

**Cambios entre el estado inicial y final de las competencias científicas, tecnológicas y matemáticas en estudiantes de aula multigrado de la zona rural del municipio de Lebrija-Santander que participan de la implementación de una propuesta pedagógica en educación STEM**

**Claudia Patricia Cañón Romero**



**Tesis presentada para optar al título de Doctora en Educación**

**Universidad Pontificia Bolivariana**

**Escuela de Educación y Pedagogía**

**Facultad de Educación**

**Medellín**

**2026**

**Cambios entre el estado inicial y final de las competencias científicas, tecnológicas y matemáticas en estudiantes de aula multigrado de la zona rural del municipio de Lebrija-Santander que participan de la implementación de una propuesta pedagógica en educación STEM**

**Claudia Patricia Cañón Romero**

**Tesis presentada para optar al título de Doctora en Educación**

**Director**

**Dr. Lina María Cano Vázquez**

**Universidad Pontificia Bolivariana**

**Escuela de Educación y Pedagogía**

**Facultad de Educación**

**Medellín**

**2026**

### **Dedicatoria**

*A Cristo, que me ha dado la vida, la salud y ha propiciado todas las circunstancias para emprender, transitar y superar cada desafío que me ha deparado este camino académico.*

*A mi esposo, a mi hija Luciana y a mi madre, que han sido pacientes, comprensivos, incondicionales y me han motivado de principio a fin.*

*A los niños y niñas con los que he vivido mi experiencia en el contexto rural, ellos sembraron en mí la idea y el propósito de emprender en el aula multigrado un camino diferente, retador, pero a la vez gratificante.*

### **Agradecimientos**

*Agradezco a Dios todo poderoso por permitirme llegar a esta instancia, a mi familia por estar presente de principio a fin, a mi directora de tesis Lina María Cano Vásquez por dirigirme con sabiduría; a la Universidad Pontificia Bolivariana por abrir sus puertas para la formación docente, agradezco también a todos los colegas y amigos que de una otra forma me aportaron en la construcción de esta experiencia.*

## Contenido

<b>Introducción.....</b>	<b>20</b>
<b>1. Planteamiento del problema.....</b>	<b>22</b>
1.1. Formulación del problema .....	35
1.2. Preguntas problematizadoras .....	35
1.3. Objetivos .....	36
1.3.1. Objetivo General .....	36
1.3.2. Objetivos Específicos .....	36
1.4. Hipótesis .....	36
1.5. Justificación.....	37
<b>2. Marco de Referencia .....</b>	<b>41</b>
2.1 Estado de la cuestión .....	41
2.1.1. Bases de datos consultadas .....	41
2.1.2. País de origen .....	42
2.1.3. Año de publicación .....	43
2.1.4. Tipo de material seleccionado .....	44
2.1.5. Tendencias identificadas .....	45
2.1.5.1. Tendencia N°1: La pedagogía activa como medio para implementar la educación STEM y el desarrollo de competencias científicas, tecnológicas y matemáticas .....	46
2.1.5.2. Tendencia No 2: Las estrategias didácticas para implementar STEM y promover competencias en ciencias, tecnología y matemáticas. ....	49
2.1.5.3. Tendencia N°3: La educación STEM y las competencias en ciencias, tecnológica y matemáticas en el contexto rural.....	53

2.2. Marco conceptual .....	58
2.2.1. El aula multigrado como escenario tradicional para la educación rural .....	58
2.2.2. Competencias científicas, tecnológicas y matemáticas con la educación STEM.....	61
2.2.3. Competencia tecnológica como elemento transformador .....	66
2.2.4. Competencias matemáticas para las situaciones de la vida real .....	68
2.2.5. STEM como herramienta para los procesos de enseñanza aprendizaje .....	71
<b>3. Marco metodológico.....</b>	<b>76</b>
3.1. Paradigma positivista .....	76
3.2. Enfoque.....	76
3.3. Diseño.....	77
3.4. Alcance .....	78
3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de la información .....	79
3.6 Población y muestra .....	82
<b>4. Consideraciones éticas .....</b>	<b>84</b>
6.2. Propuesta de intervención: Desarrollo de las competencias científicas, tecnológicas y matemáticas del grupo de estudiantes muestra, a partir del diseño e implementación de una propuesta pedagógica en Educación STEM.....	87
6.2.1. Resultados matemáticos – lista de chequeo dimensión conceptual.....	101
6.2.2. Resultados matemáticos – lista de chequeo dimensión procedimental .....	104
6.2.3. Resultados ciencias – lista de chequeo dimensión conceptual .....	108
6.2.4. Resultados ciencias – lista de chequeo dimensión procedimental .....	113
6.2.5. Resultados tecnología – lista de chequeo dimensión conceptual .....	117
6.2.6. Resultados tecnología – lista de chequeo dimensión conceptual .....	122
6.2.7. Resultados protocolo de observación .....	128

6.3. Características del estado final de la población tras la propuesta de intervención	139
6.3.1. Resultados matemáticos .....	139
6.3.1.2. Resultados matemáticas dimensión conceptual – grupo experimental y grupo control .....	139
6.3.1.3. Resultados matemáticas dimensión procedimental – grupo experimental y grupo control .....	145
6.3.2. Resultados ciencias.....	148
6.3.2.1. Resultados ciencias – dimensión conceptual – grupo experimental y grupo control.....	149
6.3.2.2. Resultados ciencias – dimensión procedimental – grupo experimental y grupo control .....	153
6.3.3. Resultados tecnología.....	157
6.3.3.1. Resultados tecnología – dimensión conceptual – grupo experimental y grupo control .....	157
6.3.3.2. Resultados tecnología – dimensión procedimental – grupo experimental y grupo control .....	160
6.3.4. Diferencias en el desarrollo de competencias matemáticas entre el grupo experimental y el grupo control después de aplicar la propuesta .....	164
6.3.4.1. Comparación de resultados pre-test y post-test – matemáticas – dimensión conceptual.....	164
6.3.4.2. Comparación de resultados pre-test y post-test – matemáticas – dimensión procedimental .....	167
6.3.5. Diferencias en el desarrollo de competencias en ciencias entre el grupo experimental y el grupo control después de aplicar la propuesta .....	170
6.3.5.1. Comparación de resultados pre-test y post-test – ciencias – dimensión conceptual.....	170

6.3.5.2. Comparación de resultados pre-test y post-test – ciencias – dimensión procedimental.....	171
6.3.6. Diferencias en el desarrollo de competencias en tecnología entre el grupo experimental y el grupo control después de aplicar la propuesta .....	173
6.3.6.1. Comparación de resultados pre-test y post-test – tecnología – dimensión conceptual.....	173
6.3.6.2. Comparación de resultados pre-test y post-test – tecnología – dimensión procedimental .....	176
6.4. Comprobación de hipótesis .....	178
6.5. Triangulación de resultados .....	185
6.6. Discusión de los resultados .....	189
<b>5. Conclusiones .....</b>	<b>193</b>
<b>6. Recomendaciones .....</b>	<b>198</b>
<b>Referencias.....</b>	<b>200</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>216</b>

