Estudios y Perspectivas Revista Científica y Académica
ISSN en línea 3005-2599, Julio - Septiembre 2026,
Volumen 6, Número 3.

DOI: https://doi.org/10.61384/r.c.a.v6i3

# MICRO: BIT Y APRENDIZAJE MATEMÁTICO SITUADO: UNA INTERVENCIÓN INTERDISCIPLINAR EN EDUCACIÓN MEDIA DE VALLEDUPAR

## *MICRO: BIT AND SITUATED MATHEMATICS LEARNING: AN INTERDISCIPLINARY INTERVENTION IN UPPER SECONDARY EDUCATION IN VALLEDUPAR*

**Jean Carlos Baena Eljach**
Universidad Metropolitana de Educación, Ciencia y Tecnología, Panamá

E. COUTURE
Educación y Ciencias Sociales

Estudios y Perspectivas
Revista Científica y Académica

Estudios y Perspectivas
Revista Científica Multidisciplinaria

**DOI:** https://doi.org/10.61384/r.c.a..v6i3.2078

# Micro: Bit y Aprendizaje Matemático Situado: Una Intervención Interdisciplinar en Educación Media de Valledupar

**Jean Carlos Baena Eljach**
jeanbaena78@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-3521-4493
Universidad Metropolitana de Educación, Ciencia y Tecnología, Panamá, Colombia

**RESUMEN**

El artículo analiza los resultados de la implementación de micro: bit bajo el enfoque de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM) en el aprendizaje matemático de estudiantes de educación media de Valledupar, Colombia. La investigación siguió un paradigma pragmático, enfoque mixto, alcance descriptivo-evaluativo, diseño de campo y método de investigación-acción. Participaron 30 estudiantes de décimo grado de tres instituciones educativas y nueve docentes de matemáticas. El diagnóstico combinó un test de diez ítems, aplicado antes y después de la intervención, entrevistas semiestructuradas y un cuestionario con escala de frecuencia. A partir de los hallazgos se diseñaron tres situaciones contextualizadas: riego inteligente para cultivos circulares, análisis de trayectorias deportivas y nivelación digital para la construcción. La media global aumentó de 32 a 71,33 puntos sobre 100, mientras que el número de estudiantes aprobados pasó de 3 a 29. La evidencia cualitativa mostró mayor interés, autonomía, comunicación matemática y disposición para revisar errores. Los resultados describen una mejora del desempeño durante la intervención e indican que micro: bit adquiere valor pedagógico cuando la programación se articula con problemas locales, razonamiento algebraico, experimentación y argumentación. La continuidad de la propuesta requiere formación docente, disponibilidad tecnológica y acompañamiento institucional

***Palabras clave***: aprendizaje matemático; educación STEM; investigación-acción; micro: bit; programación física

# Micro: Bit and Situated Mathematics Learning: An Interdisciplinary Intervention in Upper Secondary Education in Valledupar

**ABSTRACT**

This article analyzes the results of implementing micro: bit within a science, technology, engineering, and mathematics (STEM) approach to mathematics learning among upper secondary students in Valledupar, Colombia. The study followed a pragmatic paradigm, a mixed-methods approach, a descriptive-evaluative scope, a field design, and an action research method. Participants included 30 tenth-grade students from three educational institutions and nine mathematics teachers. The diagnostic phase combined a ten-item test administered before and after the intervention, semi-structured interviews, and a frequency-scale questionnaire. Based on the findings, three contextualized learning situations were designed: smart irrigation for circular crops, analysis of sports trajectories, and digital leveling for construction. The overall mean score increased from 32 to 71.33 points out of 100, while the number of students who achieved a passing score rose from 3 to 29. Qualitative evidence showed greater interest, autonomy, mathematical communication, and willingness to review errors. The results describe an improvement in performance during the intervention and indicate that micro: bit acquires pedagogical value when programming is integrated with local problems, algebraic reasoning, experimentation, and argumentation. Sustaining the initiative requires teacher training, access to technology, and institutional support

***Keywords*:** action research; mathematics learning; micro: bit; physical computing; STEM education

**Recibido: 07- junio-2026 / Aprobado: 10-septiembre-2026**

## INTRODUCCIÓN

Aprender matemáticas en la educación media no equivale a memorizar fórmulas ni a repetir algoritmos hasta volverlos rutinarios. Supone interpretar relaciones, formular conjeturas, seleccionar procedimientos, contrastar resultados y reconocer la estructura cuantitativa de problemas que no siempre se presentan bajo una apariencia matemática. Cuando la enseñanza separa los conceptos de sus aplicaciones, el estudiante puede resolver ejercicios mecánicos sin desarrollar una comprensión transferible. Esta dificultad se vuelve más visible en contenidos como la geometría analítica, las funciones cuadráticas y las identidades trigonométricas, cuya comprensión exige coordinar representaciones algebraicas, gráficas, espaciales y verbales.

Una comprensión transferible requiere reconocer una misma relación en diferentes representaciones y determinar cuándo cada una resulta pertinente. Una circunferencia expresada mediante una ecuación, representada en el plano o interpretada como área de cobertura de un sistema de riego conserva una estructura común, aunque cambie su apariencia. Si estas conexiones no se trabajan, la fórmula queda reducida a una consigna escolar. Cuando se hacen explícitas, el lenguaje algebraico adquiere capacidad explicativa. La intervención asumió que aprender matemáticas implica relacionar símbolos, magnitudes, gráficos, argumentos y decisiones prácticas, en lugar de acumular procedimientos inconexos.

