ponce Altamirano y Cherre Antón (2025) representan la punta del iceberg de una innovación pedagógica matemática que ocurre en múltiples instituciones ecuatorianas sin el nivel de documentación, sistematización y difusión que le permitiría alimentar una conversación más amplia sobre el estado y las perspectivas de la educación matemática con IA en el país. La creación de sistemas de documentación y difusión de las innovaciones pedagógicas ecuatorianas en educación matemática es una de las tareas más urgentes y más productivas que la comunidad de investigadores del campo puede emprender.

### 5.3. Nuevos Perfiles Profesionales Basados en Matemáticas e IA

La convergencia entre las matemáticas y la inteligencia artificial está transformando profundamente el mercado laboral global y dando origen a perfiles profesionales que hace apenas una década eran inexistentes o altamente especializados. Estos nuevos perfiles se caracterizan por integrar conocimientos avanzados de

matemáticas, estadística, programación, análisis de datos e inteligencia artificial con competencias específicas relacionadas con distintos sectores de aplicación. La velocidad con la que estas transformaciones se están produciendo plantea importantes desafíos para los sistemas de educación superior, que deben adaptar sus programas formativos para responder a demandas profesionales emergentes y a contextos productivos crecientemente digitalizados y automatizados.

A diferencia de las profesiones tecnológicas tradicionales, los nuevos perfiles basados en matemáticas e inteligencia artificial no pueden entenderse como una simple ampliación de las competencias informáticas convencionales. Estos profesionales requieren una comprensión profunda de los fundamentos matemáticos que sustentan los algoritmos inteligentes, incluyendo áreas como el álgebra lineal, la probabilidad, la estadística, la optimización, la teoría de la información y la modelación matemática. Asimismo, deben desarrollar competencias relacionadas con el pensamiento computacional, el análisis crítico de datos, la interpretación de modelos predictivos y la evaluación de las implicaciones éticas y sociales derivadas del uso de sistemas automatizados. La integración de estas capacidades configura un perfil profesional complejo y altamente interdisciplinario.

Entre los perfiles emergentes con mayor proyección se encuentran los científicos de datos, los especialistas en analítica educativa, los diseñadores de sistemas de evaluación adaptativa, los investigadores en aprendizaje automático aplicado a la educación, los desarrolladores de contenidos educativos basados en inteligencia artificial y los expertos en ética y gobernanza de sistemas algorítmicos. Estos profesionales desempeñan funciones que requieren simultáneamente competencias técnicas avanzadas y una comprensión profunda de los contextos sociales, educativos

y organizacionales donde se implementan las tecnologías inteligentes. La creciente demanda internacional de estos perfiles evidencia la necesidad de transformar los modelos tradicionales de formación universitaria y de promover programas educativos interdisciplinarios capaces de responder a estas nuevas exigencias.

En el contexto ecuatoriano, la emergencia de estos perfiles profesionales plantea desafíos particularmente relevantes para las instituciones de educación superior. La mayoría de los programas universitarios continúa organizándose según estructuras disciplinares tradicionales que dificultan la formación integrada en matemáticas, inteligencia artificial y áreas de aplicación específicas. Esta situación genera una brecha significativa entre las competencias demandadas por el mercado laboral, las necesidades de innovación del sector público y privado, y las capacidades formativas actualmente disponibles en el país. La investigación en educación matemática y en educación superior tiene la responsabilidad de analizar cuáles son las competencias prioritarias, qué modelos curriculares resultan más adecuados y qué estrategias institucionales pueden facilitar la formación de estos nuevos profesionales.

La formación de perfiles profesionales basados en matemáticas e inteligencia artificial debe ser entendida como una prioridad estratégica para el desarrollo científico, tecnológico y educativo del Ecuador. La capacidad de formar profesionales capaces de comprender, diseñar, evaluar y utilizar sistemas inteligentes desde una perspectiva matemática rigurosa tendrá implicaciones directas sobre la competitividad, la innovación y la soberanía tecnológica del país. Para la investigación en educación matemática, este escenario representa una oportunidad histórica para contribuir al diseño de nuevos modelos de formación

interdisciplinaria, fortaleciendo la articulación entre conocimiento matemático, desarrollo tecnológico y transformación social en el contexto de las sociedades contemporáneas.

La convergencia entre las matemáticas y la inteligencia artificial está generando perfiles profesionales genuinamente nuevos que no existían hace una década y que el sistema de educación superior ecuatoriano no está formando todavía con la especificidad y la escala que la demanda del mercado laboral y las necesidades del sistema educativo del país requieren. Estos nuevos perfiles no son simplemente los informáticos de la generación anterior con algunas matemáticas adicionales: son profesionales que integran comprensión matemática profunda, competencias de pensamiento estadístico y computacional, y comprensión pedagógica o sectorial del dominio de aplicación, en una combinación que actualmente ningún programa de formación ecuatoriano proporciona de manera integrada.

### 5.3.1. Ciencia de Datos

El científico de datos es el perfil profesional más demandado a nivel global en la intersección entre matemáticas y tecnología, y uno de los más escasos en el Ecuador contemporáneo. El científico de datos no es simplemente un estadístico con habilidades de programación ni un programador con algunos conocimientos estadísticos: es un profesional con comprensión matemática profunda de los métodos de análisis, con competencias computacionales para implementarlos a escala, con comprensión del dominio de aplicación que le permite formular preguntas relevantes y con habilidades de comunicación que le permiten traducir los resultados matemáticos en comprensiones accionables para distintas audiencias. En el contexto ecuatoriano,

la demanda de científicos de datos se concentra en el sector financiero y de seguros, en las empresas de tecnología, en las instituciones del gobierno que gestionan grandes volúmenes de datos (INEC, BCE, MSP, MINEDUC) y en las organizaciones internacionales que operan en el país.

### 5.3.2. Ingeniería de Inteligencia Artificial

El ingeniero de IA es el profesional que diseña, implementa y mantiene los sistemas de inteligencia artificial que operan en distintos dominios: desde los sistemas de recomendación de las plataformas de comercio electrónico hasta los sistemas de análisis de imágenes médicas, pasando por los sistemas de gestión de la cadena de suministro y los sistemas de análisis de datos educativos. La formación del ingeniero de IA requiere una base matemática sólida (álgebra lineal, cálculo multivariable, probabilidad y estadística), competencias de programación avanzadas (Python, C++, frameworks de IA como TensorFlow y PyTorch) y comprensión del dominio de aplicación. En el Ecuador, la formación de ingenieros de IA es todavía incipiente: los programas de ingeniería informática y de software están adaptando gradualmente sus currículos para incluir contenidos de aprendizaje automático y de IA, pero la integración de la base matemática profunda que la formación requiere sigue siendo deficiente en la mayoría de los programas nacionales.