### Lista de Tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Número de estudiantes: 30 Grado 8</i> .....	28
<b>Tabla 2.</b> <i>Tendencias identificadas</i> .....	45
<b>Tabla 3</b> <i>Componentes del diseño mixto incrustado</i> .....	77
<b>Tabla 4</b> <i>Resumen estructural de los instrumentos según los objetivos</i> .....	80
<b>Tabla 5</b> <i>Matriz de variables y dimensiones para la construcción de instrumentos.</i> .....	80
<b>Tabla 6.</b> <i>Estudiantes participantes en la investigación</i> .....	83
<b>Tabla 7</b> <i>Cronograma</i> .....	84
<b>Tabla 20</b> <i>Liderazgo disciplinar</i> .....	88
<b>Tabla 21</b> <i>Propuesta de intervención</i> .....	89
<b>Tabla 22</b> <i>Retratos breves por estudiante (con metas próximas)</i> .....	102
<b>Tabla 23</b> <i>Aspectos a sostener y ajustar en la práctica docente</i> .....	103
<b>Tabla 24</b> <i>Retratos breves por estudiante (con metas próximas)</i> .....	105
<b>Tabla 25</b> <i>Aspectos a sostener y ajustar en la práctica de aula.</i> .....	107
<b>Tabla 26</b> <i>Retratos breves por estudiante (con metas próximas)</i> .....	109
<b>Tabla 27</b> <i>Aspectos a sostener y ajustar como equipo docente</i> .....	112
<b>Tabla 28</b> <i>Retratos breves por estudiante (con metas próximas)</i> .....	114
<b>Tabla 29</b> <i>Aspectos a sostener y ajustar en la práctica de aula</i> .....	116
<b>Tabla 30</b> <i>Retratos breves por estudiante (con metas próximas)</i> .....	119
<b>Tabla 31</b> <i>Aspectos a sostener y ajustar como equipo docente</i> .....	120
<b>Tabla 32</b> <i>Retratos breves por estudiante (con metas próximas)</i> .....	123
<b>Tabla 33</b> <i>Aspectos a sostener y ajustar en la práctica de aula.</i> .....	126
<b>Tabla 34</b> <i>Descripción del proceso para el análisis en NVivo</i> .....	128
<b>Tabla 35</b> <i>Análisis comparativo por grados</i> .....	135

<b>Tabla 36</b> Síntesis del análisis actitudinal según la codificación NVivo .....	139
<b>Tabla 37</b> <i>Desempeño por grados - matemáticas - dimensión conceptual - grupo experimental</i> .....	139
<b>Tabla 38</b> <i>Desempeño por grados - matemáticas - dimensión conceptual - grupo control</i> .....	140
<b>Tabla 39</b> <i>Desempeño por grados - matemáticas - dimensión procedimental - grupo experimental</i> .....	145
<b>Tabla 40</b> <i>Desempeño por grados - matemáticas - dimensión procedimental - grupo control</i> .....	145
<b>Tabla 41</b> <i>Desempeño por grados - ciencias - dimensión conceptual - grupo experimental</i> .....	149
<b>Tabla 42</b> <i>Desempeño por grados - ciencias - dimensión conceptual - grupo control ....</i>	149
<b>Tabla 43</b> <i>Desempeño por grados - ciencias - dimensión procedimental - grupo experimental</i> .....	153
<b>Tabla 44</b> <i>Desempeño por grados - ciencias - dimensión procedimental - grupo control</i> .....	153
<b>Tabla 45</b> <i>Resultados por grados - ciencias - dimensión procedimental - grupo experimental y grupo control</i> .....	154
<b>Tabla 46</b> <i>Desempeño por grados - tecnología - dimensión conceptual - grupo experimental</i> .....	157
<b>Tabla 47</b> <i>Desempeño por grados - tecnología - dimensión conceptual - grupo control.</i>	157
<b>Tabla 48</b> <i>Desempeño por grados - tecnología - dimensión procedimental - grupo experimental</i> .....	160
<b>Tabla 49</b> <i>Desempeño por grados - tecnología - dimensión procedimental - grupo control</i> .....	160
<b>Tabla 50</b> <i>Ganancias - Matemáticas – Dimensión Conceptual</i> .....	179

<b>Tabla 51</b> <i>Ganancias - Matemáticas – Dimensión Procedimental</i> .....	179
<b>Tabla 52</b> <i>Ganancias - Ciencias – Dimensión Conceptual</i> .....	180
<b>Tabla 53</b> <i>Ganancias - Ciencias – Dimensión Procedimental</i> .....	180
<b>Tabla 54</b> <i>Ganancias - Tecnología – Dimensión Conceptual</i> .....	180
<b>Tabla 55</b> <i>Ganancias - Tecnología – Dimensión Procedimental</i> .....	181
<b>Tabla 56</b> Resultados media y desviación estándar por cada área y dimensión para grupo experimental y grupo control .....	181
<b>Tabla 57</b> <i>Resumen de resultados por cada área dimensión - t Student y d de Cohen</i> .....	183
<b>Tabla 58</b> <i>Hallazgos por áreas - tamaño d de Cohen</i> .....	184
<b>Tabla 59</b> <i>Matriz de triangulación</i> .....	187

## Lista de Figuras

<b>Figura 1</b> <i>Porcentaje de respuestas correctas por afirmación en la prueba de Matemáticas de grado 3, según zona y sector.</i> .....	25
<b>Figura 2</b> <i>Porcentaje de respuestas correctas por afirmación en la prueba de Matemáticas de grado 5, según zona y sector.</i> .....	26
<b>Figura 3</b> <i>Estudio Pruebas Saber 3°, 7° y 9°- Trayectorias escolares Región Centro Oriente.</i> .....	27
<b>Figura 4</b> <i>Bases de datos consultadas</i> .....	42
<b>Figura 5</b> <i>País de origen</i> .....	43
<b>Figura 6</b> <i>Año de publicación</i> .....	43
<b>Figura 7</b> <i>Tipo de material seleccionado</i> .....	44
<b>Figura 26</b> <i>Desempeño por grados - matemáticas - dimensión conceptual - grupo experimental y grupo control</i> .....	141
<b>Figura 27</b> <i>Resultados por género - matemáticas - dimensión conceptual - grupo experimental y grupo control</i> .....	144
<b>Figura 28</b> <i>Resultados por grado - dimensión procedimental – grupo experimental y grupo control</i> .....	146
<b>Figura 29</b> <i>Resultados por género - dimensión procedimental – grupo experimental y grupo control</i> .....	148
<b>Figura 30</b> <i>Desempeño por grados - ciencias - dimensión conceptual - grupo experimental y grupo control</i> .....	150
<b>Figura 31</b> <i>Resultados por género - ciencias - dimensión procedimental - grupo experimental y grupo control</i> .....	152
<b>Figura 32</b> <i>Resultados por género - ciencias - dimensión procedimental - grupo experimental y grupo control</i> .....	156

<b>Figura 33</b> <i>Resultados por grados - tecnología - dimensión conceptual - grupo experimental y grupo control .....</i>	158
<b>Figura 34</b> <i>Resultados por grado - tecnología - dimensión procedimental - grupo experimental y grupo control .....</i>	161
<b>Figura 35</b> <i>Resultados por género - tecnología - dimensión conceptual.....</i>	163
<b>Figura 36</b> <i>Comparación de resultados pre-test y post-test – matemáticas – dimensión conceptual .....</i>	164
<b>Figura 37</b> <i>Comparación de resultados pre-test y post-stest – matemáticas – dimensión procedimental.....</i>	167
<b>Figura 38</b> <i>Comparación de resultados pre-test y post-test – ciencias – dimensión conceptual .....</i>	170
<b>Figura 39</b> <i>Comparación de resultados pre-test y post-test – ciencias – dimensión procedimental.....</i>	172
<b>Figura 40</b> <i>Comparación de resultados pre-test y pots-stest – tecnología – dimensión conceptual .....</i>	174
<b>Figura 41</b> <i>Comparación de resultados pre-test y post-test – tecnología – dimensión procedimental.....</i>	178