El problema tiene especial relevancia en Colombia. Los resultados nacionales e internacionales considerados en la investigación muestran un desempeño matemático inferior a los referentes de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, acompañado por brechas persistentes entre sectores y territorios (Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD], 2019; Ministerio de Educación Nacional, 2010). En el contexto institucional que dio origen al estudio, los registros de la Institución Educativa Rafael Valle Meza correspondientes al periodo 2018-2022 situaban la insuficiencia matemática entre el 42 % y el 46 % (ICFES, 2022). Estas cifras no explican por sí solas la complejidad pedagógica, pero muestran la continuidad de un bajo rendimiento en el que

intervienen la mediación docente, el repertorio didáctico, el acceso tecnológico y la vinculación del conocimiento con experiencias comprensibles para los estudiantes.

La investigación partió de un dilema reconocible en numerosas aulas. Mientras la vida cotidiana de los jóvenes transcurre entre dispositivos, interfaces, sistemas automatizados y lenguajes digitales, la clase de matemáticas puede permanecer limitada a la explicación frontal, la copia de procedimientos y la evaluación de respuestas finales. Orellana y Erazo (2021) documentaron dificultades docentes en el uso de herramientas digitales y relacionaron esta carencia con una menor motivación estudiantil. Rossel (2023), al estudiar comunidades educativas vulnerables, encontró que la innovación curricular asociada al enfoque STEM requiere actualización profesional y capacidad para integrar dimensiones tecnológicas, socioculturales y ambientales. Contreras (2021) llegó a una conclusión convergente: el reconocimiento discursivo de la educación STEM no garantiza su aplicación efectiva en el aula.

El enfoque que integra ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas ofrece una alternativa al organizar el conocimiento alrededor de situaciones cuya resolución demanda aportes de varias disciplinas. Su interés no reside en yuxtaponer asignaturas, sino en construir una tarea común en la que medir, modelar, programar, diseñar, probar y argumentar formen parte del mismo proceso. La indagación, la formulación de problemas y la elaboración de prototipos convierten el conocimiento matemático en un instrumento de decisión, no en un contenido aislado (Organización de los Estados Americanos, 2020). En Colombia, la Ruta STEM impulsada por el Ministerio de Educación Nacional (2022) reconoce la necesidad de fortalecer las capacidades docentes y estudiantiles relacionadas con el pensamiento crítico, matemático y computacional.

Esta integración interdisciplinaria responde a una lógica de diseño: se delimita un problema, se identifican las variables que lo determinan, se construye un modelo, se ensaya una solución y se evalúa su funcionamiento. Las matemáticas aportan recursos de representación y validación; la tecnología amplía la capacidad de registrar y automatizar; la ingeniería incorpora restricciones y criterios de funcionamiento, mientras que la ciencia orienta la comprensión de los fenómenos implicados. Una

actividad puede utilizar dispositivos y conservar una estructura tradicional si el estudiante se limita a reproducir instrucciones sin comprender el modelo que ejecuta.

Dentro de esta arquitectura pedagógica, micro: bit ocupa un lugar particular. La placa integra una matriz de diodos emisores de luz, botones, sensores y conectividad, y puede programarse mediante entornos visuales para traducir expresiones matemáticas en variables, condiciones, comparaciones y respuestas observables (Micro:bit Educational Foundation, 2026). Su tamaño y relativa sencillez reducen la distancia entre una idea y su materialización en un prototipo. Sin embargo, el dispositivo no produce aprendizaje por sí mismo. Adquiere sentido pedagógico cuando exige explicitar un razonamiento: definir el umbral para activar una alerta, comprender la magnitud registrada por un sensor o transformar una función en una secuencia ejecutable.

La programación física contribuye a hacer visible el pensamiento porque obliga a convertir relaciones implícitas en reglas precisas. El código exige declarar variables, ordenar operaciones, establecer condiciones y anticipar respuestas. Esta característica resulta pertinente en matemáticas, donde algunos errores pueden permanecer ocultos bajo procedimientos memorizados. Al programar, una desigualdad incorrecta, un signo equivocado o una variable sin definir altera la salida del sistema y hace observable la inconsistencia. Por esta razón, la placa no se concibió como una recompensa lúdica, sino como un recurso para representar, comprobar y revisar el razonamiento.

Los antecedentes presentan resultados favorables sobre este tipo de integración. Giraldo (2021) identificó mejoras en competencias matemáticas y mecánicas después de una intervención STEM; Castiblanco y Lozano (2016) estudiaron este enfoque como práctica para el aprendizaje matemático, y Ruiz (2023) relacionó la metodología STEAM con el desarrollo del razonamiento en estudiantes de educación básica. Estos aportes dejan abierto un asunto relevante: cómo diseñar una intervención que responda a dificultades previamente diagnosticadas, dialogue con el territorio y haga visible la relación entre formalización matemática, programación y uso social del conocimiento.

La experiencia desarrollada en tres instituciones educativas de Valledupar abordó este problema mediante situaciones relacionadas con actividades reconocibles de la región: el riego por pivote

central en cultivos, la trayectoria del balón en escenarios deportivos y la verificación de ángulos en obras de construcción. Cada situación transitó desde el cálculo manual hacia la programación y, posteriormente, hacia una fase de revisión o análisis crítico. La tecnología no sustituyó el razonamiento matemático, sino que permitió representarlo, comprobarlo y discutir sus límites.

