

INTELIGENCIA ARTIFICIAL

EXPERIENCIAS Y REFLEXIONES SOBRE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA



ALEXANDRO ESCUDERO-NAHÓN
EDITOR

Transdigital[®]
editorial

INTELIGENCIA ARTIFICIAL

EXPERIENCIAS Y REFLEXIONES SOBRE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

ALEXANDRO ESCUDERO-NAHÓN

EDITOR

ALEJANDRO GUADALUPE RINCÓN CASTILLO, ALEXANDRO ESCUDERO-NAHÓN, ALMA DELIA OTERO ESCOBAR, ANDREA SÁNCHEZ-RUIZ, ANDRÉS VALENCIA SÁNCHEZ, ANTONIO FRANCO VADILLO, ANTONIO JUAN CAPISTRAN ABUNDEZ, ARTURO GONZÁLEZ TORRES, AURA PATRICIA HERNÁNDEZ OLICÓN, BLANCA CECILIA LÓPEZ RAMÍREZ, CÁNDIDA MARCELA RODRÍGUEZ CHÁVEZ, CARLOS ENRIQUE LEVET RIVERA, CARLOS ZEPEDA-LUGO, CAROLINA MEDINA GARCÍA, CECILIA ESPERANZA OSTOS CRUZ, CESAIRE CHIATCHOUA, CHRISTIAN PAULINA MENDOZA TORRES, CLARA ROSALVA MERCADO-LÓPEZ, CLAUDIA MARGARITA GARCÍA PAULIN, DANIEL ALBERTO MEJÍA HERRERA, DIEGO ESCUDERO-SÁNCHEZ, ELENA ELSA BRICIO-BARRIOS, ELIZABETH VANESSA TENIENTE GASCA, ELSA SUÁREZ JASSO, EMMA PATRICIA MERCADO-LÓPEZ, ERIK CARBAJAL-DEGANTE, FABIÁN GÓMEZ SANTIAGO, FRANCISCO ANTONIO TORRES-ESPRIÚ, FRANCISCO DE JESÚS MATA GÓMEZ, FRANCISCO GUADALUPE AVENDAÑO ESPARZA, GEORGINA DEL CARMEN MOTA VALTIERRA, GERARDO QUIROZ BOJORGES, GUILLERMO VARGAS RODRÍGUEZ, HÉCTOR ALFREDO BAPTISTA GONZALES, HUMBERTO AGUIRRE BECERRA, INÉS GUADALUPE GERMÁN AGUILAR, ITZIA NALLELY GUZMÁN MEJÍA, , IVETTE SELENE MARAÑÓN LIZÁRRAGA, JOSÉ ANTONIO CISNEROS JIMÉNEZ, JOSÉ CRISTÓBAL SOLÍS POLLORENA, JOSÉ LUIS BAUTISTA LÓPEZ, JUAN CARLOS LOBATO-VALDESPINO, JULIA DOLORES TOSCANO GARIBAY, KARINA GUADALUPE CORTINA CALDERÓN, LEONARDO ELIPHAS DAZA RAMÍREZ, LEONARDO LEDESMA DOMÍNGUEZ, LUCIA MORALES-MORALES, LUIS ALONSO CASTAÑEDA NEGRETE, LUIS JAVIER RAÚL OBREGÓN HERRIN, LUIS RAMÓN CARREÑO DURÁN, LUZ ANGÉLICA MONDRAGÓN DEL ANGEL, MA. CRISTINA VÁZQUEZ HERNÁNDEZ, MANUEL RAMÓN GONZÁLEZ HERRERA, MARCOS SANCHEZ-LIZARRAGA, MARIAJOSÉ LÓPEZ LAIZA, MARIO ALBERTO DOMÍNGUEZ-ROVIRA, MARYSOL ESTRELLA HERNÁNDEZ GARCÍA, MIGUEL ÁNGEL MEDINA ROMERO, MIREILLE TOLEDO BLAS, MODESTA LORENA HERNÁNDEZ SÁNCHEZ, MÓNICA LORENA SÁNCHEZ LIMÓN, NALLELY GUADALUPE HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ, OCTAVIO REYES LÓPEZ, PAVEL DAVID ULISES AVENDAÑO LÓPEZ, RAMAR MENDOZA DÍAZ, RITA ÁVILA ROMERO, RODRIGO OCHOA FIGUEROA, SALVADOR ORTIZ SANTOS, SANTIAGO ARCEO-DIAZ, TANIA HAIDÉE TORRES CHÁVEZ, TOMÁS PERALTA PALAZÓN, VITERVO LÓPEZ-CABALLERO Y XÓCHITL TRUJILLO-TRUJILLO.

AUTORES Y AUTORAS

Título original: Inteligencia artificial: experiencias y reflexiones sobre la investigación científica / Alexandro Escudero-Nahón (Editor) — Ciudad de Querétaro, México: Editorial Transdigital, 2026 — 457 páginas.

International Standard Book Number (ISBN): 978-968-9724-25-4.

Digital Object Identifier (DOI) del libro: <https://doi.org/10.56162/transdigitalbc12>

Clasificación DEWEY. Materia: 370.7—Estudio y enseñanza de la educación. Tipo de Contenido: Libros universitarios.
Clasificación thema: JN—Educación. Tipo de soporte: libro digital gratuito descargable. Formato: PDF. Tamaño: 8.3 Mb.



Este libro es una publicación de acceso abierto con los principios de Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY-NC-SA). Esta licencia permite a los reutilizadores distribuir, remezclar, adaptar y desarrollar el material en cualquier medio o formato únicamente con fines no comerciales y siempre que se otorgue la atribución al creador. Si remezcla, adapta o construye sobre el material, debe licenciar el material modificado bajo términos idénticos.

Esta obra ha sido dictaminada por pares académicos expertos con el método de doble ciego. Los dictámenes están resguardados en los archivos de la Editorial *Transdigital*.

D.R. 2026 Alexandro Escudero-Nahón (Editor).