### 5.3.3. Analítica Educativa

El especialista en analítica educativa es el perfil profesional más directamente relevante para la investigación en educación matemática ecuatoriana: el profesional que aplica métodos de ciencia de datos al análisis de los procesos y resultados educativos

con el propósito de mejorar la calidad del aprendizaje, reducir las brechas de equidad y orientar las decisiones pedagógicas e institucionales con evidencia empírica. Este perfil requiere la articulación de competencias estadísticas y computacionales con comprensión pedagógica profunda: el analista educativo que solo tiene formación técnica sin comprensión pedagógica produce análisis que los docentes no pueden interpretar ni usar; y el que solo tiene formación pedagógica sin competencias técnicas no puede producir los análisis rigurosos que la evidencia demanda. Esta articulación es precisamente la que los programas de formación existentes en el Ecuador raramente producen.

#### 5.3.4. Innovación Tecnológica

El innovador tecnológico en educación matemática es el profesional que diseña, desarrolla y evalúa nuevas herramientas y sistemas tecnológicos para la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas, con comprensión simultánea de las posibilidades de la tecnología y de las necesidades y las condiciones del aprendizaje matemático. Este perfil es el más escaso en el Ecuador porque requiere una combinación de competencias que ningún programa de formación proporciona de manera integrada: la ingeniería de software necesaria para desarrollar herramientas funcionales, la comprensión matemática profunda necesaria para garantizar que las herramientas son matemáticamente sólidas, y la comprensión pedagógica necesaria para garantizar que las herramientas producen el tipo de aprendizaje que se aspira. Los desarrolladores de las herramientas matemáticas de mayor éxito internacional, GeoGebra, Desmos, Wolfram Alpha, son todos ejemplos de este perfil híbrido que el sistema de formación ecuatoriano debe comenzar a producir deliberadamente.

### 5.3.5. Profesiones Emergentes

Más allá de los perfiles identificables con claridad en el mercado laboral actual, la convergencia entre las matemáticas y la IA está generando profesiones emergentes que todavía no tienen nombres completamente establecidos pero cuya demanda es creciente y verificable. La Tabla 20 examina cuatro de estos perfiles emergentes con especial relevancia para el sistema educativo ecuatoriano, con análisis de las competencias matemáticas que requieren y de las perspectivas de demanda en el mercado ecuatoriano.

**Tabla 20:** Perfiles profesionales emergentes en la intersección entre matemáticas e IA: competencias requeridas y perspectivas en el Ecuador

<b>Perfil profesional emergente</b>	<b>Competencias matemáticas centrales</b>	<b>Perspectiva y recomendación para Ecuador</b>
Científico de datos educativos	Estadística, analítica educativa, programación y visualización de datos.	Perfil con demanda creciente que requiere programas interdisciplinarios de formación.
Diseñador de sistemas de evaluación adaptativa	Psicometría, TRI, evaluación computarizada y análisis de equidad.	Perfil estratégico para fortalecer los sistemas nacionales de evaluación.
Investigador en educación matemática computacional	Inferencia causal, modelado estadístico avanzado y didáctica de la matemática.	Se requiere ampliar la formación de posgrado y la investigación nacional.
Desarrollador de contenidos matemáticos con IA	Diseño instruccional, dominio curricular y uso crítico de IA generativa.	Presenta alto potencial de crecimiento y demanda de contenidos contextualizados.

*Nota.* Elaboración propia basada en el análisis de las tendencias del mercado laboral en la intersección entre matemáticas e IA, la revisión

sobre IA y educación matemática (Scielo Costa Rica, 2024) y las perspectivas del sistema educativo ecuatoriano.

Los perfiles profesionales emergentes sistematizados en la Tabla 20 configuran una agenda de transformación curricular para las universidades ecuatorianas que forman matemáticos, estadísticos, ingenieros y docentes de matemáticas: no se trata de reemplazar los programas existentes con programas completamente nuevos, sino de articular deliberadamente las competencias que actualmente se forman de manera separada en programas distintos, creando los puentes interdisciplinarios que producen los perfiles híbridos que el mercado demanda. Esta articulación requiere decisiones institucionales sobre colaboración entre facultades o departamentos que históricamente han operado de manera autónoma, lo que hace de la gobernanza universitaria uno de los factores más determinantes del éxito o el fracaso de las innovaciones curriculares que los nuevos perfiles requieren.

#### **5.4. Desafíos para la Educación Matemática del Futuro**

Los desafíos que enfrenta la educación matemática en el Ecuador durante el siglo XXI son más amplios, complejos y urgentes que los observados en cualquier período previo de su desarrollo histórico. Las transformaciones tecnológicas, científicas y sociales asociadas con la expansión de la inteligencia artificial, la automatización, la ciencia de datos y la digitalización de la vida cotidiana están modificando profundamente las formas en que las personas aprenden, trabajan y participan en la sociedad. En este escenario, la educación matemática no puede limitarse a realizar ajustes superficiales en sus programas o metodologías, sino que debe replantear de manera integral sus objetivos, contenidos y

estrategias pedagógicas para responder a las nuevas demandas de una sociedad crecientemente mediada por sistemas inteligentes.

Uno de los principales desafíos consiste en redefinir los propósitos mismos de la enseñanza de las matemáticas. Durante gran parte del siglo XX, una proporción importante de la educación matemática estuvo orientada al desarrollo de competencias procedimentales y algorítmicas cuya utilidad práctica se justificaba por la necesidad de realizar cálculos, resolver ecuaciones o ejecutar procedimientos manuales complejos. Sin embargo, la disponibilidad creciente de sistemas de inteligencia artificial capaces de ejecutar muchas de estas tareas con niveles elevados de precisión obliga a reconsiderar cuáles son las competencias matemáticas que deben priorizarse en la formación de las nuevas generaciones. La comprensión conceptual, el razonamiento crítico, la modelación, la argumentación, la creatividad matemática y la capacidad de interpretar sistemas complejos emergen como dimensiones cada vez más relevantes del aprendizaje matemático.