La selección de problemas locales respondió a una decisión epistemológica, no meramente ilustrativa. La geometría analítica permitió delimitar una zona agrícola; la función cuadrática explicó el ascenso y descenso de un balón, y la trigonometría sirvió para estimar la precisión de una estructura. Al situar los contenidos en prácticas reconocibles, la pregunta dejó de limitarse a identificar una fórmula y pasó a examinar qué relación matemática permitía comprender y resolver cada situación. Este desplazamiento otorgó una finalidad al cálculo y abrió conexiones con campos profesionales cercanos a los estudiantes.

El objetivo del artículo es analizar los resultados de una intervención con micro: bit, desarrollada bajo el enfoque STEM y orientada al fortalecimiento del aprendizaje matemático de estudiantes de décimo grado de tres instituciones educativas de Valledupar. El análisis integra el diagnóstico cuantitativo, las percepciones de estudiantes y docentes, el diseño de las situaciones contextualizadas y la comparación descriptiva entre las evaluaciones inicial y posterior. En lugar de presentar el dispositivo como una solución universal, se examinan las condiciones pedagógicas asociadas con los resultados observados y los límites que deben considerarse al transferir la propuesta a otros escenarios.

**METODOLOGÍA**

La investigación se inscribió en el paradigma pragmático porque el problema requería integrar evidencia numérica con la comprensión situada de las experiencias escolares. Se adoptó un enfoque mixto, alcance descriptivo-evaluativo, diseño de campo con mediciones antes y después de la intervención, y método de investigación-acción. Este diseño permitió diagnosticar el desempeño matemático, interpretar las percepciones de los participantes, formular una propuesta pedagógica, aplicarla y valorar los cambios observados.

El proceso siguió la secuencia propia de la investigación-acción: identificación del problema, formulación de una alternativa, intervención en el contexto y revisión de los resultados (Hernández Sampieri et al., 2010).

La unidad de trabajo estuvo conformada por 30 estudiantes de décimo grado: diez de la Institución Educativa Rafael Valle Meza, diez de la Institución Educativa Luis Ovidio Rincón Lobo y diez de la Institución Educativa Eduardo Suárez Orcasita. La selección fue intencional, de acuerdo con el acceso del investigador y la pertinencia del grado para los contenidos abordados. También participaron nueve docentes de matemáticas, tres por institución, como fuentes complementarias para caracterizar las condiciones de enseñanza. La muestra no pretendió representar estadísticamente a la población escolar de Valledupar, sino documentar un ciclo de intervención desarrollado en contextos educativos concretos.

La distribución de diez estudiantes por institución permitió conservar las particularidades de cada plantel y disponer de una base común para la comparación descriptiva. El grado décimo resultó pertinente porque los contenidos seleccionados forman parte del desarrollo del razonamiento algebraico, geométrico y trigonométrico. La participación de los docentes permitió relacionar el desempeño estudiantil con los modelos pedagógicos predominantes, la actualización digital, la integración de tecnologías en la planeación, el respaldo institucional y la experiencia previa con STEM o micro: bit.

El componente cuantitativo empleó un test de diez ítems aplicado antes y después de la intervención. La prueba incluyó contenidos de razonamiento aritmético, proporcionalidad, álgebra, geometría, trigonometría y resolución de problemas. Cada respuesta correcta recibió diez puntos, para una calificación máxima de 100, y se estableció un criterio de aprobación de 60 puntos. Esta escala permitió examinar el número de aciertos, las calificaciones individuales, los promedios institucionales y la proporción de estudiantes aprobados.

A los nueve docentes se les administró un cuestionario de diez enunciados con cuatro opciones de frecuencia: siempre, casi siempre, a veces y nunca. Los ítems abordaron la adquisición de saberes, los

modelos pedagógicos, la actualización digital, la integración de tecnologías, el apoyo institucional y el uso de estrategias STEM y microbito. Este instrumento cumplió una función contextual y sus resultados se analizaron de manera independiente de las calificaciones estudiantiles.

El componente cualitativo comprendió entrevistas semiestructuradas dirigidas a los 30 estudiantes. Las preguntas indagaron su valoración de la formación matemática, el uso de herramientas digitales, el dinamismo de las clases, la utilidad cotidiana de los aprendizajes, los contenidos de mayor dificultad y la motivación para continuar sus estudios. Las respuestas se organizaron en una matriz de triangulación que conservó la procedencia institucional de cada testimonio y vinculó categorías, subcategorías, preguntas, códigos recurrentes y categorías inductivas.

El análisis cualitativo se desarrolló mediante codificación abierta, axial y selectiva. La primera permitió identificar expresiones relacionadas con la monotonía de las clases, la ausencia de recursos digitales, las dificultades para transferir lo aprendido y las debilidades en contenidos específicos. La codificación axial estableció relaciones entre esos hallazgos y las categorías de análisis, mientras que la selectiva convirtió los problemas identificados en criterios para diseñar la intervención. La credibilidad del procedimiento se apoyó en la trazabilidad entre testimonios, códigos e interpretaciones (Fuster Guillen, 2019).

La intervención se organizó en tres situaciones problema. Cada una incluyó una fase de exploración conceptual sin micro: bit, otra de programación y verificación automática, y una última de comparación, mejora o reflexión. La primera situación modeló un sistema de riego circular en Valencia de Jesús; la segunda examinó trayectorias de balón mediante funciones cuadráticas; la tercera convirtió el acelerómetro de la placa en un nivel digital para analizar ángulos y errores constructivos. Las actividades se realizaron en la sala de informática, mediante equipos de trabajo y con acompañamiento docente.