D.R. 2026 Autores y autoras.

D.R. 2026 Sello Editorial *Transdigital*.



Sociedad de Investigación sobre Estudios Digitales, S. C. Nombre de marca: *Transdigital*. Dirección: Circuito Altos Juriquilla 1132. Colonia Altos Juriquilla. C. P. 76230, Juriquilla, Querétaro, México.
+52 (442)301 32 38. editorial@transdigital.mx www.editorial.transdigital.mx



Registro en el Padrón Nacional de Editores como agente editor Sociedad de Investigación sobre Estudios Digitales, S. C., con el Dígito Identificador 978-607-99594.



Afiliación a la Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana (CANIEM) con el número 4069, de conformidad con el artículo 17 de la Ley de Cámaras Empresariales y sus Confederaciones en vigor.

Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas de la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) de México con el folio: RENIECYT 2400068.



Sugerencia de referencia para el libro en APA 7a. edición:

Escudero-Nahón, A. (2026) (Editor). *Inteligencia artificial: experiencias y reflexiones sobre la investigación científica*. Editorial Transdigital. <https://doi.org/10.56162/transdigitalbc12>

CONTENIDO

00. ANÁLISIS DE LAS EXPERIENCIAS Y REFLEXIONES SOBRE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA.....	9
Alexandro Escudero-Nahón y Diego Escudero-Sánchez	
01. CONDICIONES SOCIALES EN LA PLANEACIÓN ESTRATÉGICA PARA LA ADQUISICIÓN DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LAS ORGANIZACIONES	29
José Antonio Cisneros Jiménez	
02. EMPLOYMENT SITUATION FOR RECENT UNIVERSITY GRADUATES IN MEXICO CITY (2020-2024).....	43
Mariajosé López Laiza, Rita Ávila Romero y Cesaire Chiatichoua	
03. INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y PALEOGENÓMICA PREDICTIVA: INCOMPATIBILIDAD RH Y KELL EN EL COLAPSO DEMOGRÁFICO NEANDERTAL.....	58
Luis Ramón Carreño Durán, Aura Patricia Hernández Olicón, Antonio Franco Vadillo, Mireille Toledo Blas, Fabián Gómez Santiago y Héctor Alfredo Baptista Gonzales	
04. JUSTICIA ALGORÍTMICA Y GOBERNANZA ÉTICA ANTE LOS SESGOS DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL	77
Alma Delia Otero Escobar, Cecilia Esperanza Ostos Cruz y Elsa Suárez Jasso	
05. INTELIGENCIA ARTIFICIAL GENERATIVA Y ÉTICA PROFESIONAL EN LA CONTADURÍA PÚBLICA.....	96
Leonardo Eliphaz Daza Ramírez y Francisco de Jesús Mata Gómez	
06. INTEGRACIÓN DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN PROCESOS DE INVESTIGACIÓN EN INSTITUCIONES EDUCATIVAS EN ZACATECAS, MÉXICO.....	123
Alejandro Guadalupe Rincón Castillo, Cándida Marcela Rodríguez Chávez, Luis Alonso Castañeda Negrete y Daniel Alberto Mejía Herrera	
07. ¿PUEDEN LAS MÁQUINAS SALVAR AL MAÍZ? APRENDIZAJE PROFUNDO PARA LA DETECCIÓN DE PLAGAS	142
Antonio Juan Capistran-Abundez, Vitervo López-Caballero, Lucía Morales-Morales y Andrea Sánchez-Ruiz	

08.	
TRIPLE CONVERGENCIA EN LA ERA DE LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL DEL TURISMO: CIENCIA DE DATOS, INTELIGENCIA ANALÍTICA Y GESTIÓN DE DESTINOS	159
Manuel Ramón González Herrera y Carolina Medina García	
09.	
USO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL COACHING EMPRESARIAL (2024): REVISIÓN DE LITERATURA	175
Arturo González Torres, Gerardo Quiroz Bojorges y Pavel David Ulises Avendaño López	
10.	
EL USO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LOS PROCESOS DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA	193
Marysol Estrella Hernández García	
11.	
HACIA UNA NUEVA PRAXIS DE CIENCIA ABIERTA DOMINADA POR DATOS MASIVOS E INTELIGENCIA ARTIFICIAL GENERATIVA	208
Erik Carbajal-Degante y Leonardo Ledesma-Domínguez	
12.	
LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL DERECHO: USO PRÁCTICO Y TRANSICIÓN REGULATORIA	224
Carlos Enrique Levet Rivera, Modesta Lorena Hernández Sánchez y Ramar Mendoza Díaz	
13.	
ENVEJECIMIENTO DIGNO EN MÉXICO: DETECCIÓN EN TIEMPO REAL DEL NIVEL DE RIESGO DE SARCOPENIA MEDIANTE INTELIGENCIA ARTIFICIAL	238
Santiago Arceo-Díaz, Xóchitl Trujillo-Trujillo y Elena Elsa Bricio-Barrios	
14.	
EL IMPACTO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL GENERATIVA EN LA ARQUITECTURA EDITORIAL Y EL CRECIMIENTO EXPONENCIAL DE LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA EN SALUD.....	251
Salvador Ortiz Santos, Georgina del Carmen Mota Valtierra, Humberto Aguirre Becerra, Blanca Cecilia López Ramírez y Ma. Cristina Vázquez Hernández	
15.	
FACTORES CRÍTICOS DE ÉXITO PARA IMPLEMENTAR LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LAS UNIDADES DE CUIDADOS INTENSIVOS.....	265
Carlos Zepeda-Lugo, Marcos Sanchez-Lizarraga e Ivette Selene Marañón Lizárraga	