### Lista de anexos

<b>Anexo 1</b>	Carta de Consentimiento para Padres de Familia de grupo experimental.....	216
<b>Anexo 2</b>	Carta de asentimiento para el estudiante del grupo experimental .....	220
<b>Anexo 3</b>	Carta de Consentimiento para Padres de Familia de grupo control .....	225
<b>Anexo 4</b>	Carta de asentimiento para el estudiante del grupo control.....	228
<b>Anexo 5</b>	<i>Prueba matemáticas - conceptual – pre-test</i> .....	234
<b>Anexo 6</b>	<i>Prueba matemáticas - procedimental – pre-test</i> .....	237
<b>Anexo 7</b>	<i>Prueba de ciencias - conceptual – pre-test</i> .....	240
<b>Anexo 8</b>	<i>Prueba de ciencias - procedimental – pre-test</i> .....	243
<b>Anexo 9</b>	<i>Prueba de tecnología - conceptual – pre-test</i> .....	247
<b>Anexo 10</b>	<i>Prueba de tecnología - procedimental – pre-test</i> .....	250
<b>Anexo 12</b>	<i>Prueba de matemáticas - conceptual – post-test</i> .....	253
<b>Anexo 13</b>	<i>Prueba de matemáticas - procedimental – post-test</i> .....	257
<b>Anexo 14</b>	<i>Prueba de ciencias - conceptual – post-test</i> .....	260
<b>Anexo 15</b>	<i>Prueba de ciencias - procedimental – post-test</i> .....	263
<b>Anexo 16</b>	<i>Prueba de tecnología - conceptual – post-test</i> .....	266
<b>Anexo 17</b>	<i>Prueba de tecnología – procedimental – post-test</i> .....	270
<b>Anexo 18</b>	<i>Lista de Chequeo – Matemáticas – Conceptual</i> .....	274
<b>Anexo 19</b>	<i>Lista de chequeo - Matemáticas - Procedimental</i> .....	275
<b>Anexo 20</b>	<i>Lista de chequeo - Ciencias - Conceptual</i> .....	276
<b>Anexo 21</b>	<i>Lista de chequeo - Ciencias - Procedimental</i> .....	277
<b>Anexo 22</b>	<i>Lista de chequeo - Tecnología - Conceptual</i> .....	278
<b>Anexo 23</b>	<i>Lista de chequeo - Tecnología - Procedimental</i> .....	279

<b>Anexo 24</b> <i>Protocolo de observación</i> .....	280
<b>Anexo 25</b> <i>Evidencias de intervención</i> .....	285
<b>Anexo 26</b> <i>Protocolo de Validación de Instrumentos</i> .....	287
<b>Anexo 27</b> <i>Propuesta pedagógica en Educación STEM - Proyecto 1</i> .....	291
<b>Anexo 28</b> <i>Propuesta pedagógica en Educación STEM - Proyecto 2</i> .....	291
<b>Anexo 29</b> <i>Propuesta pedagógica en Educación STEM - Proyecto 3</i> .....	291



## Resumen general de trabajo de grado en español

<b>TITULO:</b>	Cambios entre el estado inicial y final de las competencias científicas, tecnológicas y matemáticas en estudiantes de aula multigrado de la zona rural del municipio de Lebrija-Santander que participan de la implementación de una propuesta pedagógica en educación STEM
<b>AUTOR(ES):</b>	Caudia Patricia Cañón
<b>PROGRAMA:</b>	Doctorado en Educación
<b>DIRECTOR(A):</b>	Lina María Cano Vásquez

### RESUMEN

La presente investigación doctoral evaluó los cambios entre el estado inicial y final de las competencias científicas, tecnológicas y matemáticas en estudiantes de aula multigrado de dos sedes rurales del municipio de Lebrija, Santander. Esto se realizó a partir de la implementación de una propuesta pedagógica basada en Educación STEM. Se adoptó un diseño cuasiexperimental con un grupo experimental y un grupo control de 11 estudiantes cada uno, quienes participaron en una caracterización de competencias científicas, tecnológicas y matemáticas mediante un pre-test. Luego, el grupo experimental participó en la implementación de la propuesta pedagógica en Educación STEM, reflejada en tres proyectos ideados mediante el proceso de diseño de ingeniería de Cunningham (2018). Esta implementación fue valorada mediante listas de chequeo y protocolos de observación. Al finalizar, se recurrió a un post-test para identificar los efectos de la implementación de la propuesta pedagógica en las competencias ya mencionadas, lo que permitió obtener hallazgos cuantitativos.

Los resultados obtenidos en la prueba inicial arrojaron desempeños bajos en ambas poblaciones, caracterizados por dificultades en el razonamiento matemático, la formulación de hipótesis, la diferenciación entre observación y conclusión desde lo científico, y la comprensión de procesos tecnológicos. Posteriormente, se implementó la propuesta pedagógica en Educación STEM en el grupo experimental, gracias al cual se obtuvo evidencia cuantitativa y cualitativa con resultados favorables a lo largo del proceso. Estos resultados se atribuyen a diversos aspectos, entre ellos: partir de situaciones reales del contexto, como lo expresa Merchán Besabe

(2005); pensar y crear soluciones mediante el diseño y el prototipado; el trabajo colaborativo; y la integración de las áreas STEM como un factor influyente en el aprendizaje.

Los estudiantes del grupo experimental pasaron de observar, manipular y resolver situaciones sin secuencia clara en el primer proyecto, a formular hipótesis, justificar las elecciones de los materiales, llevar un orden en la resolución de problemas, registrar las observaciones y proponer mejoras a los prototipos en los proyectos posteriores. Esto coincide con los planteamientos de Pedrinaci et al. (2012) y Cañal (2012), quienes argumentan que las competencias se fortalecen cuando los estudiantes participan activamente en prácticas de indagación, discuten ideas, justifican resultados y toman decisiones fundamentadas, luego, tales avances no se adquieren mediante la instrucción expositiva, sino a través de experiencias reiteradas de indagación guiada y de trabajo colaborativo; con lo cual el estudio demostró que la Educación STEM, cuando se adapta a las condiciones del aula multigrado y al entorno rural, puede transformar las prácticas de aprendizaje, desde el fortalecimiento de la autonomía y la consolidación de un pensamiento científico, tecnológico y matemático pertinente.

#### **PALABRAS CLAVE:**

Aula multigrado - Educación STEM - Propuesta pedagógica - Competencias científicas - Competencias tecnológicas - Competencias matemáticas.

**Vº Bº DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO**



**General summary of work of grade**

**TITLE:** Changes between the initial and final state of scientific, technological, and mathematical competencies in multigrade rural classroom students from the municipality of Lebrija, Santander, who participate in the implementation of a STEM education-based pedagogical proposal.