Durante la exploración inicial, los estudiantes resolvieron, representaron gráficamente o demostraron las relaciones matemáticas antes de utilizar el dispositivo. En la segunda fase tradujeron los procedimientos a secuencias de programación. La fase final incrementó la complejidad mediante

zonas de alerta, comparación de trayectorias o análisis de errores constructivos. Los integrantes de cada equipo asumieron funciones de cálculo, representación gráfica, programación y presentación. El docente orientó la interpretación de los problemas, formuló preguntas de control y solicitó la justificación de las decisiones adoptadas.

Los datos cuantitativos se procesaron mediante frecuencias absolutas, porcentajes y medias de calificaciones. A partir de las matrices originales se calcularon los promedios globales e institucionales correspondientes a las mediciones previa y posterior. No se aplicaron pruebas inferenciales, por lo que los resultados se interpretaron de forma descriptiva y no como evidencia de causalidad. Los datos cualitativos se emplearon para interpretar las dificultades iniciales y la recepción de la propuesta. La integración se realizó por convergencia: las cifras describieron los cambios de desempeño y los testimonios aportaron elementos para comprenderlos.

Cada interpretación se vinculó con una evidencia identificable. No se asignaron ponderaciones estadísticas a los testimonios ni se construyeron índices distintos de los previstos en el diseño original. El análisis conservó las diferencias entre las instituciones, incluida la ventaja inicial de la Institución Educativa Luis Ovidio Rincón Lobo y la permanencia de un estudiante por debajo del criterio de aprobación en la Institución Educativa Eduardo Suárez Orcasita.

El estudio se clasificó como una investigación sin riesgo porque se limitó a actividades educativas y no modificó variables biológicas, psicológicas o sociales de los participantes. Se observaron los principios de integridad y beneficencia contemplados en la normativa colombiana y en los criterios bioéticos adoptados en la investigación doctoral (Ministerio de Salud, 1993; Osorio, 2000).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Un diagnóstico que desbordó la calificación

La evaluación inicial mostró dificultades generalizadas en el desempeño matemático. La media global fue de 32 puntos sobre 100 y solo tres de los 30 estudiantes alcanzaron el criterio de aprobación establecido en 60 puntos. Los participantes de las instituciones educativas Rafael Valle Meza y Eduardo Suárez Orcasita obtuvieron, en promedio, un 28 % de respuestas correctas, mientras que los

de Luis Ovidio Rincón Lobo alcanzaron un 40 %. En conjunto, 27 estudiantes reprobaron y ninguno de los participantes de dos instituciones obtuvo una calificación igual o superior a 60.

La distribución individual confirmó que las dificultades no estaban concentradas en un grupo reducido. En Rafael Valle Meza y Eduardo Suárez Orcasita, las calificaciones oscilaron entre 10 y 40 puntos. En Luis Ovidio Rincón Lobo se encontraron los tres únicos estudiantes aprobados, todos con 60 puntos, aunque otro participante obtuvo 0. Los promedios de respuestas incorrectas fueron de 7,2 en las dos primeras instituciones y de 6 en la tercera. Estos resultados justificaron una intervención colectiva que, al mismo tiempo, atendiera los diferentes ritmos y niveles de desempeño.

Las respuestas del test mostraron dificultades en las operaciones matemáticas, la interpretación de relaciones algebraicas y la transferencia de procedimientos a situaciones problemáticas. Los estudiantes reconocían algunos procedimientos, pero presentaban limitaciones al seleccionar cuál utilizar, justificar su elección o relacionarlo con una representación gráfica. Las entrevistas ampliaron esta lectura. Aunque varios participantes valoraron positivamente las explicaciones docentes, también describieron clases repetitivas, escaso uso de herramientas digitales y dificultades para aplicar lo aprendido en situaciones nuevas. La valoración favorable del trabajo del profesor, por tanto, coexistía con problemas de comprensión y transferencia.

El cuestionario dirigido a los docentes confirmó algunas de estas condiciones. De las 90 respuestas obtenidas, el 38,89 % se concentró en la opción «nunca» y el 34,44 % en «a veces». Los nueve profesores indicaron que nunca habían aplicado estrategias STEM ni utilizado micro:bit en sus clases. También se registraron frecuencias bajas en actualización tecnológica, integración de recursos digitales, innovación pedagógica y apoyo institucional. Los datos no mostraron un rechazo explícito hacia la tecnología, sino una incorporación limitada por la falta de formación, continuidad y condiciones materiales.

El análisis cualitativo permitió agrupar los hallazgos en cuatro núcleos: formación matemática incompleta y asociada con prácticas repetitivas; necesidad de relacionar los contenidos con situaciones cotidianas; dificultades para comprender y aplicar la ecuación de la circunferencia; y

demanda de clases más dinámicas ante las debilidades observadas en las identidades pitagóricas. Entre los códigos recurrentes aparecieron la relación de las matemáticas con la vida diaria, la ausencia de recursos digitales, la repetición de actividades y la percepción de no contar con aprendizajes suficientes para avanzar hacia contenidos de mayor complejidad.

Las categorías inductivas no mostraron un rechazo general hacia las matemáticas. Los estudiantes reconocieron su importancia y valoraron el esfuerzo explicativo de sus docentes. El malestar se relacionó principalmente con la repetición, la escasez de ejemplos vinculados con la vida cotidiana y la sensación de no estar preparados para estudios posteriores. Las opiniones sobre la tecnología tampoco fueron uniformes: la mayoría solicitó una mayor presencia de recursos digitales, mientras algunos participantes dudaron de su necesidad. Esta diversidad llevó a plantear micro:bit como un recurso subordinado a la resolución de problemas matemáticos y no como una innovación justificada únicamente por su novedad.