16.	ESCUCHA HUMANA E INTELIGENCIA ARTIFICIAL: LÍMITES Y ALCANCES EN LA INVESTIGACIÓN MUSICAL	280
	José Luis Bautista López, Guillermo Vargas Rodríguez y Luis Javier Raúl Obregón Herrin	
17.	EVOLUCIÓN DE LA REPRESENTACIÓN GRÁFICA: DEL TRAZO HUMANO AL ALGORITMO.....	295
	Luz Angélica Mondragón del Angel e Inés Guadalupe Germán Aguilar	
18.	CONOCIMIENTO O APARIENCIA: EL ESTATUTO EPISTÉMICO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL GENERATIVA.....	312
	Tomás Peralta Palazón	
19.	ENTRE EL PROMPT Y EL DISEÑO: EXPERIENCIAS DE CO-CREACIÓN CRÍTICA HUMANO-INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EDUCACIÓN SUPERIOR.....	325
	Juan Carlos Lobato-Valdespino y Claudia Margarita García Paulín	
20.	APLICACIÓN DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA GESTIÓN ADMINISTRATIVA DE LAS MICRO, PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN	343
	Elizabeth Vanessa Teniente Gasca, Octavio Reyes López y Christian Paulina Mendoza Torres	
21.	MODELOS Y APLICACIONES DE MACHINE LEARNING EN LA ESTRATIFICACIÓN DE RIESGO CLÍNICO.....	359
	Julia Dolores Toscano Garibay	
22.	ENTRE PRINCIPIOS Y PRÁCTICA: REVISIÓN DE MARCOS REGULATORIOS Y ÉTICOS SOBRE INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA	374
	Miguel Ángel Medina Romero, Tania Haidée Torres Chávez y Rodrigo Ochoa Figueroa	
23.	INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL PROCESO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA: USOS, EXPERIENCIAS Y LIMITACIONES.....	389
	Emma Patricia Mercado-López y Clara Rosalva Mercado-López	

24.	
LA MEDIACIÓN EPISTÉMICA DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL GENERATIVA EN LA CIENCIA CONTEMPORÁNEA.....	406
Andrés Valencia Sánchez y José Cristóbal Solís Pollorena	
25.	
ANÁLISIS DOCUMENTAL DE LA ADOPCIÓN Y HUMANIZACIÓN DE ASISTENTES DIGITALES BASADOS EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL	422
Karina Guadalupe Cortina Calderón, Nallely Guadalupe Hernández Hernández y Mónica Lorena Sánchez Limón	
26.	
DEL ANDAMIAJE CON INTELIGENCIA ARTIFICIAL A LA AUTONOMÍA: EVALUACIÓN DE CÓDIGO ESTADÍSTICO EN INGENIERÍA	442
Francisco Antonio Torres-Espriú, Itzia Nallely Guzmán Mejía, Francisco Guadalupe Avendaño Esparza y Mario Alberto Domínguez-Rovira	



26.

**DEL ANDAMIAJE CON INTELIGENCIA ARTIFICIAL
A LA AUTONOMÍA: EVALUACIÓN DE CÓDIGO
ESTADÍSTICO EN INGENIERÍA**

FRANCISCO ANTONIO TORRES-ESPRIÚ

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA, MÉXICO
ORCID: 0000-0002-8403-742X

ITZIA NALLELY GUZMÁN MEJÍA

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA, MÉXICO
ORCID: 0009-0006-3576-9823

FRANCISCO GUADALUPE AVENDAÑO ESPARZA

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA, MÉXICO
ORCID: 0009-0009-4031-8463

MARIO ALBERTO DOMÍNGUEZ-ROVIRA

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA, MÉXICO
ORCID: 0000-0001-6670-2468

DOI del capítulo del libro: <https://doi.org/10.56162/transdigitalbc12.26>

26.

DEL ANDAMIAJE CON INTELIGENCIA ARTIFICIAL A LA AUTONOMÍA: EVALUACIÓN DE CÓDIGO ESTADÍSTICO EN INGENIERÍA

INTRODUCCIÓN

La educación en ingeniería atraviesa un cambio de paradigma impulsado por la democratización de la inteligencia artificial (IA). En particular, la enseñanza de la programación y el análisis de datos ha pasado de un enfoque puramente sintáctico a uno asistido, donde herramientas de IA generativa (IAG) actúan como colaboradores en la escritura de código. Sin embargo, esta integración no está exenta de riesgos pedagógicos. El presente trabajo nace de una observación crítica en las aulas de una universidad pública del sur de Sonora, México: la creciente dependencia de los estudiantes hacia los *Large Language Models* (LLM) y la consecuente erosión de su autonomía cognitiva.

Bajo el marco propuesto por Ouyang y Jiao (2021), la relación entre el estudiante y la tecnología ha transitado hacia un paradigma de *aprendiz como colaborador*, donde la IA no solo dirige el aprendizaje, sino que apoya la ejecución de tareas complejas. Este modelo se alinea con el concepto clásico de andamiaje de Vygotsky (1978), que sugiere que el aprendizaje se facilita mediante apoyos temporales. En el contexto de la estadística descriptiva, el lenguaje *Python* representa una barrera de entrada significativa. Como señalan Thorgeirsson y Weidmann (2024), la programación textual impone una carga extrínseca que a menudo compete con los recursos mentales necesarios para comprender los conceptos estadísticos. La IA, en teoría, debería reducir esta carga al automatizar la sintaxis, permitiendo que el alumno se concentre en la semántica de los datos.

No obstante, la realidad observada tras ocho semanas de instrucción sugiere un fenómeno de sobredependencia. Durante este periodo, la IA no fue una imposición docente, sino un recurso voluntario para la depuración de errores (*debugging*) y la clarificación sintáctica. A pesar de esta libertad, se detectó una *ilusión de competencia*: al delegar la lógica de programación a la herramienta, el estudiante percibe una maestría que se desvanece

al retirar el asistente. Esta investigación documenta un experimento pedagógico donde se eliminó el andamiaje digital en una evaluación crítica. El objetivo no fue medir el rendimiento académico como un fin aislado, sino analizar cómo la asistencia constante puede, paradójicamente, inhibir la formación de esquemas mentales autónomos.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Para comprender el impacto de la IAG en la enseñanza de la programación estadística, es imperativo analizar la intersección entre la didáctica de la estadística, las demandas cognitivas de los lenguajes de programación y los nuevos paradigmas de interacción humano-computadora.