Un segundo desafío se relaciona con la transformación de las metodologías de enseñanza y aprendizaje. La educación matemática del futuro deberá incorporar estrategias pedagógicas basadas en la resolución de problemas auténticos, la investigación, la modelación matemática, la experimentación computacional y la integración interdisciplinaria propia del enfoque STEAM. Asimismo, será necesario desarrollar formas de interacción pedagógica donde la inteligencia artificial funcione como una herramienta de apoyo para la exploración, la simulación y la construcción de conocimiento, y no simplemente como un mecanismo de automatización de respuestas. Esta transformación exige nuevas competencias docentes, nuevos recursos educativos y nuevas formas de organización institucional que permitan aprovechar el

potencial de las tecnologías emergentes sin perder de vista los objetivos formativos fundamentales.

En el contexto ecuatoriano, estos desafíos se ven amplificados por la existencia de brechas estructurales relacionadas con la infraestructura tecnológica, la formación docente, la producción de investigación educativa y la equidad en el acceso a oportunidades de aprendizaje. La construcción de una educación matemática capaz de responder a los desafíos del futuro requiere políticas públicas sostenidas, inversión en investigación, fortalecimiento de los programas de formación inicial y continua del profesorado y el desarrollo de ecosistemas de innovación educativa articulados con las necesidades sociales y productivas del país. La diversidad cultural, territorial y socioeconómica del Ecuador exige, además, que las soluciones propuestas sean sensibles a las particularidades de los distintos contextos educativos nacionales.



El reto de repensar integralmente la educación matemática constituye, al mismo tiempo, el desafío más complejo y la oportunidad más significativa para la actual generación de investigadores ecuatorianos en educación matemática. La necesidad de construir nuevos marcos conceptuales, desarrollar metodologías innovadoras y generar evidencia empírica contextualizada abre un campo de investigación de enorme relevancia científica y social. Más que adaptar un sistema educativo existente a nuevas tecnologías, se trata de participar activamente en la construcción de una nueva concepción de la educación matemática, capaz de formar ciudadanos, profesionales e investigadores preparados para comprender, cuestionar y transformar las sociedades inteligentes del siglo XXI. En este sentido, el futuro de la educación matemática en Ecuador dependerá en gran medida de la capacidad de la comunidad académica para convertir la incertidumbre actual en una oportunidad de innovación, reflexión crítica y transformación educativa.

Los desafíos para la educación matemática del futuro en el Ecuador son más numerosos, más complejos y más urgentes que en cualquier período anterior de la historia del campo. No se trata simplemente de actualizar los contenidos del currículo para incluir temas de inteligencia artificial o de agregar un curso de programación a los planes de estudio: se trata de repensar fundamentalmente los propósitos, los contenidos, las metodologías y los sistemas de evaluación de la educación matemática en un mundo donde la disponibilidad de sistemas de IA capaces de realizar muchas de las tareas que históricamente justificaban la enseñanza de las matemáticas hace que esas justificaciones convencionales sean progresivamente insuficientes. Este reto de repensar la educación matemática en su

totalidad es al mismo tiempo el desafío más difícil y la oportunidad más significativa que la generación actual de investigadores ecuatorianos en educación matemática tiene ante sí.

#### 5.4.1. Transformaciones Curriculares

Las transformaciones curriculares necesarias para que la educación matemática ecuatoriana produzca el tipo de pensamiento matemático que la era de la IA requiere son de dos tipos que deben diferenciarse cuidadosamente. El primer tipo son las transformaciones de adición: la incorporación de nuevos contenidos que el currículo actual no incluye, como el pensamiento estadístico robusto, el pensamiento computacional, la modelación de sistemas complejos y la comprensión de los fundamentos matemáticos de la IA. El segundo tipo son las transformaciones de sustitución y reorientación: el reemplazo de contenidos que la IA hace obsoletos como objetivos de enseñanza (cálculo manual de estadísticos que cualquier calculadora puede hacer, manipulaciones algebraicas rutinarias que los sistemas de álgebra computacional ejecutan perfectamente) por comprensiones matemáticas más profundas que los sistemas de IA no pueden sustituir. La confusión entre estos dos tipos de transformación es fuente de errores de política educativa: la adición de nuevos contenidos sin la eliminación o reducción de los que la IA hace obsoletos produce currículos sobrecargados que no pueden implementarse con calidad en el tiempo disponible.

#### 5.4.2. Formación de Talento Matemático

La formación de talento matemático de alto nivel es una necesidad estratégica para el Ecuador del siglo XXI que el sistema educativo nacional no está atendiendo con la prioridad que merece.

Los estudiantes ecuatorianos con talento matemático excepcional frecuentemente no son identificados tempranamente por sistemas educativos que miden el rendimiento matemático mediante evaluaciones que premian la velocidad procedimental más que la profundidad del razonamiento; cuando son identificados, raramente tienen acceso a las oportunidades de enriquecimiento matemático (olimpiadas, programas de aceleración, mentorías con investigadores) que en otros países están disponibles; y cuando llegan a la universidad, frecuentemente encuentran que los programas de matemáticas del país no tienen la profundidad ni la exigencia que sus capacidades demandan, orientando su talento hacia la emigración o hacia campos donde el mercado recompensa más sus capacidades. La retención y el desarrollo del talento matemático en el Ecuador requiere inversiones específicas en identificación temprana, enriquecimiento en todos los niveles educativos y programas de investigación universitaria con exigencia real que ofrezcan a los estudiantes más capaces una alternativa a la emigración como única forma de desarrollar su potencial.

### 5.4.3. Brechas Tecnológicas

Las brechas tecnológicas en el sistema educativo ecuatoriano que limitan el aprovechamiento del potencial de la IA para la educación matemática son múltiples y de distinta naturaleza, y no pueden resolverse con una sola intervención o en un solo período de gobierno. La Tabla 21 examina las cuatro dimensiones más críticas de las brechas tecnológicas en la educación matemática ecuatoriana, con análisis de su magnitud, sus manifestaciones específicas y las estrategias de reducción más prometedoras para el corto y mediano plazo.