**De la formulación matemática al sistema programado**

Los hallazgos del diagnóstico se tradujeron en decisiones didácticas concretas. La ecuación de la circunferencia se empleó para delimitar un área de riego; la función cuadrática permitió representar trayectorias deportivas, y las identidades pitagóricas se relacionaron con la precisión de una obra. Cada expresión matemática respondió así a un problema reconocible. La programación agregó otra exigencia: los estudiantes debían transformar las relaciones matemáticas en variables, condiciones y reglas que micro:bit pudiera ejecutar.

En la situación de riego inteligente, los equipos calcularon distancias, representaron coordenadas y clasificaron plantas según su ubicación dentro o fuera de un radio de 50 metros. Después programaron condiciones para emitir alertas y definieron una zona anular comprendida entre el 80 % y el 100 % del radio. En la situación deportiva calcularon valores, vértices y raíces de funciones cuadráticas, programaron su evaluación automática y compararon trayectorias de balones de fútbol, baloncesto y voleibol. La tercera actividad utilizó el acelerómetro de la placa como nivel digital para verificar ternas pitagóricas, examinar identidades y estimar el efecto de errores angulares en estructuras.

La primera situación hizo visible la relación entre representación geométrica, cálculo y toma de decisiones. El radio de 50 metros definió la desigualdad x2+y2≤2500x^2+y^2\leq 2500, mediante la cual se clasificaron las coordenadas según su ubicación dentro o fuera del área de cobertura. La franja de alerta añadió una región compuesta y exigió distinguir entre el interior, el borde de riesgo y el exterior. Al traducir el modelo al código, los estudiantes debieron mantener la correspondencia entre las unidades, las operaciones y los mensajes emitidos por la matriz de luces. De este modo, la ecuación se convirtió en un sistema capaz de responder a coordenadas específicas.

La secuencia manual, programada y reflexiva evitó que el dispositivo sustituyera el razonamiento matemático. Antes de automatizar una operación, los estudiantes anticiparon el resultado; luego lo compararon con la respuesta de la placa y, cuando encontraron discrepancias, revisaron el procedimiento o el código. El error dejó de entenderse únicamente como una respuesta incorrecta y pasó a utilizarse como información para revisar el proceso. Esta dinámica concuerda con el enfoque STEM descrito por la Organización de los Estados Americanos (2020), en el que la indagación y la revisión de soluciones articulan conocimientos de diferentes disciplinas.

En el análisis de las trayectorias deportivas, el vértice y las raíces dejaron de presentarse como procedimientos separados. La altura máxima, la distancia horizontal y el punto de caída se interpretaron como componentes de una misma función cuadrática. La comparación entre deportes amplió la tarea, pues los equipos debían justificar qué trayectoria era más alta, extensa o adecuada para superar una barrera. En la nivelación constructiva, el acelerómetro proporcionó una medición, pero la decisión dependió de relacionarla con ternas pitagóricas, razones trigonométricas y estimaciones porcentuales del error.

La contextualización también incidió en la comunicación matemática. Para justificar una alerta, los estudiantes debían explicar el significado de una desigualdad; para defender una trayectoria, recurrían al vértice y a las raíces; y para evaluar una desviación constructiva, relacionaban el ángulo con las razones trigonométricas y el porcentaje de error. Las presentaciones exigieron pasar del resultado

numérico a la argumentación ante los compañeros y el docente. La Tabla 1 sintetiza la estructura de las situaciones desarrolladas.

**Tabla 1.** Arquitectura de las situaciones STEM con micro: bit

| Situación | Contenido matemático | Programación y sensor | Aplicación contextual |
|---|---|---|---|
| Riego inteligente | Circunferencia, distancia y desigualdades. | Cálculo de $x^2 + y^2$ y alertas por zonas. | Cobertura de riego en un cultivo circular de Valencia de Jesús. |
| Trayectoria de balón | Función cuadrática, vértice, raíces y máximos. | Evaluación automática de y y comparación con barreras. | Análisis de tiros en escenarios deportivos de Valledupar. |
| Nivelación para construcción | Teorema de Pitágoras, identidades y razones trigonométricas. | Acelerómetro como nivel digital y cálculo de desviaciones. | Verificación de ángulos y errores en obras de vivienda. |

**Nota**. Elaboración propia a partir del diseño de la intervención.

**Cambios observados en el desempeño y su interpretación pedagógica**

La evaluación posterior mostró un cambio descriptivo en el desempeño. La media global aumentó de 32 a 71,33 puntos, con una diferencia de 39,33 puntos. En la Institución Educativa Rafael Valle Meza, el promedio pasó de 28 a 70 puntos; en Luis Ovidio Rincón Lobo, de 40 a 75; y en Eduardo Suárez Orcasita, de 28 a 69. Los veinte estudiantes de las dos primeras instituciones alcanzaron el criterio de aprobación, al igual que nueve de los diez participantes de la tercera. En términos agregados, la proporción de aprobados aumentó del 10 % al 96,67 %.

El cambio no fue uniforme ni supuso la superación de todas las dificultades. Un estudiante obtuvo 50 puntos y varios alcanzaron exactamente el mínimo de 60. Los resultados muestran una mejora durante el ciclo de intervención, pero no permiten afirmar que los aprendizajes se mantuvieran a largo plazo.