LA EVOLUCIÓN DE LA ENSEÑANZA ESTADÍSTICA Y EL RETO DE LA PROGRAMACIÓN

La educación estadística en el nivel superior ha transitado de un enfoque centrado en el cálculo manual de fórmulas a uno orientado al Análisis Exploratorio de Datos (EDA) y el pensamiento computacional. Autores como Tishkovskaya y Lancaster (2012) señalan que el siglo XXI exige que los estudiantes no solo comprendan la probabilidad teórica, sino que sean capaces de manipular, visualizar e interpretar conjuntos de datos reales. En este contexto, el uso de herramientas tecnológicas dejó de ser opcional para convertirse en el núcleo de la alfabetización estadística (Ben-Zvi, 2000).

Recientemente, lenguajes de programación como *Python* se han consolidado como el estándar para la ciencia de datos debido a la versatilidad de librerías como *Pandas* y *Matplotlib*. Riyantoko et al. (2025) destacan que el autoaprendizaje de la estadística fundamental mediante *Python* permite a los estudiantes implementar soluciones de nivel profesional. Sin embargo, la transición hacia el uso de código textual en etapas tempranas de formación introduce barreras pedagógicas severas. A diferencia de las interfaces gráficas de usuario (GUI) tradicionales, la programación requiere una precisión absoluta; la omisión de un solo carácter (un error de sintaxis) impide la ejecución del análisis, generando frustración y desviando la atención del estudiante: del concepto estadístico al error informático.

TEORÍA DE LA CARGA COGNITIVA EN LA PROGRAMACIÓN TEXTUAL

El aprendizaje simultáneo de la estadística y la programación puede analizarse a través de la lente de la teoría de la carga cognitiva propuesta por Sweller (1988). Esta teoría postula que la memoria de trabajo humana es limitada y que la instrucción debe diseñarse

para optimizar estos recursos. Sweller divide la carga cognitiva en tres dimensiones: intrínseca (la dificultad inherente a la tarea, como entender la Regla de Sturges), extrínseca (la carga innecesaria generada por el formato de instrucción o las herramientas) y germana (el esfuerzo mental constructivo que crea esquemas en la memoria a largo plazo).

En la educación en ingeniería en software, los programadores novatos enfrentan una carga extrínseca desproporcionada. Robins et al. (2003) documentaron que los principiantes carecen de los esquemas mentales que permiten a los expertos leer el código de forma fluida. Más recientemente, Thorgeirsson y Weidmann (2024) confirmaron empíricamente que *Python* impone una carga cognitiva intrínseca y extrínseca significativamente mayor en comparación con lenguajes de programación visual. Cuando un estudiante intenta calcular una distribución de frecuencias en *Python*, su memoria de trabajo se satura tratando de recordar si el comando correcto es `value_counts()`, `cut()` o `hist()`, lo que deja recursos mentales insuficientes (carga germana) para interpretar qué significa realmente esa distribución en el contexto del problema.

EL ANDAMIAJE COGNITIVO Y LOS PARADIGMAS DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Para mitigar esta saturación cognitiva, la educación ha recurrido históricamente al concepto *andamiaje* (*scaffolding*), teorizado por Vygotsky (1978). El andamiaje consiste en proporcionar apoyos temporales que permiten al estudiante resolver problemas que están más allá de su capacidad de desarrollo independiente (su zona de desarrollo próximo), con el objetivo de retirar gradualmente dicha ayuda a medida que se adquiere competencia.

Con la democratización de modelos como *ChatGPT* o *Google Gemini*, el andamiaje ha evolucionado de ser una intervención docente a una asistencia algorítmica constante. Ouyang y Jiao (2021) proponen que la integración de la IA en la educación se divide en tres paradigmas: IA-dirigida (el alumno como receptor), IA-soportada (el alumno como colaborador) e IA-empoderada (el alumno como líder). El uso de la IAG para la depuración de errores (*debugging*) y la generación de bloques de código se sitúa en el segundo paradigma. En este escenario de colaboración, la herramienta asume la carga extrínseca (la sintaxis) y teóricamente libera al estudiante para que asuma el rol de director conceptual. La IA actúa como un copiloto que traduce la intención estadística del estudiante a instrucciones legibles por la máquina.

RIESGOS DE LA ASISTENCIA GENERATIVA: SUPERFICIALIDAD Y DEPENDENCIA

A pesar de los beneficios evidentes en la fluidez del trabajo, la asistencia generativa introduce riesgos críticos para la consolidación del aprendizaje. Baidoo-Anu y Ansah (2023) advierten que, si bien estas herramientas promueven un aprendizaje interactivo y reducen el estancamiento técnico, su uso no supervisado puede fomentar una *superficialidad cognitiva*.

El problema radica en la naturaleza de la fricción cognitiva. Un grado manejable de frustración y resolución manual de errores es necesario para que el cerebro forje rutas de memoria a largo plazo. Al delegar sistemáticamente la resolución de conflictos sintácticos a la IA, los estudiantes experimentan la ilusión de competencia técnica; producen cuadernos interactivos funcionales y visualizaciones complejas, pero sin interiorizar la lógica del código subyacente. La literatura advierte que este fenómeno de sobredependencia se desenmascara abruptamente cuando el andamiaje digital es retirado, momento en el cual el estudiante se revela incapaz de replicar de forma autónoma operaciones que ejecutaba con éxito bajo asistencia, evidenciando una brecha sustancial entre el desempeño asistido y el aprendizaje real.