**AUTHOR(S):** Claudia Patricia Cañón

**FACULTY:** Doctorado en Educación

**DIRECTOR:** Lina María Cano Vásquez

### ABSTRACT

This doctoral research evaluated the changes between the initial and final state of scientific, technological, and mathematical competencies in multigrade classroom students from two rural locations in the municipality of Lebrija, Santander. This was carried out through the implementation of a pedagogical proposal based on STEM Education. A quasi-experimental design was adopted with an experimental group and a control group of 11 students each, who participated in a characterization of scientific, technological, and mathematical competencies through a pre-test. Subsequently, the experimental group participated in the implementation of the pedagogical proposal in STEM Education, reflected in three projects conceived through the engineering design process of Cunningham (2018). This implementation was assessed using checklists and observation protocols. At the end, a post-test was conducted to identify the effects of the pedagogical proposal implementation on the aforementioned competencies, which allowed for the acquisition of quantitative findings.

The results obtained in the initial test showed low performances in both populations, characterized by difficulties in mathematical reasoning, hypothesis formulation, differentiation between observation and conclusion from a scientific perspective, and understanding technological processes. Subsequently, the pedagogical proposal in STEM Education was implemented in the experimental group, where quantitative and qualitative evidence was obtained with favorable results throughout the process. These results are attributed to various aspects, including: starting from real situations in the context, as expressed by Merchán Besabe (2005); thinking and creating solutions through design and prototyping; collaborative work; and the integration of STEM areas as an influential factor in learning.

Students in the experimental group progressed from observing, manipulating, and solving situations without a clear sequence in the first project, to formulating hypotheses, justifying material choices, maintaining order in problem-solving, recording observations, and proposing improvements to prototypes in subsequent projects. This aligns with the proposals of Pedrinaci et al. (2012) and Cañal (2012), who argue that competencies are strengthened when students actively engage in inquiry practices, discuss ideas, justify results, and make informed

decisions. Such advancements are not acquired through expository instruction but through repeated experiences of guided inquiry and collaborative work; thus, the study demonstrated that STEM Education, when adapted to the conditions of multigrade classrooms and rural environments, can transform learning practices by enhancing autonomy and consolidating relevant scientific, technological, and mathematical thinking.

**KEYWORDS:**

Multigrade classroom - STEM Education - Pedagogical proposal - Scientific competencies - technological competencies - mathematical competencies.

**V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK**

## Introducción

La educación rural colombiana enfrenta diversas condiciones que han limitado el desarrollo pleno de las competencias científicas, tecnológicas y matemáticas en los estudiantes, por causa de, entre otras cosas, los desafíos estructurales asociados a la baja disponibilidad de recursos, la multigradación, la dispersión geográfica y la persistencia de modelos pedagógicos centrados en la transmisión de contenidos y no en la experimentación, los cuales afectan el desarrollo de los estudiantes frente a estas áreas fundamentales para la comprensión del mundo natural y la resolución de problemas. Ante esta consideración el enfoque STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) se ha consolidado internacionalmente como una alternativa pedagógica de alto impacto, por su capacidad de articular la indagación, el pensamiento crítico, el diseño y la resolución de problemas a través de experiencias significativas y contextualizadas incluso en el área rural.

Sin embargo, la investigación sobre la implementación de la Educación STEM en contextos rurales multigrado en Colombia es aún incipiente, y son escasos los estudios que analizan de manera sistemática los efectos de una propuesta pedagógica interdisciplinar en el desarrollo de las competencias fundamentales en el aula multigrado. Ante esta necesidad, la presente investigación doctoral se propuso evaluar los cambios entre el estado inicial y el estado final de las competencias científicas, tecnológicas y matemáticas en estudiantes de aula multigrado de dos sedes rurales del municipio de Lebrija, Santander, a partir del diseño e implementación de una propuesta pedagógica basada en Educación STEM que se vio reflejada en el proceso de diseño en ingeniería.

En consecuencia, en los próximos capítulos se desarrollará el estudio partiendo de una identificación precisa del problema, donde se presentan los vacíos que existen frente al desarrollo de propuestas de intervención STEM en la educación rural colombiana, y las evidencias empíricas que existen en otros países sobre los beneficios y los impactos significativos de este enfoque en el multigrado. De manera seguida, se presentan los objetivos diseñados para abordar el problema de investigación: uno general y tres específicos. Después se plantean las hipótesis y la justificación de investigación desde lo pedagógico, lo curricular, lo social, lo epistemológica, lo metodológico, el sentido de equidad, y lo evaluativo.

Después se presentan los apartados de sustento epistémico en los que se consolidan el marco de referencia y el marco conceptual. Respecto al primero, los estudios identificados se organizan y se analizan desde sus convergencias que, a partir de cuatro tendencias. En cuanto al marco conceptual, se considera el desarrollo teórico de los ejes epistémicos de la investigación, que son el aula multigrado, las competencias científicas, tecnológicas y matemáticas, y el enfoque STEM. En continuación, se plantea el marco metodológico donde se describen el paradigma, el enfoque, el diseño y el alcance desde los cuales se desarrolló el proceso investigativo; en este capítulo también se describen las técnicas e instrumentos de recolección de la información, además de la población y la muestra de investigación.

Seguidamente, se presentan las consideraciones éticas que rigen el desarrollo del estudio desde un marco respetuoso de la individualidad y las características de los participantes. En el siguiente capítulo se describe el plan de análisis, de modo que se esclarezca la forma de tratamiento de los datos. Después se presenta el capítulo de análisis de resultados que contiene, en primer momento, los resultados del pre-test para el área de matemáticas, ciencias y tecnologías, en las dimensiones conceptual y procedimental, a partir de los cuales se presenta la propuesta de intervención y los resultados logrados por los estudiantes en el post-test junto con las diferencias en el desarrollo de las competencias científicas, tecnológicas y matemáticas entre los estudiantes del grupo experimental y el grupo control después de la implementación de la propuesta pedagógica en Educación STEM, lo cual se corrobora después en el apartado de comprobación de hipótesis, la triangulación y la discusión de los resultados. Así se llega al capítulo de conclusiones del estudio a partir de los hallazgos y, finalmente, se presentan las recomendaciones que surgen tras el desarrollo de la investigación.

## 1. Planteamiento del problema

En Colombia el sistema educativo tiene dos escenarios muy distintos en cuanto a organización de grupos: el primero de ellos tiene que ver con la educación en el área urbana en donde el número de estudiantes permite la conformación de grupos numerosos lo que posibilita la asignación de un docente para cada grado; el segundo escenario, referencia a la educación en el sector rural, la cual, para la presente investigación se enfoca en la zona rural dispersa, definida por el Departamento Nacional de Planeación (2014) como “aquellos municipios y áreas no municipalizadas (ANM) que tienen cabeceras pequeñas y densidad poblacional baja” (p. 13). Según De La Vega (2020), el reducido porcentaje de habitantes en la zona rural conlleva a que el número de matrícula por escuela sea muy escaso, lo que conduce a la conformación de aulas multigrado, las cuales constituyen el modo de organización de los establecimientos educativos del campo; en este sentido, son una forma de garantizar el derecho a la educación a los niños y niñas de las zonas distantes del casco urbano (Organización de las Naciones Unidas para la Educación [UNESCO], 2003).