**Tabla 21:** Brechas tecnológicas en la educación matemática ecuatoriana: dimensiones críticas, magnitud y estrategias de reducción para el corto y mediano plazo

<b>Dimensión de la brecha</b>	<b>Manifestación en el sistema educativo ecuatoriano</b>	<b>Estrategia de reducción recomendada</b>
Infraestructura digital	Limitaciones de conectividad y acceso a dispositivos, especialmente en zonas rurales.	Implementar soluciones offline y fortalecer la infraestructura digital pública.
Formación docente en IA y matemáticas	Escasa preparación pedagógica para integrar la IA en la enseñanza matemática.	Desarrollar programas de formación continua y comunidades de práctica.
Investigación local sobre IA y aprendizaje matemático	Producción científica limitada y poco articulada.	Impulsar redes de investigación y financiamiento especializado.
Equidad en el acceso a la IA educativa	Desigual acceso a herramientas y oportunidades de aprendizaje.	Promover políticas de acceso universal y recursos educativos inclusivos.

*Nota.* Elaboración propia basada en el análisis de las brechas digitales en el sistema educativo ecuatoriano, la investigación sobre IA en educación básica (Ciencia y Reflexión, 2026) y las perspectivas de la política educativa nacional.

Las brechas tecnológicas sistematizadas en la Tabla 21 no son simplemente problemas técnicos que la inversión en infraestructura puede resolver: son expresiones de desigualdades estructurales más profundas del sistema educativo ecuatoriano que se manifiestan en el dominio digital de la misma manera que se manifiestan en otros dominios. La brecha de infraestructura refleja

la desigualdad territorial de la inversión pública; la brecha de formación docente refleja la insuficiencia histórica de los sistemas de formación continua; la brecha de investigación local refleja la escasa inversión en ciencia y tecnología del país; y la brecha de equidad en el acceso a los beneficios de la IA refleja las desigualdades de clase, etnia y territorio que el sistema educativo reproduce en lugar de compensar. Abordar las brechas tecnológicas en educación matemática requiere, por lo tanto, no solo políticas de tecnología educativa sino políticas más amplias de justicia educativa que ataquen sus raíces estructurales.

#### 5.4.4. Ética de los Sistemas Inteligentes

La ética de los sistemas inteligentes en la educación matemática es una dimensión de los desafíos del futuro que la investigación apenas está comenzando a abordar con la seriedad que merece. Los dilemas éticos más urgentes incluyen: la privacidad de los datos de aprendizaje matemático de los estudiantes que los sistemas de IA recopilan y procesan, y el derecho de los estudiantes a que esos datos no sean usados para decisiones que les afectan sin su conocimiento y consentimiento; la equidad de los sistemas de evaluación adaptativa que pueden reproducir o amplificar las desigualdades educativas preexistentes si sus algoritmos heredan los sesgos de los datos de entrenamiento; la transparencia de los sistemas de recomendación de trayectorias educativas que orientan las decisiones de los estudiantes sobre qué estudiar y qué carreras seguir; y la autonomía intelectual de los estudiantes que usan sistemas de IA matemática potentes sin desarrollar las comprensiones que les permitirían usar esos sistemas con criterio y no simplemente con dependencia. Para el Ecuador, estos dilemas tienen una dimensión adicional

relacionada con la soberanía digital: la mayoría de los sistemas de IA para educación matemática disponibles son desarrollados por corporaciones del Norte Global con agendas que no necesariamente corresponden a los valores del sistema educativo ecuatoriano o a los derechos reconocidos en su Constitución.

#### 5.4.5. Sostenibilidad Educativa

La sostenibilidad educativa de las innovaciones en educación matemática con IA es el desafío más frecuentemente subestimado en la literatura y en la política educativa ecuatoriana: muchos proyectos de integración de la IA en la educación matemática funcionan durante el período de financiamiento externo, de entusiasmo inicial o de supervisión investigativa, y luego se abandonan cuando esas condiciones desaparecen. La sostenibilidad requiere que las innovaciones produzcan beneficios suficientemente evidentes para los docentes como para que decidan voluntariamente mantenerlas sin los incentivos externos que las iniciaron; que las instituciones construyan las capacidades internas necesarias para sostenerlas sin la asistencia técnica de los promotores originales; y que el sistema de formación docente continua incluya las competencias necesarias como parte de su oferta regular y no como una actividad extraordinaria de un proyecto específico. Diseñar innovaciones en educación matemática con IA que sean intrínsecamente sostenibles, es decir, que generen sus propias condiciones de reproducción, es el desafío de diseño más sofisticado que los investigadores ecuatorianos en educación matemática enfrentan.

## 5.5. Prospectivas hacia una Matemática Aumentada por IA

Las prospectivas de la educación matemática en la era de la inteligencia artificial no pueden entenderse como una simple proyección lineal de las tendencias tecnológicas y educativas actuales. Toda prospectiva educativa implica la construcción de un horizonte normativo que orienta las decisiones presentes y permite evaluar críticamente las políticas, los currículos y las prácticas pedagógicas que se implementan en un determinado contexto histórico. En este sentido, la discusión sobre el futuro de la educación matemática no consiste únicamente en anticipar qué tecnologías estarán disponibles en las próximas décadas, sino en definir qué tipo de ciudadanos, profesionales e investigadores se desea formar y qué papel desempeñarán las matemáticas en esa formación. La inteligencia artificial plantea la necesidad de repensar profundamente esta relación entre conocimiento matemático, tecnología y desarrollo humano.

El concepto de matemática aumentada por inteligencia artificial propone una visión en la que las capacidades humanas y las capacidades computacionales no compiten entre sí, sino que se potencian mutuamente. En este modelo, la inteligencia artificial no sustituye el razonamiento matemático humano, sino que amplía sus posibilidades de exploración, representación, simulación y análisis. Los sistemas inteligentes pueden asumir tareas relacionadas con el cálculo masivo, la visualización compleja, la optimización y el procesamiento de grandes volúmenes de datos, mientras que los seres humanos aportan capacidades de interpretación, creatividad, argumentación, juicio crítico y comprensión contextual. La matemática aumentada se configura, por tanto, como una nueva forma de actividad intelectual en la que

el conocimiento matemático se desarrolla mediante la interacción permanente entre personas y sistemas inteligentes.

Esta perspectiva implica una transformación profunda de las finalidades tradicionales de la educación matemática. La pregunta central deja de ser qué procedimientos deben memorizar los estudiantes y pasa a ser qué formas de comprensión matemática les permitirán utilizar críticamente las herramientas de inteligencia artificial disponibles. La capacidad de formular problemas, construir modelos, interpretar resultados, evaluar incertidumbres, identificar sesgos y tomar decisiones fundamentadas adquiere una relevancia superior a la ejecución manual de procedimientos que pueden ser automatizados. En consecuencia, la educación matemática del futuro deberá orientarse hacia el desarrollo de competencias de alto nivel cognitivo que permitan a los estudiantes interactuar de manera reflexiva, ética y creativa con sistemas cada vez más sofisticados.