METACOGNICIÓN Y EL PROBLEMA DE LA TRANSFERENCIA EN ENTORNOS ASISTIDOS

Un factor determinante para el éxito de cualquier andamiaje educativo es la metacognición: la capacidad del estudiante para monitorear y evaluar su propio nivel de comprensión. En los entornos de aprendizaje tradicionales, los errores de compilación o ejecución actúan como retroalimentación inmediata, obligando al alumno a reflexionar sobre su lógica algorítmica. Sin embargo, en un entorno asistido por IA, esta retroalimentación se altera profundamente.

Cuando un LLM como *Google Gemini* corrige un error de sintaxis o sugiere el uso de la función estadística correcta, el estudiante a menudo omite el proceso de reflexión analítica. Al respecto, la literatura sobre autorregulación del aprendizaje sugiere que la fluidez con la que se resuelven los problemas técnicos a través de prompts (instrucciones en lenguaje natural) genera un sesgo de atribución. Los estudiantes experimentan lo que se conoce como *ilusión de competencia*: confunden el rendimiento del sistema sociotécnico (Alumno + IA) con su propia competencia individual.

Este fenómeno se vuelve crítico al analizar el concepto de *transferencia del aprendizaje* (la capacidad de aplicar lo aprendido en un contexto a una situación nueva). La verdadera

apropiación del conocimiento en ingeniería en software exige que las habilidades desarrolladas en un entorno de práctica (con andamiaje) sean transferibles a un entorno de ejecución pura (sin andamiaje). Si la IAG asume la carga cognitiva de manera permanente en lugar de actuar como un soporte temporal en la zona de desarrollo próximo, el estudiante no construye los esquemas de memoria a largo plazo. En consecuencia, al enfrentar escenarios de desconexión digital, la falta de transferencia se hace evidente, resultando en una parálisis operativa ante tareas básicas de importación de datos o aplicación de fórmulas estadísticas.

MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

PARTICIPANTES Y CONTEXTO

La presente investigación empírica se llevó a cabo bajo un enfoque cuantitativo de alcance descriptivo e inferencial. La muestra estuvo conformada por 27 estudiantes ($n = 27$) inscritos en el programa de Ingeniería en Software de una universidad pública ubicada en el sur de Sonora, México. Los participantes cursaban la asignatura de probabilidad y estadística, ubicada en el tercer semestre de su programa educativo. El grupo poseía conocimientos previos en el lenguaje *Python*, adquiridos durante la asignatura de Programación I en su primer semestre; sin embargo, se encontraban en su primer acercamiento formal a las librerías especializadas en ciencia de datos (*Pandas*, *Matplotlib*).

PROCEDIMIENTO Y FASE DE INSTRUCCIÓN ASISTIDA

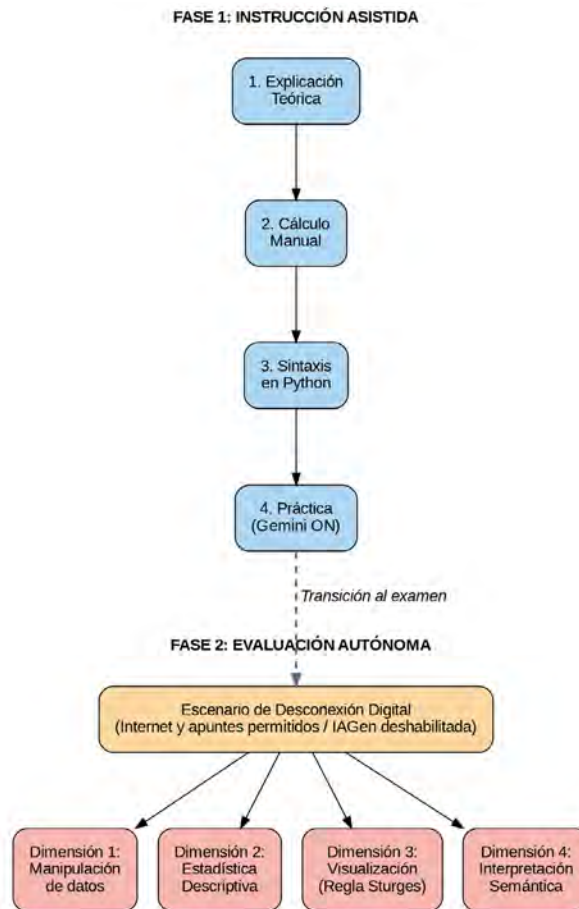
El diseño del estudio se estructuró en dos fases principales: un periodo de instrucción asistida y una evaluación de autonomía (Figura 1). La primera fase abarcó ocho semanas de clases teórico-prácticas. Durante este periodo, el docente instruyó a los estudiantes en técnicas de EDA, abarcando desde la importación de bases de datos hasta el cálculo de medidas de tendencia central, dispersión y la generación de gráficos estadísticos.

A lo largo de estas ocho semanas, la dinámica pedagógica habitual siguió una secuencia de cuatro pasos: 1) explicación teórica del concepto matemático, 2) resolución de un ejercicio mediante cálculo manual, 3) explicación docente de la sintaxis del código correspondiente, y 4) prácticas de ejecución en cuadernos interactivos. Durante esta última etapa práctica, se implementó un modelo de andamiaje digital abierto (*scaffolding*). Los estudiantes tuvieron libertad para utilizar *Google Gemini* como herramienta de soporte concurrente para la

depuración de errores (*debugging*) y la consulta rápida de sintaxis, interviniendo cuando se presentaban bloqueos técnicos.

Figura 1

Diseño metodológico: De la instrucción asistida a la evaluación autónoma



INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la segunda fase, se diseñó un instrumento de evaluación práctica estructurado en un cuaderno interactivo. El examen utilizó un conjunto de datos (*dataset*) real que contenía las especificaciones técnicas y precios de diversas computadoras portátiles. El instrumento constó de 16 tareas programáticas y analíticas secuenciales que evaluaron cuatro dimensiones estadísticas:

1. Manipulación de datos: Importación de librerías, lectura de archivos CSV e identificación (sin alteración ni limpieza) de valores nulos.