El Ministerio de Educación Nacional colombiano (MEN, 2017) define el aula multigrado como el salón que reúne de manera simultánea a todos los grupos desde preescolar hasta quinto grado, y según la cantidad de estudiantes matriculados son asignados uno o cuatro docentes para la enseñanza de todas las áreas. Este escenario es compartido en 53 de las 57 instituciones educativas públicas con las que cuenta el municipio de Lebrija. En las aulas multigrado, los grados están conformados por pequeños grupos de estudiantes; por lo tanto, es común encontrar escuelas con un total de nueve, quince, veinte estudiantes o más, quienes comparten los mismos horarios de clase con temáticas distintas para cada grupo. El docente debe desarrollar las clases para todos los estudiantes en la misma jornada y cumplir con las mallas curriculares propuestas para cada periodo académico.

El aula multigrado representa un largo trasegar construido de manera paulatina, con asuntos que históricamente han quedado pendientes para que se consolide pero que a la vez se espera vaya al ritmo de las exigencias del mundo contemporáneo, se destaque en pruebas estandarizadas y sus estudiantes terminen los ciclos educativos con éxito, sin embargo, la educación rural es diferente a la realidad educativa de otros contextos del territorio colombiano, los cuales,

comparten las misma normatividad, los mismos lineamientos, las mismas metas pero no la misma historia y las mismas realidades.

El entorno educativo rural ofrece diversas bondades, es un gran escenario para propiciar diferentes aprendizajes y vivir experiencias significativas, no obstante, ciertas zonas presentan realidades muy distintas, por ejemplo, es usual encontrar escuelas multigrado en zonas remotas de las cabeceras municipales, con niños y jóvenes de bajos recursos económicos que presentan déficit nutricional o dificultades de aprendizaje que no han sido atendidas por un profesional. Estos planteles educativos poseen en su mayoría características en común en cuanto a su regular infraestructura física, a la ausencia de servicios públicos básicos y de conectividad a internet. Para llegar a sus instituciones educativas algunos estudiantes deben recorrer largos trayectos y atravesar vías en difíciles condiciones, además de encontrarse rodeados del conflicto armado, de cultivos ilícitos y estar expuestos al reclutamiento forzado o al desplazamiento de sus familias (Galván, 2020).

En cuanto a lo pedagógico y didáctico, en el aula multigrado convergen distintos aspectos López (2019) argumenta que uno de ellos tiene que ver con el trabajo que debe realizar el docente con estudiantes de diferentes edades y niveles de desarrollo académico, lo que implica una planificación y organización flexible del currículo y una práctica estratégica donde se genere el aprendizaje colaborativo, se promueva la autonomía y la recursividad, ya que a menudo las aulas multigrado carecen de material didáctico adecuado para los diferentes niveles de escolaridad. Otro asunto del aula rural se relaciona con la necesidad de ofrecer formación continua para que los docentes sean capacitados en metodologías de enseñanza diferenciada y en la gestión de aulas con diversidad de edades. Por su parte, Galván (2020) señala que las políticas educativas deben reconocer y apoyar la realidad del aula multigrado en Colombia. Esto incluye la provisión de recursos adecuados, y el desarrollo de políticas que promuevan la equidad y calidad educativa en estos territorios.

El problema del presente estudio gira en torno a la necesidad de promover el desarrollo de competencias científicas, tecnológicas y matemáticas en las aulas rurales multigrado. Los niños y niñas de primero a quinto grado presentan dificultades y rezago en estas áreas del conocimiento. Se plantea adaptar una propuesta pedagógica en educación STEM (Ciencias, Tecnología,

Ingeniería y Matemáticas) a las características y particularidades de la enseñanza en las escuelas rurales. Dicha propuesta pedagógica es entendida como un plan estructurado para la enseñanza en el aula multigrado de estos cuatro campos del conocimiento para el desarrollo de competencias en los estudiantes. Este plan está direccionado por un enfoque pedagógico, que debe contener unos objetivos claros, presentar los aprendizajes que se van a abordar según el nivel de complejidad que requiera cada grado, diseñar de manera estratégica las actividades interdisciplinarias para que sean vinculantes con todos los grupos, también debe tener claridad en los recursos que se van a utilizar y concebir la evaluación como un proceso integral y permanente.

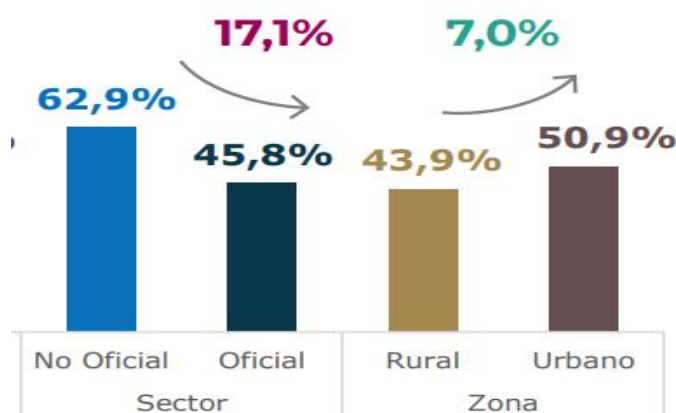
La problemática se presenta de la siguiente manera: en primer lugar, los resultados en pruebas externas e internas en las áreas de matemáticas y ciencias para los grados de tercero y quinto de primaria; en segundo lugar, el desafío tecnológico y científico que enfrenta el país; como tercer aspecto, los altos índices de reprobación estudiantil en el área rural; en cuarto lugar, la inequidad y desigualdad presentes en la educación rural; como quinto elemento, las dificultades en la mayoría de las aulas multigrado con los procesos didácticos y pedagógicos al implementar las planeaciones de clase; como sexto elemento, los requerimientos de los organismos internacionales y políticas públicas en cuanto a la calidad y pertinencia educativa; dentro del séptimo factor, se abordan aspectos alrededor de la educación STEM que aún no se han tratado pero que se pretenden incluir en esta propuesta; y, para finalizar, se expone por qué la educación STEM puede ser útil para el desarrollo de competencias científicas, tecnológicas y matemáticas en las aulas multigrado del área rural.

En relación con el primer aspecto, el área de matemáticas es fundamental dentro del sistema educativo colombiano. Los Estándares Básicos de Competencias (EBC), publicados por el MEN (2006), establecen que la educación en matemáticas debe ser coherente con los requerimientos de la sociedad actual, contribuir a la formación de ciudadanos y desarrollar competencias que promuevan el buen desempeño en la vida cotidiana. El MEN (2006) considera prioritario el desarrollo de estas habilidades en niños, niñas, adolescentes y adultos de todos los niveles y modalidades.

A pesar de que la importancia del área y el interés de la comunidad educativa son altos, los resultados no han sido favorables. Estos resultados se reflejan en los informes de las pruebas internacionales y nacionales que se aplican para evaluar el nivel de competencias de los estudiantes. Según el informe de los resultados del Programa Internacional para la Evaluación de Alumnos (PISA), los estudiantes han obtenido un desempeño por debajo del promedio de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) en el área de matemáticas, con solo el 1% de los participantes alcanzando el Nivel 5 o superior (OCDE, 2018). En las Pruebas Saber (2022), aplicadas como prueba muestral controlada en los grados 3°, 5°, 7° y 9°, se presentaron otros resultados que indican que el porcentaje de respuestas correctas en las competencias de razonamiento, argumentación y resolución de problemas fue más bajo para el sector rural, como se evidencia en las Figuras 1 y 2.