En el contexto ecuatoriano, la construcción de una matemática aumentada por inteligencia artificial representa simultáneamente un desafío y una oportunidad histórica. La existencia de brechas en infraestructura tecnológica, formación docente e investigación educativa no debe interpretarse como un impedimento definitivo, sino como una evidencia de la necesidad de desarrollar estrategias de transformación sostenidas y contextualizadas. La inversión en formación especializada del profesorado, el fortalecimiento de la investigación nacional en educación matemática, la ampliación del acceso a recursos tecnológicos y el diseño de currículos fundamentados en evidencia científica constituyen condiciones indispensables para avanzar hacia este horizonte. Asimismo, la diversidad geográfica, cultural y social del Ecuador ofrece oportunidades únicas para desarrollar

modelos de integración entre matemáticas e inteligencia artificial adaptados a las necesidades y características del país.

La matemática aumentada por inteligencia artificial no debe concebirse como una aspiración utópica reservada para sistemas educativos altamente desarrollados o para instituciones de élite. Por el contrario, representa un horizonte alcanzable y deseable para el sistema educativo ecuatoriano, siempre que las decisiones políticas, académicas e institucionales se orienten hacia la construcción de capacidades sostenibles y hacia la generación de conocimiento local. La principal contribución de esta perspectiva es reconocer que el futuro de la educación matemática no dependerá exclusivamente del desarrollo tecnológico, sino de la capacidad colectiva para diseñar modelos educativos que integren el rigor matemático, la innovación tecnológica y el compromiso social. Para la investigación en educación matemática en Ecuador, esta tarea constituye uno de los desafíos intelectuales y educativos más importantes del presente siglo.

Las prospectivas de la educación matemática en la era de la IA no son simplemente una extrapolación de las tendencias actuales: son la construcción activa de un horizonte normativo desde el que se pueden evaluar las decisiones pedagógicas, curriculares e institucionales del presente. La matemática aumentada por IA, concepto que articula la comprensión matemática humana con las capacidades computacionales de los sistemas de IA en una relación de potenciación mutua, es el horizonte más prometedor y más exigente que la educación matemática puede proponerse como proyecto colectivo para el Ecuador del siglo XXI. Esta matemática aumentada no es un objetivo utópico reservado para las instituciones de élite del Norte Global: es un horizonte alcanzable para el sistema educativo ecuatoriano si se realizan las inversiones correctas en formación

docente, investigación educativa local, infraestructura digital y diseño curricular basado en evidencia que este libro ha argumentado a lo largo de sus cinco capítulos.

### 5.5.1. Convergencia entre Inteligencia Humana y Artificial

La convergencia entre la inteligencia matemática humana y la inteligencia artificial no es la sustitución de la primera por la segunda sino la creación de sistemas cognitivos híbridos donde las fortalezas de cada tipo de inteligencia se potencian mutuamente: la IA con su capacidad de procesamiento masivo de información, de búsqueda exhaustiva en espacios de posibilidades enormes y de implementación impecable de algoritmos establecidos; y el matemático humano con su comprensión del significado de los problemas, su capacidad de formular preguntas genuinamente nuevas, su sensibilidad estética sobre qué resultados matemáticos son profundos o elegantes y su responsabilidad ética sobre las consecuencias de los sistemas que diseña. Esta convergencia está redefiniendo qué significa ser matemáticamente competente en el siglo XXI: ya no simplemente tener habilidades que la IA podrá eventualmente replicar, sino tener las comprensiones que hacen posible dirigir la IA hacia los problemas correctos y evaluar críticamente los resultados que produce.

### 5.5.2. Nuevos Modelos de Aprendizaje

Los nuevos modelos de aprendizaje matemático que la convergencia entre la inteligencia humana y la artificial está generando son el objeto de investigación más activo del campo en el momento actual y el que mayor potencial de transformación pedagógica tiene para el sistema educativo ecuatoriano. La Tabla 22 examina cuatro modelos emergentes con análisis de sus

fundamentos matemáticos y pedagógicos, y de las prospectivas para su implementación en el sistema educativo ecuatoriano del futuro próximo.

**Tabla 22:** Nuevos modelos emergentes de aprendizaje matemático con IA: fundamentos, principios y prospectivas para el Ecuador

<b>Modelo emergente de aprendizaje matemático</b>	<b>Principios matemáticos y pedagógicos</b>	<b>Prospectiva para el sistema educativo ecuatoriano</b>
Aprendizaje co-creativo con IA generativa	La IA y el estudiante construyen conocimiento mediante diálogo, exploración y validación matemática.	Requiere fortalecer las bases matemáticas para una interacción crítica y productiva con la IA.
Matemática aumentada con IA	La IA amplía las capacidades de cálculo, simulación y análisis del estudiante.	Orienta el currículo hacia el razonamiento conceptual y la comprensión profunda.
Aprendizaje basado en investigación con datos reales	El aprendizaje surge de la resolución de problemas auténticos mediante datos y herramientas de IA.	Demanda proyectos de investigación y vinculación contextualizados al Ecuador.
Comunidades de práctica matemática mediadas por IA	La construcción colectiva del conocimiento se apoya en plataformas y herramientas inteligentes.	Puede fortalecer la colaboración docente y la innovación educativa en el país.

*Nota.* Elaboración propia basada en la revisión bibliométrica de innovación educativa con IA (Remulci, 2026), la revisión sistemática de IA en educación matemática (Scielo Costa Rica, 2024) y las prospectivas del aprendizaje matemático en la era de la IA.

Los modelos emergentes de aprendizaje matemático sistematizados en la Tabla 22 comparten una característica que los distingue de los modelos de integración tecnológica convencionales: todos ellos reposicionan al estudiante como agente activo del proceso de aprendizaje en lugar de receptor pasivo de los contenidos que el sistema de IA proporciona. Esta distinción es fundamental para el diseño de las políticas de integración de la IA en la educación matemática ecuatoriana: la clave no es qué herramientas de IA se proporcionan a los estudiantes sino qué tipo de relación con esas herramientas se diseña pedagógicamente. La misma herramienta puede producir dependencia sin comprensión o comprensión profunda y transferible, según cómo se diseñe la actividad pedagógica que la envuelve.