La tendencia observada en las tres instituciones, acompañada por una mayor disposición para explicar y revisar procedimientos, indica una relación favorable entre las actividades contextualizadas, la programación, el trabajo colaborativo y el desempeño posterior.

La distribución de las calificaciones también mostró que el cambio no se limitó al promedio. En Rafael Valle Meza, los resultados posteriores se ubicaron entre 60 y 80 puntos; en Luis Ovidio Rincón Lobo, entre 60 y 90; y en Eduardo Suárez Orcasita, entre 50 y 90. El estudiante que inicialmente obtuvo 0 alcanzó 90 puntos, mientras que varios participantes con calificaciones de 10 o 20 llegaron a 60, 70 u 80. Aunque las diferencias individuales se mantuvieron, el desplazamiento alcanzó a estudiantes que partían de desempeños muy bajos. La Tabla 2 presenta la comparación institucional.

**Tabla 2.** Comparación descriptiva del desempeño antes y después de la intervención

| Institución educativa | Media inicial | Media final | Aprobados iniciales | Aprobados finales | Ganancia media |
|---|---|---|---|---|---|
| Rafael Valle Meza | 28,0 | 70,0 | 0/10 | 10/10 | +42,0 |
| Luis Ovidio Rincón Lobo | 40,0 | 75,0 | 3/10 | 10/10 | +35,0 |
| Eduardo Suárez Orcasita | 28,0 | 69,0 | 0/10 | 9/10 | +41,0 |
| Total / media global | 32,0 | 71,33 | 3/30 | 29/30 | +39,33 |

**Nota**. Se consideró aprobado al estudiante que obtuvo una calificación igual o superior a 60 puntos. Elaboración propia con base en los resultados de las evaluaciones inicial y posterior.

La evidencia cualitativa permitió interpretar estos cambios. Durante las actividades, los estudiantes manifestaron interés por completar las fases, intercambiaron procedimientos dentro de los equipos y valoraron la posibilidad de comprobar sus cálculos. La autonomía no implicó ausencia de orientación docente, sino una mediación que planteó los problemas, proporcionó herramientas y transfirió gradualmente a los estudiantes la responsabilidad de tomar decisiones.

Esta autonomía se expresó en la distribución de tareas, la búsqueda de estrategias alternativas, la corrección del código y la defensa oral de los resultados. La interacción entre pares adquirió valor cognitivo cuando el cálculo realizado por un integrante debía ser comprendido por quien programaba y explicado posteriormente por quien presentaba el trabajo.

Esta circulación redujo la concentración de la actividad en el estudiante con mayor habilidad técnica y favoreció la responsabilidad compartida sobre la coherencia del prototipo.

Los hallazgos guardan relación con Giraldo (2021), quien registró mejoras en competencias matemáticas después de una intervención STEM, y con Ruiz (2023), que vinculó la metodología STEAM con el desarrollo del razonamiento matemático. También coinciden con Orellana y Erazo (2021), quienes sostienen que las herramientas digitales pueden favorecer la motivación y el desempeño cuando se incorporan mediante una propuesta metodológica definida. Esta correspondencia no implica que cualquier recurso tecnológico produzca resultados semejantes. El elemento compartido por estos estudios es la reorganización de la experiencia de aprendizaje y la integración del recurso con propósitos didácticos concretos.

La programación física actuó como una forma de mediación semiótica. Las desigualdades, funciones e identidades no permanecieron exclusivamente en el papel, sino que generaron respuestas observables, como iconos, sonidos, mediciones o clasificaciones. Cuando la salida del sistema no coincidía con la predicción, los equipos debían localizar la inconsistencia. Micro:bit funcionó, de esta manera, como un medio para exteriorizar y revisar el razonamiento, no como una calculadora destinada a sustituirlo.

El proceso de depuración permitió revisar simultáneamente el modelo matemático y su traducción computacional. Algunas discrepancias procedían de errores en las operaciones; otras, del orden de los bloques o de condiciones incompletas. Los estudiantes no se limitaron a sustituir una respuesta incorrecta, sino que reconstruyeron el procedimiento que la había producido. El error se convirtió así en información para explicar, contrastar y modificar el razonamiento.

La vinculación territorial constituyó otro componente de la propuesta. Los problemas incorporaron referencias a la agricultura, el deporte y la construcción en Valledupar. La circunferencia se relacionó con la ingeniería agrícola; la función cuadrática, con la física y el análisis deportivo; y la trigonometría, con la topografía y la ingeniería civil. Estas conexiones facilitaron la comprensión de los contenidos y permitieron reconocer posibles aplicaciones profesionales. Rossel (2023) sostiene que el enfoque

STEM adquiere valor educativo cuando integra la dimensión sociocultural del contexto, orientación que coincide con los resultados observados en la intervención.

La experiencia también mostró que la continuidad de la propuesta depende de las condiciones institucionales. Los nueve docentes declararon que no habían utilizado previamente estrategias STEM ni micro: bit. Aunque una intervención delimitada puede favorecer el interés y acompañarse de mejores resultados inmediatos, su sostenimiento requiere acceso a dispositivos, tiempo de planeación, formación docente y acompañamiento técnico. La Ruta STEM del Ministerio de Educación Nacional (2022) ofrece un marco para desarrollar estas capacidades, pero su aplicación en el aula demanda procesos locales de formación y seguimiento.