**Figura 1**

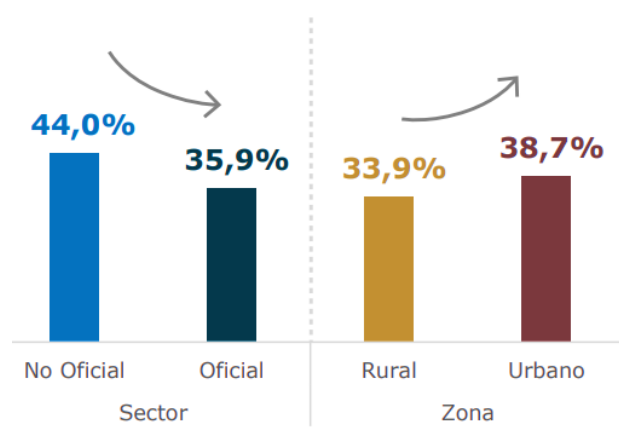
*Porcentaje de respuestas correctas por afirmación en la prueba de Matemáticas de grado 3, según zona y sector.*



*Nota:* Tomado de Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación [ICFES] (2022). Herramientas de análisis para docentes sobre las competencias de los estudiantes en los grados 3°, 5°, 7° y 9° 2022: Aprendizajes en el área Matemáticas de grado 3°.

**Figura 2**

*Porcentaje de respuestas correctas por afirmación en la prueba de Matemáticas de grado 5, según zona y sector.*



*Nota:* Tomado de ICFES (2022). Herramientas de análisis para docentes sobre las competencias de los estudiantes en los grados 3°, 5° y 9° 2022: Aprendizajes en el área Matemáticas de grado 3°.

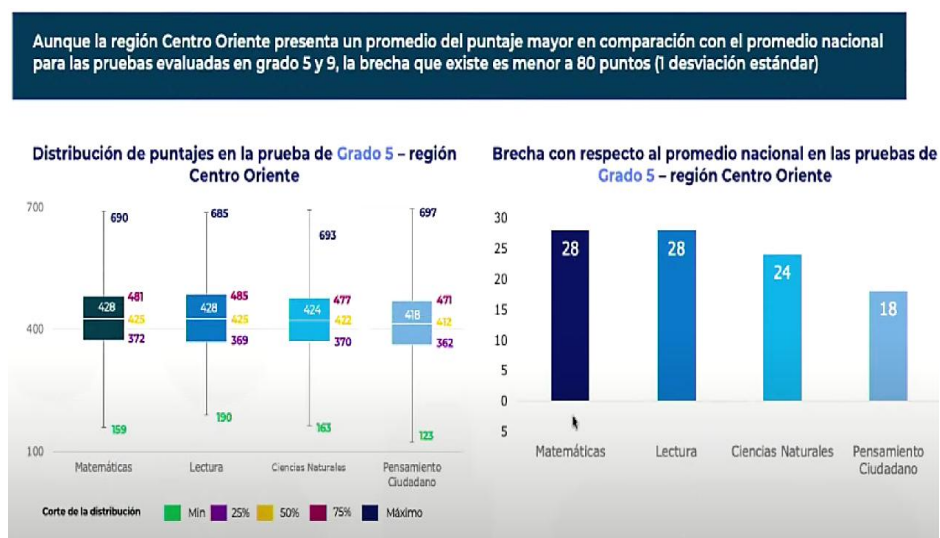
Los datos presentados en las Figuras 1 y 2 muestran una diferencia en los niveles de acierto entre el área urbana y rural. En tercer grado, esta diferencia es del 7% como lo expone la figura 1, mientras que en quinto grado es del 4,8% como lo presenta la figura 2. Estos bajos resultados en las pruebas nacionales se han registrado de manera recurrente desde el año 2012, lo cual refleja el rezago de las aulas multigrado en la última década y el largo camino que aún queda por recorrer en el desarrollo de las competencias científicas, tecnológicas y matemáticas para los niños y niñas del sector rural. La falta de adquisición de estas habilidades impide que los estudiantes obtengan los conocimientos, la disposición, las habilidades y las capacidades necesarias para enfrentar con éxito diversos escenarios competitivos, tanto en el ámbito social como en el laboral, académico y otros desafíos presentados por el mundo globalizado (Mercader et al., 2017).

El informe presentado por el ICFES el 25 de agosto de 2023, sobre los hallazgos de las Pruebas Saber en los grados 3°, 5°, 7° y 9° en la Región del Centro Oriente, donde se encuentra el departamento de Santander, identifica una brecha de 24 puntos en los resultados de quinto grado en Ciencias Naturales respecto al promedio nacional, y de 28 puntos en el área de

Matemáticas. Estos resultados se relacionan de manera directa con las competencias propuestas en los EBC que los estudiantes aún deben alcanzar. Se observa una diferencia significativa entre lo establecido en los lineamientos del MEN (2006) en los EBC y las habilidades y conocimientos que los estudiantes poseen, como se muestra en la Figura 3.

### Figura 3

*Estudio Pruebas Saber 3°, 7° y 9°- Trayectorias escolares Región Centro Oriente.*



*Nota:* Tomado de Icfes. (2023). Estudio Pruebas Saber 3°, 5°, 7° y 9° - Trayectorias Escolares Región Centro Oriente.

A nivel nacional, los resultados de las pruebas ICFES (2023) revelan que en los grupos de 3° y 5° grado las preguntas de matemáticas relacionadas con las competencias de razonamiento, argumentación, comunicación, modelación, representación, planteamiento y resolución obtuvieron un menor porcentaje de respuestas correctas. Estos resultados indican que los estudiantes enfrentan dificultades en el desarrollo de estas competencias, lo cual se aleja de los niveles de calidad que el sistema educativo colombiano debe garantizar en todo el país (MEN, 2006). Además, según testimonios de docentes de la básica primaria y secundaria de instituciones rurales, los bajos resultados en áreas como matemáticas y ciencias no solo ocurre en las pruebas estandarizadas, sino también en evaluaciones internas cuando se encuentran en el nivel de secundaria, así se evidencia en los registros del segundo periodo académico del año 2024 en la Plataforma Integra que pertenece a una de las instituciones del municipio, allí se observa que las

asignaturas asociadas a las matemáticas y a las ciencias presentaron el mayor número de estudiantes sin aprobar los desempeños propuestos.

**Tabla 1**

*Número de estudiantes: 30 Grado 8*

Perdieron por asignatura	So ci	Ca ste	Geo m	Esta	Reli	Arti s	Tecn	Infor	Ingl	Étic	Amb i	Fís i	Alge	Biol	Qui m
	0	11	11	14	4	4	1	1	2	1	10	4	2	10	14

*Nota:* información tomada del consolidado de notas de la plataforma institucional.

Elaboración propia.

En relación con el segundo elemento, en el campo de la ciencia, la tecnología y la innovación, el país enfrenta un desafío significativo debido a la falta de una cultura investigativa y la ausencia de una educación que fomente el desarrollo de escenarios investigativos, fortalezca iniciativas científicas y tecnológicas, y supere el rezago que existe en la sociedad colombiana en estos campos del conocimiento (Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación [Colciencias], 2016). El Plan Nacional Decenal de Educación (PNDE) 2016 -2026 (PNDE) establece, como una de sus metas para 2026, la promoción de la investigación en todos los niveles educativos y el beneficio de las comunidades campesinas (MEN, 2020). Estos objetivos se alinean con el área de Ciencias Naturales, cuyos EBC buscan desarrollar el pensamiento científico. Sin embargo, este conocimiento se percibe como “inaccesible, difícil y destinado para unos pocos. En este último caso, los estudiantes terminan, sí, apropiándose de un número considerable de conceptos” (MEN, 2006). Además, se mencionan otras causas como la desactualización de los currículos y la ausencia de recursos (Mercader et al., 2017).