### 5.5.3. Matemáticas para la Innovación Global

Las matemáticas para la innovación global son las formas de pensamiento matemático que permiten a los individuos y a las organizaciones contribuir a la solución de los problemas más importantes del mundo: el cambio climático, la resistencia antimicrobiana, la desigualdad económica creciente, la gobernanza de la IA y la sostenibilidad de los sistemas alimentarios. Estos problemas son genuinamente globales en el sentido de que sus soluciones requieren la colaboración de personas de todo el mundo, pero también son genuinamente locales en el sentido de que sus manifestaciones específicas en el Ecuador tienen características que solo el conocimiento local puede capturar con la precisión necesaria para orientar las soluciones. El investigador ecuatoriano en educación matemática que forma estudiantes capaces de contribuir a estos proyectos globales desde el conocimiento profundo del contexto local está realizando la contribución más significativa que puede hacer a la posición del Ecuador en el mundo del siglo XXI.

### 5.5.4. Pensamiento Matemático para la Sociedad Algorítmica

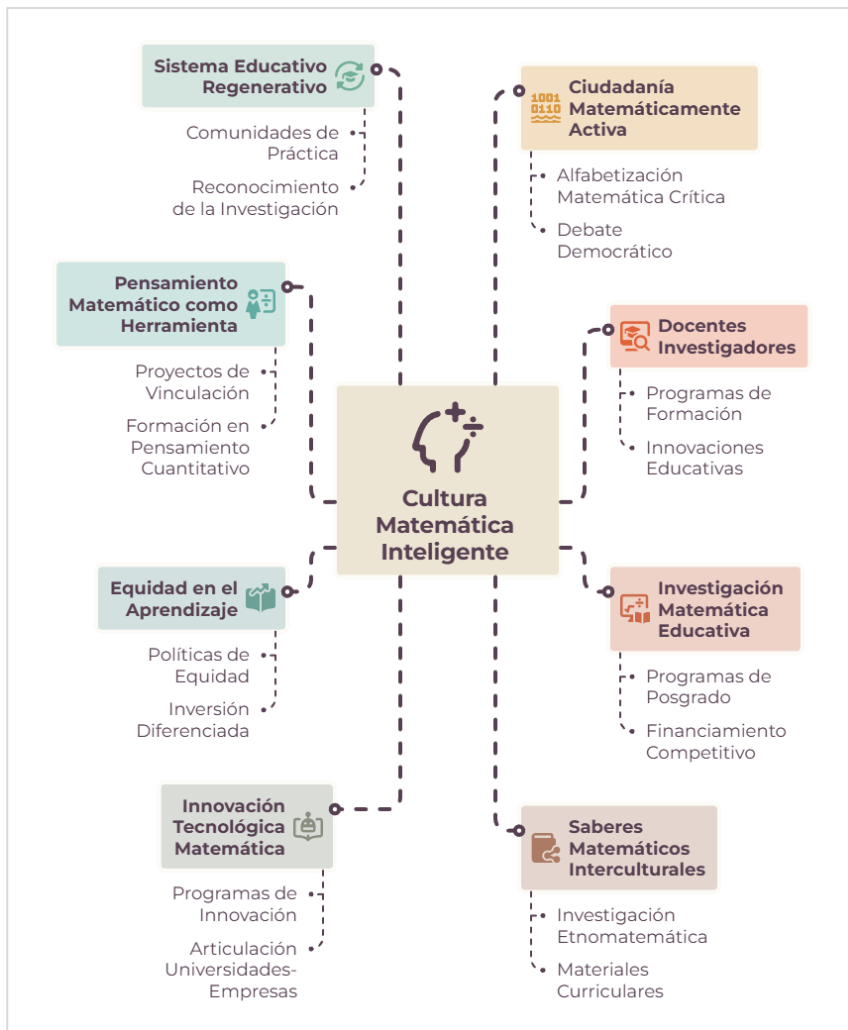
La sociedad algorítmica es aquella en la que los algoritmos, y por lo tanto las matemáticas que los fundamentan, juegan un papel central en la organización de los sistemas sociales, económicos y políticos: en la asignación de recursos, en la toma de decisiones sobre personas, en la mediación de las relaciones sociales y en la distribución de la información. Vivir en la sociedad algorítmica como ciudadano activo y no como súbdito pasivo de los sistemas algorítmicos requiere el tipo de alfabetización matemática crítica que este libro ha propuesto a lo largo de sus cinco capítulos: la comprensión de cómo funcionan los algoritmos,

la capacidad de identificar sus sesgos y sus limitaciones, la disposición a cuestionar sus premisas y la habilidad de participar en el debate democrático sobre cómo deben diseñarse y gobernarse los sistemas que afectan la vida colectiva. Para el Ecuador, donde la sociedad algorítmica se está construyendo con una velocidad que supera la capacidad de los marcos regulatorios y de la ciudadanía informada de orientarla, esta dimensión del pensamiento matemático tiene una urgencia que trasciende lo pedagógico para alcanzar lo político y lo constitucional.

### 5.5.5. Hacia una Cultura Matemática Inteligente

La cultura matemática inteligente que este libro propone como horizonte para la educación matemática ecuatoriana del siglo XXI es aquella en la que las matemáticas son valoradas no como un conjunto de procedimientos para pasar exámenes sino como un modo de pensar con el que los ciudadanos comprenden, cuestionan y contribuyen a transformar el mundo; en la que la IA es usada no como sustituto del pensamiento matemático sino como potenciador de las formas de razonamiento más complejas y más profundas que el ser humano puede alcanzar; y en la que la diversidad de saberes matemáticos de los pueblos y nacionalidades ecuatorianos es reconocida y valorada como parte del patrimonio matemático de la humanidad y no relegada a la condición de curiosidad etnográfica. La Figura 14 cierra el libro ilustrando esta visión de la cultura matemática inteligente que puede guiar el trabajo de los investigadores, los docentes y los diseñadores de política educativa del Ecuador en las décadas que vienen.

**Figura 14:** Visión de una cultura matemática inteligente para el Ecuador del siglo XXI: dimensiones, actores y horizonte transformador



*Nota.* Elaboración propia basada en el análisis integrado de los cinco capítulos del libro y la visión de una cultura matemática inteligente para el Ecuador del siglo XXI como horizonte normativo de la investigación en educación matemática.