La apropiación docente debe avanzar de manera gradual. Solicitar a profesores sin experiencia previa que diseñen proyectos complejos puede convertir la propuesta en una carga adicional o en una actividad ocasional. El manual derivado de la investigación plantea comenzar con el diagnóstico del grupo, el inventario de recursos y el ensayo de prototipos; después, incorporar sensores, variables y procesos de automatización, y avanzar hacia problemas de mayor complejidad. Esta ruta reconoce que el profesorado también aprende mientras diseña las actividades, anticipa dificultades y observa las respuestas de los estudiantes.

El manual didáctico reúne orientaciones para diagnosticar al grupo, identificar los recursos disponibles, probar los prototipos, organizar actividades progresivas, registrar el proceso en bitácoras y comparar los resultados manuales con las respuestas automatizadas. Su finalidad no es prescribir una secuencia invariable, sino ofrecer criterios para diseñar problemas propios sin perder la correspondencia entre el contenido matemático, el recurso tecnológico y el contexto. La Tabla 3 sintetiza la relación entre los hallazgos del diagnóstico y las decisiones adoptadas.

**Tabla 3.** Correspondencia entre hallazgos, decisiones didácticas y evidencias de implementación

| **Hallazgo diagnóstico** | **Decisión didáctica** | **Operación matemática central** | **Evidencia durante la implementación** |
|---|---|---|---|
| 28 %–40 % de respuestas correctas y 27 reprobados | Exploración conceptual previa al uso de la placa | Cálculo, representación y justificación manual | Los equipos anticiparon resultados antes de programar y contrastaron procedimientos. |
| Dificultades en circunferencia y transferencia | Sistema de riego con zonas de cobertura y alerta | $x^2 + y^2 = r^2$; distancia; desigualdades | Clasificación de coordenadas y programación de alertas por regiones. |
| Debilidades en funciones e identidades | Trayectorias deportivas y nivelación constructiva | Vértice, raíces, Pitágoras y razones trigonométricas | Comparación de trayectorias, medición de ángulos y estimación de errores. |
| Clases repetitivas y escasa tecnología | Secuencia manual–programada–reflexiva | Traducción del modelo a variables y condiciones | Mayor interés, comunicación entre pares y revisión de discrepancias. |
| Nula experiencia docente con STEM y micro:bit | Manual de aplicación gradual y bitácora | Planificación, prueba, registro y evaluación | Ruta replicable basada en diagnóstico, ensayo y acompañamiento institucional. |

**Nota**. Elaboración propia a partir de la triangulación del diagnóstico y los registros de la intervención.

Los resultados deben interpretarse dentro de los límites del estudio. La muestra fue intencional y estuvo integrada por 30 estudiantes, sin grupo de comparación. La intervención se concentró en tres situaciones y la evaluación posterior se realizó dentro del mismo ciclo de trabajo. Por estas razones, no puede atribuirse causalidad con el alcance de un experimento ni asegurarse la permanencia de los aprendizajes.

Tampoco fue posible establecer el peso específico de la contextualización, la colaboración, la programación, la retroalimentación o la novedad del dispositivo en los cambios registrados. La evidencia permite sostener una mejora descriptiva del desempeño y una recepción favorable en las tres instituciones estudiadas, pero no generalizar los resultados a toda la educación media. Futuras investigaciones podrán examinar la permanencia de los aprendizajes mediante mediciones diferidas y diseños comparativos que permitan distinguir la contribución de cada componente de la intervención.

**CONCLUSIONES**

El diagnóstico mostró que el bajo desempeño matemático no se limitaba a dificultades de contenido. Las calificaciones iniciales, los testimonios estudiantiles y las respuestas docentes permitieron reconocer conocimientos frágiles, una enseñanza percibida como repetitiva y escasa integración tecnológica. Esta convergencia orientó el diseño de una intervención vinculada con necesidades concretas del alumnado y evitó incorporar micro:bit como un recurso ajeno al currículo.

Las tres situaciones problema articularon la formalización matemática con aplicaciones contextualizadas. La ecuación de la circunferencia permitió tomar decisiones sobre un sistema de riego; la función cuadrática se utilizó para analizar trayectorias deportivas, y las identidades pitagóricas sustentaron mediciones constructivas. La programación exigió expresar condiciones y comprobar resultados, mientras que el trabajo colaborativo favoreció la argumentación y la revisión de los procedimientos. El valor pedagógico observado surgió de la relación entre el problema, el modelo matemático, el código, la experimentación y la discusión.

La media global aumentó de 32 a 71,33 puntos y el número de estudiantes aprobados pasó de 3 a 29. Estos resultados muestran una mejora descriptiva durante el ciclo de intervención. La evidencia cualitativa registró mayor interés, autonomía, comunicación matemática y disposición para revisar errores. Aunque el diseño no permite atribuir los cambios exclusivamente al dispositivo, los hallazgos respaldan la viabilidad pedagógica de integrar micro:bit bajo el enfoque STEM cuando se conserva una secuencia de razonamiento previo, comprobación tecnológica y reflexión posterior.

La experiencia también mostró que el acceso a dispositivos no equivale por sí mismo a una transformación pedagógica. Diseñar problemas situados requiere conocer el currículo, el territorio y las posibilidades del recurso, mientras que su continuidad depende de la formación docente, la disponibilidad tecnológica, el tiempo de planeación y el acompañamiento institucional. El manual didáctico elaborado ofrece una ruta flexible basada en el diagnóstico del grupo, el inventario de recursos, el ensayo de prototipos, la progresión por fases, el uso de bitácoras y la evaluación argumentada.