2. Estadística descriptiva: Cálculo de promedios, medianas, desviaciones estándar y varianzas sobre las características de los equipos.
3. Visualización de datos: Construcción de histogramas y gráficos de dispersión. Un elemento crítico fue la obligatoriedad de calcular manualmente el número de clases mediante la Regla de Sturges para los histogramas.
4. Interpretación y argumentación: Redacción de explicaciones sobre el significado de los resultados obtenidos (ej. la asimetría de la distribución o el comportamiento de los datos), requiriendo un análisis semántico más allá de la mera ejecución del código.

ESCENARIO DE EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

La evaluación se aplicó en un entorno presencial estrictamente controlado, denominado escenario de desconexión algorítmica. A diferencia de una evaluación tradicional cerrada, no se restringió el acceso a internet ni la consulta de los cuadernos de práctica elaborados durante las ocho semanas previas. La condicionante estricta fue la inhabilitación del asistente *Google Gemini* dentro de la interfaz de *Google Colab* y la prohibición de utilizar herramientas de IAG alternativas.

La recolección de datos se efectuó mediante la asignación de puntajes a las 16 tareas del entorno de ejecución en *Python* (evaluación de desconexión). Adicionalmente, para evaluar el impacto del andamiaje algorítmico previo, se cuantificó el porcentaje de cumplimiento de las prácticas formativas desarrolladas por cada estudiante durante las ocho semanas de instrucción asistida por IAG. Los datos recolectados fueron exportados a un archivo estructurado para su posterior análisis estadístico, buscando correlacionar el nivel de trabajo asistido con la capacidad real de ejecución autónoma e identificar las dimensiones cognitivas donde se originó la mayor parálisis operativa.

RESULTADOS

El análisis de los datos recolectados se estructuró en tres fases: primero, una evaluación descriptiva del desempeño independiente; segundo, un análisis de correlación entre el trabajo asistido previo y el éxito autónomo; y tercero, la identificación de los cuellos de botella técnicos en la escritura de código.

ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO EN EL ESCENARIO DE DESCONEXIÓN

El primer objetivo consistió en evaluar la capacidad de los estudiantes ($N = 27$) para resolver problemas de estadística descriptiva en *Python* sin asistencia externa. Los estadísticos descriptivos (Tabla 1) muestran una media grupal de 67.52 puntos (de 100 posibles), con una dispersión amplia ($DE = 24.27$). Esta variabilidad indica una marcada heterogeneidad en el rendimiento: mientras un subgrupo de estudiantes logró mantener la funcionalidad del código, otro sector evidenció un déficit significativo en su capacidad de ejecución al retirar el acceso a la IAG, registrando puntajes mínimos de 10.0.

Tabla 1

Estadísticos descriptivos del desempeño de los estudiantes

Estadístico	Examen Python (Autónomo)
N	27
Media	67.52
Desviación Estándar (DE)	24.27
Mínimo	10.00
Máximo	96.00
Shapiro-Wilk (p)	0.014*

Nota. * $p < 0.05$ indica desviación de la normalidad.

La prueba de Shapiro-Wilk confirmó que la distribución de las calificaciones se desvía de la normalidad ($p = 0.014$). Este hallazgo empírico no constituye una anomalía en los datos, sino que evidencia la brecha de desempeño generada por la ausencia de la IA; el retiro del soporte tecnológico segmentó a la muestra, distanciando a quienes asimilaron la lógica de programación de quienes dependían del asistente para la depuración de errores. Esta dispersión se visualiza en la Figura 2.

CORRELACIÓN ENTRE EL TRABAJO ASISTIDO Y LA AUTONOMÍA TÉCNICA

Se analizó si el cumplimiento de las prácticas formativas (donde se permitió el uso de IAGen) actuaba como un predictor del éxito en la evaluación autónoma. Dada la asimetría de la distribución, se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman (ρ). Los resultados se presentan en la Tabla 2 y se proyectan en la Figura 3.

Figura 2

Distribución de calificaciones en desconexión (Python)

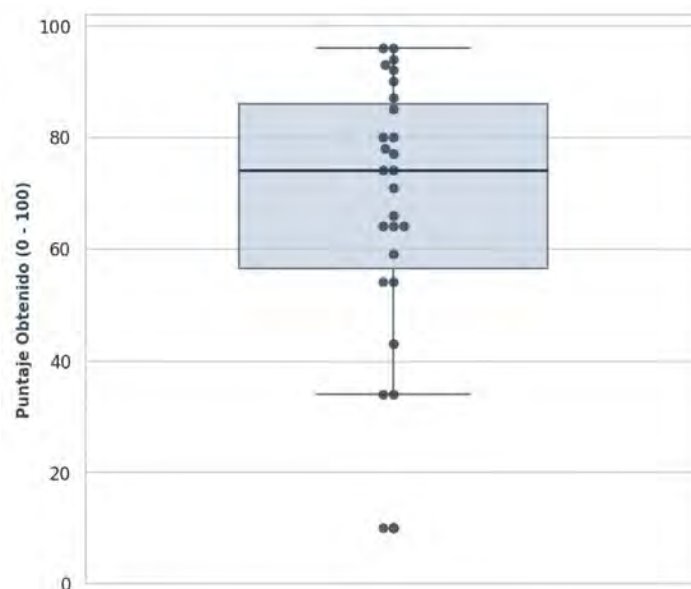


Tabla 2

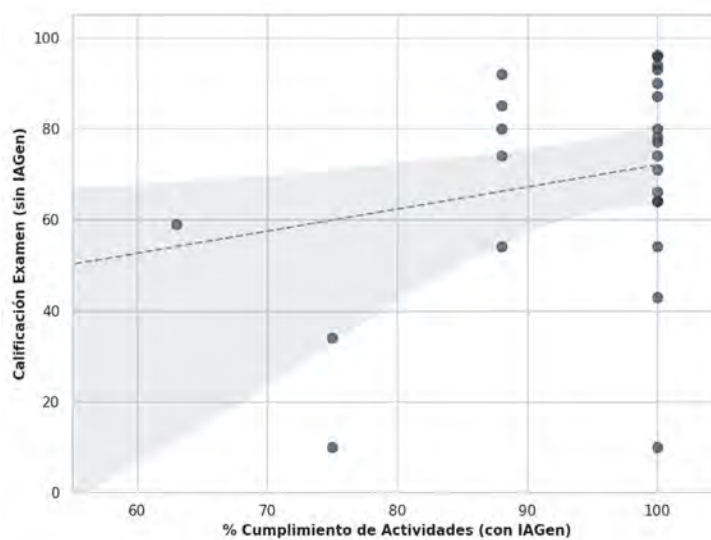
Correlación de Spearman entre cumplimiento de actividades (con IA) y examen autónomo (sin IA)