Como resultado de las dificultades mencionadas, la mayoría de los estudiantes generaron una actitud negativa hacia la ciencia, lo cual se refleja en su falta de interés, predisposición y, en consecuencia, bajos resultados en pruebas institucionales y nacionales. Según Lupión-Cobos et al. (2019), esta postura negativa hacia la ciencia se ha convertido en una problemática emergente entre los estudiantes, ya que no logran establecer conexiones con el medio ambiente, la protección de los seres vivos, las problemáticas de su entorno y no vivencian el conocimiento científico por estar expuestos a prácticas donde predomina lo teórico. Domingo (2021) argumenta

que en el aula no se fomenta la experimentación y la reflexión, ya que en ocasiones los docentes se limitan a realizar demostraciones sin brindar oportunidades para que los estudiantes participen de manera activa. Sosa y Ávila (2019) señalan que los docentes también se sienten desanimados, lo que les impide implementar un plan organizado, contar con estrategias efectivas y promover ejercicios prácticos.

El tercer aspecto relacionado con el planteamiento del problema se refiere a las dificultades académicas que enfrentan los estudiantes a medida que avanzan en los diferentes grados escolares debido al bajo nivel en competencias científicas, tecnológicas, matemáticas y otras habilidades requeridas para cada grado (Rozo Reyes, 2017). Esto puede traducirse en frustración, bajo rendimiento académico y hasta en la reprobación y deserción de los estudiantes debido a la falta de herramientas que les permitan adquirir las habilidades necesarias en cada nivel académico. Según un estudio reciente del Laboratorio de Economía de la Educación (LEE) de la Pontificia Universidad Javeriana (2022), en el departamento de Santander se observó un aumento en la tasa de reprobación del 1,91% en 2019 al 6,26% en 2020, lo cual representa una diferencia significativa de estudiantes que no lograron aprobar el grado y que por consiguiente deben volver a cursar.

Según el LEE, la repitencia y la deserción escolar presentan efectos en diversos sectores a corto, mediano y largo plazo, el primero de ellos tiene que ver con la inversión, ya que del Presupuesto General de la Nación son asignados anualmente recursos económicos para que el sector educativo garantice a los estudiantes el acceso a un sistema de calidad. El LEE (2023) en su informe de análisis estadístico para el año 2020 indica que el Estado colombiano giró para cada estudiante un valor \$1.328.437, este monto multiplicado por los 643.000 estudiantes que reprobaron representó una cifra aproximada de 854 mil millones de pesos anuales, lo que implicó una pérdida de recursos para el Estado y también para la familia, la desmotivación por parte del estudiante que puede conducir a la deserción y posteriormente el desaprovechamiento de sus años productivos (Pontificia Universidad Javeriana, 2022).

El cuarto aspecto se refiere a la inequidad y la desigualdad en la educación rural en Colombia en términos de competencias en ciencias, tecnología y matemáticas. Al respecto Ortiz (2020) menciona que “Cada vez se está demostrando con más claridad que gran parte de los estudiantes

no desarrolla adecuadamente las competencias” (p. 27), tal falencia aumenta la desigualdad e impide estar al nivel de los requerimientos del mundo globalizado. Según algunos organismos internacionales las escuelas rurales representan un alto porcentaje a nivel nacional “tomando en consideración la densidad y la distancia, poco más del 30% de la población y entre el 60% y 76% de los municipios pueden considerarse rurales” (OCDE, 2018, p. 5), por tanto, es un porcentaje importante y representativo que requiere tener a disposición diversas herramientas y estrategias que le permitan al colectivo docente del sector rural apalancar procesos pedagógicos y didácticos que conduzcan al cumplimiento de sus propósitos al interior de la comunidad estudiantil. En este sentido, el MEN (2018) expresa que “una educación de calidad no puede limitarse a la medición de los aprendizajes, sino que debe considerar también la definición y acompañamiento en trayectorias de vida que aporten al desarrollo individual, social, económico y a la innovación” (p. 10).

El MEN (2018) expresa que existe una gran disparidad en las oportunidades de acceso al sistema educativo y en la calidad del servicio ofrecido entre los diferentes grupos poblacionales, lo que tiene un impacto directo en la posibilidad de acceder en el futuro a empleos dignos y, por ende, a obtener un buen nivel de vida. Sin embargo, los efectos de fenómenos como la inequidad y las brechas entre comunidades conllevan la exclusión social y laboral, el aumento de los niveles de pobreza y la migración.

Mejorar los niveles de calidad del servicio en las escuelas rurales de primaria contribuirá a que los estudiantes culminen de manera satisfactoria sus ciclos educativos y se conviertan en actores que coadyuven al progreso de las áreas rurales dispersas en Colombia. En atención a lo anterior, es fundamental “Impulsar el uso pertinente, pedagógico y generalizado de las nuevas diversas tecnologías para apoyar la enseñanza, la construcción de conocimiento, el aprendizaje, la investigación y la innovación, fortaleciendo el desarrollo para la vida” (MEN, 2019, p. 20).

En cuanto al quinto aspecto, se abordan las dificultades en el ejercicio pedagógico del aula multigrado, ya que las planeaciones de clases es un aspecto crucial en la labor docente. La planificación se enfoca en la orientación, ejecución y control como condiciones indispensables para dirigir el proceso de enseñanza-aprendizaje (Reyes-Salvador, 2017). Planificar clases de manera rigurosa es una práctica exigente para los educadores de aulas multigrada, ya que los seis

cursos tienen temas y actividades diferentes en una misma jornada escolar. Según Miranda (2020), es común que el docente opte por preparar objetivos, materiales y estrategias distintas para cada grupo en una misma jornada.

Bernal-Pinzón (2017) argumenta que crear guías de aprendizaje para aulas multigrado con temas diferentes para cada grupo conduce de manera frecuente a la transcripción de contenidos que los estudiantes no comprenden y no saben cómo aplicar en la vida real. Además, es habitual observar que mientras los niños y niñas esperan a su docente sentados en sus puestos, este se desplaza entre los seis grupos para brindar orientación, lo que limita la puesta en práctica del conocimiento didáctico del contenido y hace que el tiempo sea insuficiente para llevar a cabo ejercicios prácticos, significativos y contextualizados. Además, la espera constante de los estudiantes para recibir orientación hace que se distraigan del objetivo de aprendizaje, se desconecten de las actividades y afecten el clima del aula.

En los entornos educativos rurales, es común encontrar enfoques de enseñanza tradicionales debido a la estructura curricular diseñada para aulas multigrado, lo cual limita la implementación de pedagogías activas. Además, se produce lo que Giraldo (2021) denomina como “descontextualización de los contenidos”, ya que lo que se enseña en la escuela no está relacionado con la vida cotidiana de los estudiantes, las problemáticas ambientales de su entorno ni las necesidades de la sociedad. Como resultado, las temáticas de las clases se alejan de la realidad, se vuelven monótonas y el estudiante se limita a ser un receptor de información. Esto genera una actitud negativa no solo hacia las matemáticas, sino también hacia las ciencias y la tecnología.