La visión de cultura matemática inteligente representada en la Figura 14 no es una utopía inalcanzable: es un horizonte construido a partir de las posibilidades reales que la convergencia entre el pensamiento matemático humano y la inteligencia artificial está generando, y de los recursos ya existentes en el sistema educativo ecuatoriano que solo necesitan ser articulados y potenciados de manera más deliberada e inteligente. Los investigadores en educación matemática que producen conocimiento riguroso sobre el aprendizaje matemático ecuatoriano, los docentes que innovan con criterio y evalúan el impacto de sus innovaciones, las instituciones que invierten en la formación continua de sus docentes y en la investigación de sus propias prácticas, y los decisores de política que fundamentan sus decisiones en evidencia empírica en lugar de en tendencias o en presiones corporativas, son todos actores que ya están construyendo, desde sus posiciones específicas, los componentes de esa cultura matemática inteligente que el Ecuador del siglo XXI necesita y merece.

Pensamiento Matemático en la Era de la IA: Redefiniendo el Enfoque STEAM en la Educación ha recorrido en cinco capítulos el territorio más dinámico y más urgente de la investigación en educación matemática contemporánea: la transformación del pensamiento matemático que la era de la inteligencia artificial está produciendo, las matemáticas que subyacen a los sistemas de IA que moldean el mundo ecuatoriano, el potencial del enfoque STEAM con las matemáticas como núcleo integrador para producir aprendizajes más ricos y más pertinentes, las estrategias pedagógicas con mayor evidencia de efectividad para potenciar el pensamiento matemático avanzado y la evidencia empírica, los casos de aplicación y las prospectivas que orientan las decisiones del presente hacia el horizonte del futuro.

El argumento central que este libro ha construido es simple en su formulación pero exigente en sus implicaciones: en la era de la inteligencia artificial, el pensamiento matemático profundo es más importante que nunca precisamente porque es más escaso que nunca en relación con las capacidades que los sistemas de IA poseen. La educación matemática que forma estudiantes capaces de ejecutar algoritmos que una calculadora puede ejecutar mejor no tiene futuro; la que forma estudiantes capaces de comprender qué algoritmos son apropiados para qué problemas, de evaluar críticamente los resultados que los sistemas de IA producen, de formular las preguntas que los sistemas de IA no pueden formular y de asumir la responsabilidad ética de las consecuencias de los sistemas matemáticos que diseñan, tiene no solo futuro sino una urgencia que la historia de la educación raramente ha producido con tanta claridad. El Ecuador tiene la oportunidad, los recursos humanos y la necesidad de construir esa educación matemática del futuro. El trabajo de los investigadores en educación matemática ecuatoriana es convertir esa oportunidad en realidad.

## Referencias

- Inteligencia artificial y transformación de la enseñanza matemática universitaria: evidencia sistemática, desafíos éticos y modelos emergentes de aprendizaje adaptativo. (2026). Revista Multidisciplinar Epistemología de las Ciencias. <https://www.omniscens.com/index.php/rmec/article/view/606>
- Inteligencia Artificial en educación matemática: Una revisión sistemática. (2024). Scielo Costa Rica. [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2215-34702024000100357](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2215-34702024000100357)
- Inteligencia Artificial Generativa y Aprendizaje de Matemáticas en Educación Superior: Una Revisión Sistemática. (2026). Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar. <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/22374>
- Inteligencia Artificial como Apoyo Didáctico en la Enseñanza de las Matemáticas en Estudiantes de Educación General Básica. (2026). Ciencia y Reflexión, 5(1). <https://cienciayreflexion.org/index.php/Revista/article/view/1035>
- Innovación educativa, inteligencia artificial y nuevas metodologías de enseñanza para transformar el aprendizaje del futuro. (2026). Remulci. <https://www.reincisol.com/ojs/index.php/Remulci/article/view/1581>
- Pérez Romero, D. F., Calapucha, J. G., Barbotó Márquez, A. S., y Uvidia Armijo, L. A. (2025). La transformación del aprendizaje de las matemáticas mediante las TIC. Sage

Sphere International Journal, 2(1).  
<https://sagespherejournal.com/index.php/SSIJ/article/view/9>

Ponce Altamirano, D. R., y Cherre Antón, C. A. (2025). Herramientas de inteligencia artificial en estudiantes de bachillerato. *Aula Virtual*, 6(13), 2325–2342.  
<https://doi.org/10.5281/zenodo.18023700>

Quiroz Rosas, V. (2023). Aplicaciones de inteligencia artificial aliadas en la enseñanza de las matemáticas. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 7454–7467.  
[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i4.7498](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7498)

Alvarez Piza, R. A., Del Hierro Pérez, M. C., Vera Molina, R. M., Moran Piguave, G. D., Pareja Mancilla, S. S., Narváez Hoyos, J. J., y Bernal Parraga, A. P. (2024). Desarrollo del pensamiento lógico a través de la resolución de problemas en matemáticas: estrategias eficaces para la educación básica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(5), 2212–2229.  
[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i5.13686](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.13686)

Barrionuevo Ganchozo, S. A., Pillasagua Celorio, M. K., Villacís Vásquez, X. H., y Víneces Llaguno, L. S. (2025). Estrategia educativa para potenciar el aprendizaje de las matemáticas. *Sinergia Académica*.  
<https://sinergiaacademica.com/index.php/sa/article/download/700/1457/2769>

Cosquillo Chida, J. L., Burneo Cosios, L. A., Cevallos Cevallos, F. R., Moposita Lasso, J. F., y Bernal Parraga, A. P. (2025). Innovación didáctica con TIC en el aprendizaje de matemáticas: estrategias interactivas para potenciar el pensamiento lógico y la resolución de problemas. *Revista*

Iberoamericana de la Educación, 9(1), 269–286.  
<https://doi.org/10.31876/rie.v9i1.299>

Estrategia basada en resolución de problemas matemáticos y razonamiento algebraico. (2025). Revista Ogma. <https://revistaogma.com/index.php/home/article/download/140/292/592>

Estrategia didáctica basada en el razonamiento lógico matemático para fortalecer el aprendizaje en EGB: revisión sistemática. (2025). Sage Sphere International Journal. <https://editorialjogb.com/index.php/SSIJ/article/view/462>