Variable	ρ de Spearman	Valor p
% Cumplimiento vs. Puntaje Examen Python	0.354	0.070

Nota. * La correlación no es estadísticamente significativa al nivel de $\alpha = 0.05$.

Figura 3

Correlación entre práctica asistida y desempeño autónomo



El análisis arrojó una correlación positiva débil ($\rho = 0.354$) que no alcanzó significancia estadística ($p = .070$). Este comportamiento sugiere que el progreso constante en las tareas asistidas no se tradujo sistemáticamente en la adquisición de competencias individuales. La fluidez obtenida mediante el andamiaje algorítmico parece haber enmascarado una carencia de aprendizaje profundo, la cual emergió al requerirse una ejecución técnica independiente.

EVALUACIÓN DE DIMENSIONES TÉCNICAS Y LÓGICA DE PROGRAMACIÓN

Al examinar los cuadernos de programación, se identificaron patrones de error recurrentes que permiten categorizar las barreras operativas de los estudiantes:

1. Configuración e inicialización: La mayoría de los participantes mostró un dominio consolidado en tareas rutinarias, como la importación de librerías (*import pandas as pd*). Estos comandos, al poseer una estructura altamente repetitiva, lograron integrarse en la memoria a largo plazo.
2. Lógica funcional y sintáctica: Se detectaron dificultades al invocar métodos específicos de estadística descriptiva. Los estudiantes demostraron comprensión del concepto estadístico, pero presentaron bloqueos cognitivos al intentar evocar la sintaxis precisa del lenguaje sin las sugerencias de autocompletado de la IA.
3. Integración de parámetros y Regla de Sturges: Esta dimensión representó el mayor obstáculo técnico. Aunque se solicitó calcular el número de intervalos mediante la Regla de Sturges ($k = 1 + 3.322 \log n$), una proporción considerable de los estudiantes fue incapaz de integrar este valor en el código. Generaron histogramas omitiendo el parámetro solicitado y utilizando la configuración por defecto de *Matplotlib*. Este patrón sugiere que la IA operaba como el traductor principal entre la teoría matemática y la implementación técnica; ante su ausencia, el estudiante optó por soluciones automatizadas básicas, ignorando las restricciones explícitas del problema.
4. Carga cognitiva e interpretación: Se observó que el esfuerzo mental invertido en la resolución manual de errores sintácticos limitó la capacidad de los estudiantes para redactar interpretaciones precisas. La saturación de la memoria de trabajo por la exigencia del entorno de programación redujo la profundidad del análisis estadístico, demostrando que la fluidez sintáctica es un requisito previo para la argumentación analítica.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos invitan a una reflexión profunda sobre la integración de la IAG en el currículo de ingeniería. Lejos de cuestionar la eficacia de la tecnología, los hallazgos subrayan la necesidad de replantear las estrategias didácticas para asegurar que la asistencia algorítmica actúe como un facilitador del aprendizaje, y no como un sustituto que eclipse el desarrollo de habilidades cognitivas fundamentales.

LA DISPARIDAD ENTRE EL TRABAJO FORMATIVO Y EL DESEMPEÑO AUTÓNOMO

La ausencia de una correlación estadísticamente significativa ($\rho = 0.354$; $p = 0.070$) entre el cumplimiento de las actividades durante las ocho semanas de instrucción y el resultado de la evaluación individual constituye un hallazgo central. Si bien la literatura reciente (Riyantoko et al., 2025) enfatiza las bondades de *Python* y la IA para fomentar el autoaprendizaje, los datos de la presente investigación sugieren que el éxito sostenido en la entrega de tareas no siempre es un indicador fiable de la apropiación del conocimiento subyacente.

Esta brecha de desempeño es explicable a través del fenómeno de la *ilusión de competencia* (Baidoo-Anu y Ansah, 2023). Al contar con la posibilidad voluntaria de recurrir a herramientas como *Google Gemini* para la clarificación sintáctica o la resolución de errores durante sus prácticas, es factible que el estudiante experimente una percepción de dominio técnico elevada. Sin embargo, al retirar este andamiaje en un entorno controlado, se evidencia que dicho aprendizaje no logró consolidarse en esquemas mentales independientes (Vygotsky, 1978). El desafío pedagógico, por lo tanto, no reside en la herramienta tecnológica per se, sino en la dificultad del estudiante para autorregular su uso y efectuar una transición efectiva desde la asistencia externa hacia la autonomía técnica.

CARGA COGNITIVA Y LA GESTIÓN DE RESTRICCIONES TÉCNICAS

La Teoría de la Carga Cognitiva (Sweller, 1988) proporciona un marco explicativo idóneo para comprender el decaimiento del desempeño ante tareas que exijan precisión matemática y estructural, como la aplicación de la Regla de Sturges. Durante la evaluación de desconexión, los alumnos se enfrentaron a una carga extrínseca considerable al tener que gestionar y evocar la sintaxis estricta de librerías como *Matplotlib* sin soporte concurrente.