El alcance de los resultados está delimitado por el tamaño y la selección intencional de la muestra, la ausencia de un grupo de comparación y la aplicación de la evaluación posterior dentro del mismo ciclo de trabajo. Futuras investigaciones podrán examinar la permanencia y transferencia de los aprendizajes mediante muestras más amplias, mediciones diferidas y diseños comparativos. Dentro de estas condiciones, micro:bit funcionó como un recurso para hacer visibles las relaciones matemáticas, someterlas a comprobación y convertir el error en objeto de análisis. El aporte de la experiencia no radica en digitalizar una clase tradicional, sino en organizar el aprendizaje alrededor de problemas que exigen modelar, programar, contrastar y comunicar.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Alborch Cadena, Y. A. (2022). Resolución de problemas de adición y sustracción a través de un folleto lúdico interactivo [Trabajo de grado, Universidad Santo Tomás]. https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/44129/2022yeseniaadelaidaalborchcadena.pdf?sequence=1

Beltrán, H. (2025). Guía educativa: Uso de la micro:bit e inteligencia. Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. https://mintic.gov.co/colombiaprograma/847/articles-407395_recurso_1.pdf

Castiblanco, P. P., & Lozano, R. M. (2016). El modelo STEM como práctica innovadora en el proceso de aprendizaje de las matemáticas en las escuelas unitarias de la IED Instituto Técnico Agrícola

de Pacho, Cundinamarca [Tesis, Universidad Tecnológica de Bolívar]. https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0069835.pdf

Cohen, N., & Gómez Rojas, G. (2019). Metodología de la investigación, ¿para qué? La producción de los datos y los diseños. Teseo; CLACSO. https://biblioteca.clacso.edu.ar/clacso/se/20190823024606/Metodologia_para_que.pdf

Contreras, O. (2021). Educación STEAM: Integración transdisciplinaria curricular en la enseñanza de las matemáticas, ciencias, tecnología y arte en la educación media [Tesis doctoral, Universidad Pedagógica Experimental Libertador]. https://espacio-digital.upel.edu.ve/index.php/TD/article/view/296/293

Fuster Guillen, D. E. (2019). Investigación cualitativa: Método fenomenológico hermenéutico. Propósitos y Representaciones, 7(1), 201-229. https://doi.org/10.20511/pyr2019.v7n1.267

Giraldo, R. M. (2021). El enfoque STEM: Desarrollo de competencias matemáticas y mecánicas en estudiantes de género femenino de educación básica secundaria [Tesis doctoral, Universidad Metropolitana de Educación, Ciencia y Tecnología]. https://repositorio.umecit.edu.pa/handle/001/4621

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. P. (2010). Metodología de la investigación (5.ª ed.). McGraw-Hill.

ICFES. (2022). Reporte de resultados del examen Saber 11 por aplicación, años 2018-2022: Institución Educativa Rafael Valle Meza [Informe institucional].

Ley 115 de 1994. Por la cual se expide la Ley General de Educación. 8 de febrero de 1994. https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-85906_archivo_pdf.pdf

Micro:bit Educational Foundation. (2026). Descripción general de las características de micro:bit. https://microbit.org/es-es/get-started/features/overview/

Ministerio de Educación Nacional. (2006). Estándares básicos de competencias en lenguaje, matemáticas, ciencias y ciudadanas. https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-340021_recurso_1.pdf

Ministerio de Educación Nacional. (2010). Fortalezas y dificultades de los estudiantes de básica según sus desempeños en Saber 2009. https://www.mineducacion.gov.co/1621/article-241773.html

Ministerio de Educación Nacional. (2022, 3 de junio). Gobierno nacional lanza Ruta STEM 2022 para fortalecer las capacidades de docentes y estudiantes del país en tecnología, ciencia, ingeniería y matemáticas. https://www.mineducacion.gov.co/portal/salaprensa/Comunicados/410966

Ministerio de Salud. (1993). Resolución 8430 de 1993, por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud. https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/RESOLUCION-8430-DE-1993.PDF

Organisation for Economic Co-operation and Development. (2018). PISA 2018 results: Country note, Colombia. https://www.oecd.org/pisa/publications/PISA2018_CN_COL_ESP.pdf

Organización de los Estados Americanos. (2020). La indagación como estrategia para la educación STEAM. https://recursos.educoas.org/sites/default/files/Final%20OEA%20Indagacio%CC%81n.pdf

Orellana, J. C., & Erazo, J. C. (2021). Herramientas digitales para la enseñanza de matemáticas en pandemia: Usos y aplicaciones de docentes. Episteme Koinonía, 4(8). http://portal.amelica.org/ameli/journal/258/2582582008/html/

Osorio, J. (2000). Principios éticos de la investigación en seres humanos y en animales. Medicina, 60(2), 255-258. http://www.medicinabuenosaires.com/revistas/vol60-00/2/principioseticos.htm

Rossel, S. S. (2023). El método STEM como recurso pedagógico de innovación curricular para la enseñanza de las ciencias en comunidades educativas de contextos vulnerables [Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Madrid]. https://repositorio.uam.es/handle/10486/706771

Ruiz, O. (2023). Desarrollo del razonamiento matemático a través de la metodología STEAM en estudiantes de grado sexto [Tesis, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia].

https://repositorio.uptc.edu.co/server/api/core/bitstreams/97774813-eabf-4c71-8e8e-8ff666e00c15/content