Ponce Salas, I. M. (2026). Estrategias didácticas centradas en el razonamiento lógico–matemático y su impacto académico en estudiantes universitarios. Sapiens EduTech Journal. <https://sapiensjournal.ec/index.php/sedutech/article/view/617>

Aplicación del enfoque STEAM en la enseñanza de matemáticas en Educación Básica. (2025). Revista Científica de Innovación Educativa y Sociedad Actual ALCON. <https://soeici.org/index.php/alcon/article/view/792>

STEAM modelo educativo para el aprendizaje inclusivo: retos y oportunidades. (2025). LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades. <https://latam.redilat.org/index.php/lt/article/view/4007>

El modelo STEAM como enfoque pedagógico innovador en la educación inicial de Ecuador. (2025). Chakiñán. Revista de Ciencias Sociales y Humanidades (Scielo Senescyt). [https://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2550-67222025000200256](https://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2550-67222025000200256)

Núñez De Luca, J. M., Flores Ponce, J. A., Chasi Amangandi, M. A., y González Cruz, C. V. (2025). Aplicación de entornos experimentales virtuales en la enseñanza universitaria de física y matemáticas. Reincisol. [https://doi.org/10.59282/reincisol.V4\(8\)](https://doi.org/10.59282/reincisol.V4(8))

Tomalá, V. (2022). La metodología STEAM y su aporte en el aprendizaje matemático. Scielo Venezuela. [https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2665-02822024000100222](https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2665-02822024000100222)

Uso de modelos de inteligencia artificial en la optimización de la enseñanza de matemáticas en la educación superior. (2024). Reincisol. <https://www.reincisol.com/ojs/index.php/reincisol/article/view/419>

Pérez Ruiz, D. A. (2025). Matemáticas Aplicadas e Inteligencia Artificial: perspectivas desde la experiencia. Gaceta UNACH. <https://gaceta.unach.mx/numeros/item/579-diego>

Uso de las matemáticas en modelos de inteligencia artificial. (2025). Ciencia y Educación, Revista Científica. <https://www.cienciayeducacion.com/index.php/journal/article/view/1346>

Uso de modelos de inteligencia artificial en la optimización de la enseñanza de matemáticas en la educación superior. (2024). Reincisol, Revista de Investigación Científica y Social. <https://www.reincisol.com/ojs/index.php/reincisol/article/view/419>

Villegas, E., et al. (2024). Matemáticas Aplicadas a la Programación: Una Revisión sobre la Solución de Algoritmos Complejos. ResearchGate.

<https://www.researchgate.net/publication/385663622>

Integración de la Inteligencia Artificial en la Enseñanza de las Matemáticas: Impacto en la Comprensión Conceptual y la Motivación del Estudiante. (2025). ASCE MAGAZINE. <https://magazineasce.com/index.php/1/article/view/423>

Importancia de las matemáticas en el Machine Learning. (2024). OpenWebinars.

<https://openwebinars.net/blog/matematicas-machine-learning/>

Andrade-Manguay, M., Sánchez-Sánchez, A., Valle-Chicaiza, W., Paucar-Tubon, E., Constante-Amores, A., Núñez-Oñate, T., Mejía-Escalante, J., Salinas-Ramos, V., Núñez-Aldas, S., y Fiallos-Núñez, L. (2023). La inteligencia artificial en el dominio del sistema educativo: un estudio cuantitativo desde el desarrollo y evolución de la matemática. Polo del Conocimiento, 8(9), 1561–1572.

Cedillo Arce, J. M., Quizphe Quizphe, J. K., De La Rosa Illescas, L. S., y Proaño Castro, M. F. (2025). El pensamiento lógico matemático en la educación. RECIMUNDO, 9(2). <https://www.recimundo.com/index.php/es/article/download/2690/3523/4782>

El nuevo trabajo matemático: Un desafío en constante renovación para la educación matemática. (2024). ResearchGate. <https://www.researchgate.net/publication/387203385>

Inteligencia Artificial como Apoyo Didáctico en la Enseñanza de las Matemáticas en Estudiantes de Educación General Básica.

(2026). Ciencia y Reflexión, 5(1).  
<https://cienciayreflexion.org/index.php/Revista/article/view/1035>

Núñez De Luca, J. M., Flores Ponce, J. A., Chasi Amangandi, M. A., y González Cruz, C. V. (2025). Aplicación de entornos experimentales virtuales en la enseñanza universitaria de física y matemáticas: estrategias de innovación pedagógica para el desarrollo de competencias científicas en el ámbito STEM. Reincisol. [https://doi.org/10.59282/reincisol.V4\(8\)](https://doi.org/10.59282/reincisol.V4(8))

Open Mathematical Tasks as a Didactic Response to Generative Artificial Intelligence in Post-AI Contexts. (2025). arXiv. <https://arxiv.org/pdf/2602.09242>



El libro **Pensamiento Matemático en la Era de la IA: Redefiniendo el Enfoque STEAM en la Educación** analiza cómo la inteligencia artificial está transformando la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas dentro del enfoque STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas). La obra plantea que el pensamiento matemático continúa siendo una competencia esencial para comprender, interpretar y resolver problemas complejos, pero que su desarrollo requiere nuevas metodologías apoyadas en tecnologías emergentes. A partir de esta premisa, se exploran las oportunidades que ofrece la IA para fortalecer el razonamiento lógico, la creatividad y la capacidad de análisis de los estudiantes.

A lo largo de sus capítulos, el libro presenta estrategias didácticas que integran herramientas de inteligencia artificial, aprendizaje basado en proyectos, análisis de datos y recursos digitales para promover experiencias educativas más dinámicas y personalizadas. Asimismo, se destacan propuestas interdisciplinarias que conectan las matemáticas con la programación, la robótica, la ingeniería y las ciencias, favoreciendo el desarrollo de competencias propias del siglo XXI. La obra también ofrece ejemplos prácticos y orientaciones para diseñar actividades que fomenten la investigación, la colaboración y la innovación en el aula.

Finalmente, el texto reflexiona sobre el papel del docente en un escenario educativo cada vez más influenciado por la inteligencia artificial, enfatizando la necesidad de fortalecer las competencias digitales y pedagógicas para integrar estas tecnologías de manera ética y responsable. Más que sustituir el razonamiento humano, la IA se presenta como una herramienta que potencia el aprendizaje, permitiendo que el pensamiento matemático evolucione hacia un enfoque STEAM más contextualizado, inclusivo y orientado a la resolución de los desafíos del mundo contemporáneo.