El hecho de que una proporción significativa de la muestra optara por utilizar los parámetros por defecto de las funciones de visualización, omitiendo el cálculo algorítmico

solicitado, apunta hacia una estrategia de *ahorro cognitivo*. Ante la saturación de la memoria de trabajo por las demandas informáticas del lenguaje de programación, el estudiante tiende a sacrificar la precisión analítica para asegurar una compilación funcional mínima. Como argumentan Thorgeirsson y Weidmann (2024), la IA suele operar como un puente invisible que resuelve la fricción entre la teoría estadística y el código textual; si el alumno no ejercita manualmente la construcción de ese puente, pierde la capacidad de orquestar el análisis de datos bajo presión operativa.

HACIA UN MODELO DE ANDAMIAJE DIGITAL RESPONSABLE

La evidencia recolectada no sugiere que el uso de la IAG en el aula sea contraproducente, sino que su adopción bajo el paradigma del *alumno como colaborador* (Ouyang y Jiao, 2021) requiere una calibración cuidadosa durante las etapas tempranas de formación en ingeniería. La IA representa un recurso invaluable para mitigar la frustración inicial frente a la programación, pero si el entorno educativo permite que esta asuma permanentemente el proceso de depuración (*debugging*), se corre el riesgo de formar profesionales con una resiliencia técnica limitada.

Para capitalizar el potencial de la IA como aliado educativo, se sugiere que la práctica docente incorpore mecanismos de andamiaje transitorio (*scaffolding with fading*). Esto implica diseñar momentos de *desconexión programada* a lo largo del curso, donde el estudiante confronte sus propias limitaciones sin la red de seguridad del asistente digital. El objetivo último de la educación en software no es erradicar la IA del flujo de trabajo, sino empoderar al estudiante para que asuma el rol directivo, garantizando que la solidez conceptual preceda y guíe a la automatización algorítmica.

CONCLUSIONES

El presente estudio aporta evidencia empírica sobre los efectos de la IAG en el aprendizaje de la programación aplicada a la estadística en estudiantes de ingeniería en software. Se concluye que el uso continuo y no regulado de estas herramientas fomenta una *ilusión de competencia*. Aunque los estudiantes logran resolver y entregar productos de alta complejidad bajo asistencia algorítmica, la remoción del soporte tecnológico revela deficiencias críticas en la asimilación de la sintaxis y en la capacidad de estructurar soluciones de forma autónoma.

Desde la perspectiva de la carga cognitiva, la delegación prematura de la escritura y depuración de código a la IA impide que el estudiante consolide los esquemas mentales necesarios para la programación. El déficit observado en la integración de parámetros matemáticos —como la omisión de la Regla de Sturges— ilustra cómo, ante la falta de dominio técnico, el esfuerzo mental se agota en la operatividad básica, sacrificando el rigor analítico. Por lo tanto, se reafirma que la fluidez sintáctica sigue siendo un prerrequisito ineludible para alcanzar niveles superiores de análisis e interpretación de datos.

Lejos de proponer la restricción o prohibición de la IAG en el entorno universitario, los hallazgos exigen transitar hacia una integración pedagógica estructurada. Es imperativo que las instituciones educativas diseñen estrategias de andamiaje transitorio que incluyan escenarios de “desconexión algorítmica” obligatoria. Estas pausas evaluativas son necesarias para que el estudiante confronte la fricción cognitiva propia del aprendizaje, asegurando que la tecnología funcione como un catalizador del pensamiento crítico y no como un simple atajo procedimental.

Finalmente, es pertinente reconocer las limitaciones de esta investigación, particularmente el tamaño de la muestra y la falta de un mecanismo de trazabilidad directa sobre el nivel exacto de interacción que cada estudiante mantuvo con *Google Gemini* durante el trabajo extraclase. Futuras líneas de investigación deberán contemplar diseños cuasi-experimentales con grupos de control, así como análisis cualitativos de la ingeniería de instrucciones (*prompt engineering*) empleada por los alumnos. Esto permitirá comprender con mayor profundidad cómo la naturaleza de la interacción humano-computadora moldea la adquisición de competencias definitivas en la ingeniería moderna.

REFERENCIAS

- Baidoo-Anu, D., & Ansah, L. O. (2023). Education in the era of generative artificial intelligence (AI): Understanding the potential benefits of ChatGPT in promoting teaching and learning. *Journal of AI*, 7(1), 52-62. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4337484>
- Ben-Zvi, D. (2000). Toward understanding the role of technological tools in statistical learning. *Mathematical Thinking and Learning*, 2(1-2), 127-155. https://doi.org/10.1207/S15327833MTL0202_6
- Ouyang, F., & Jiao, P. (2021). Artificial intelligence in education: The three paradigms. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2, 100020. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100020>

- Riyantoko, P. A., Funabiki, N., Brata, K. C., Mentari, M., Damaliana, A. T., & Kaswar, A. B. (2025). A fundamental statistics self-learning method with Python programming for data science implementations. *Information*, 16(7), 607. <https://doi.org/10.3390/info16070607>
- Robins, A., Rountree, J., & Rountree, N. (2003). Learning and teaching programming: A review and discussion. *Computer Science Education*, 13(2), 137-172. <https://doi.org/10.1076/csed.13.2.137.14200>
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257-285. https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4
- Thorgeirsson, S., Weidmann, T. B., Weidmann, K.-H., & Su, Z. (2024). Comparing cognitive load among undergraduate students programming in Python and the visual language Algot. En *Proceedings of the 55th ACM Technical Symposium on Computer Science Education* (pp. 1328-1334). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3626252.3630808>
- Tishkovskaya, S., & Lancaster, G. A. (2012). Statistical education in the 21st century: A review of challenges, teaching innovations and strategies for reform. *Journal of Statistics Education*, 20(2). <https://doi.org/10.1080/10691898.2012.11889641>
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.



INTELIGENCIA ARTIFICIAL

EXPERIENCIAS Y REFLEXIONES SOBRE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

ISBN: 978-968-9724-25-4



9 789689 724254

Trans[®]
digital
editorial