Agüero-Calvo et al. (2019), Sosa y Dávila (2019) y Mateos (2021) argumentan que los resultados tanto positivos como negativos están relacionados con la actitud del estudiante, quien percibe el aprendizaje como difícil, aburrido y sin aplicabilidad a la vida cotidiana debido a la ausencia de estrategias que vinculen material concreto, situaciones auténticas y procesos efectivos que le permitan al docente promover el desarrollo de competencias. Cuando los estudiantes no viven los conceptos les es complejo comprenderlos de forma abstracta, lo que puede conducir a la pérdida de interés, a la frustración, al bajo rendimiento y a la reprobación.

La enseñanza de cada área de forma independiente, tal como se imparte en las instituciones multigrado, fragmenta los aprendizajes y no promueve la visión integradora necesaria para que la experiencia en el aula estimule el desarrollo de habilidades. Según el MEN (2020<sup>a</sup>) en su documento *Visión STEM, Educación Expandida para la vida*, uno de los principios orientadores expresa que la integración conlleva a transformar el currículo y adoptar prácticas pedagógicas innovadoras para lograr aprendizajes significativos acordes con las competencias y requisitos del siglo XXI.

Como sexto elemento, se deben considerar los requisitos de los organismos internacionales y las políticas públicas en términos de calidad, inclusión y garantías para las comunidades estudiantiles. En este sentido, la ONU propuso en 2015 la Agenda de Desarrollo 2030 con sus 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), los cuales promueven la equidad, la igualdad, la justicia, la innovación, la producción y el consumo sostenible, así como el desarrollo económico, ambiental y educativo. En el ámbito de la educación, el cuarto objetivo establece: “Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad, y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos” (ONU, 2023, p. 34). Este objetivo plantea grandes desafíos para todo el sistema educativo sobre todo si se da la mirada a la educación rural.

Además de lo trazado en los ODS, se suma lo expresado en los ejes estratégicos propuestos por la Misión Internacional de Sabios. Allí se expone que “la educación equitativa y de calidad es una de las herramientas centrales para que la sociedad colombiana logre el desarrollo humano” (MEN, 2019b, p. 58). Esto resalta el compromiso y la responsabilidad de las escuelas en promover el desarrollo de habilidades, capacidades y destrezas en niñas, niños y jóvenes, que les permita acceder en el futuro a oportunidades que conduzcan a una calidad de vida óptima y contribuyan al desarrollo y progreso de su comunidad. En línea con esto, las políticas gubernamentales de Colombia incluidas en el PNDE se han convertido en una herramienta fundamental tanto para la educación rural como urbana. El plan decenal, que abarca desde 2016 hasta 2026, propone “estrategias, proyectos y acciones para lograr una educación equitativa y en igualdad de oportunidades que beneficie a toda la sociedad, donde el Estado debe garantizar este propósito” (MEN, 2020b, p. 15).

En el documento *Spotlight: Habilidades del siglo XXI en América Latina y el Caribe* se destaca la importancia del desarrollo de habilidades digitales, cognitivas y socioemocionales, así como del pensamiento crítico (Petrie et al., 2021), lo que les permitirá aumentar las posibilidades de actuar y aportar al progreso de su comunidad, obtener mejores oportunidades laborales, ser competitivos, acceder a mayores recursos para el manejo de la información y la comunicación, ampliar sus horizontes sociales y lograr hacer valer sus derechos con ética y compromiso social, ser un agente de desarrollo dentro de su comunidad en torno a las prácticas propias del campo, a la protección y cuidado del medioambiente (Departamento Administrativo de Ciencia, 2016).

En consonancia con esto, el gobierno colombiano promulgó la Ley 1951 de 2019 con el objetivo de promover una cultura que tenga el conocimiento como base y así establecer relaciones con comunidades en todo el mundo, en especial aquellas que son referentes en ciencia y tecnología. Esta ley propone fortalecer la generación, incorporación, articulación, orientación y fortalecimiento del conocimiento, la investigación científica, la competitividad, la tecnología y la innovación en colaboración con el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MCTI) y su vinculación con entidades del sector público y privado a nivel nacional e internacional, además de brindar apoyo en la creación de políticas integrales y la disponibilidad de recursos económicos.

Como séptimo argumento para el planteamiento del problema, se relacionan factores que guardan relación con los aspectos alrededor de la educación STEM que aún no se han tratado. Si bien es cierto que se ha abordado en áreas rurales, aún hace falta vincular la educación STEM en el contexto de lo que implica la enseñanza en el aula multigrado para el desarrollo de competencias científicas, tecnológicas y matemáticas. Los estudios hasta ahora realizados dan cuenta de un buen número de revisiones bibliográficas, de investigaciones que indagan por el acceso que tienen los docentes rurales a herramientas tecnológicas y el uso de estas para promover la instrucción en STEM, también se encuentran estudios cuya población se enfoca en estudiantes de licenciaturas, docentes de secundaria, de educación superior y egresados de universidades; también se encuentran estudios que involucran el uso de ciertas estrategias o herramientas tecnológicas relacionadas con la programación, con el uso de video juegos y de

videoconferencias para implementar proyectos STEM para el desarrollo de las competencias del siglo XXI, además de estudios cartográficos.

Las investigaciones hasta ahora desarrolladas en el área rural han aportado de manera significativa; sin embargo, se llevaron a cabo en un grado específico, entre edades similares. También incluyeron todos los grados en horarios diferentes para trabajar con cada grupo de manera independiente. Se encuentran investigaciones con docentes y estudiantes de secundaria, quienes, pese a pertenecer al sector rural, no corresponden a grupos multigrado. Se considera importante destacar la investigación realizada en Chile por Jiménez-Villaruel et al. (2022) quienes hacen un acercamiento significativo al relacionar la educación STEM con las aulas multigrado. Su trabajo se centra en estudiar las apreciaciones de los maestros acerca de un marco para la instrucción en el diseño e implementación de unidades STEM.

El recorrido anterior da cuenta del acercamiento de la educación STEM en el aula rural; sin embargo, aún no vinculan de manera directa con una experiencia práctica enfocada con la enseñanza en el aula multigrado tal y como se vive en la cotidianidad ya que al docente no le es permitido citar a los niñas y niños en fechas u horarios diferentes según el grado como sí lo lograron los investigadores al realizar sus estudios; por tanto, es un aspecto alrededor de la educación STEM que aún no se ha estudiado y que amerita explorar con rigurosidad y poner a disposición del aula multigrado todos los elementos que implica la práctica de la educación STEM.

Y como último argumento, resulta necesario proponer a las comunidades educativas rurales del municipio nuevas rutas que les permitan avanzar hacia los devenires científicos y tecnológicos, por esta razón se precisa recurrir a otras estrategias y herramientas, es así como se vincula la educación STEM al concebirla como una alternativa que podría abrir el camino para tales propósitos. La educación STEM representa el acrónimo Science, Technology, Engineering and Mathematics, cuya áreas constituyen un constructo interdisciplinar que favorecería los procesos de enseñanza aprendizaje entorno al desarrollo de competencias en el aula multigrado, al promover el aprendizaje integrado para dar solución a situaciones de la vida real mediante el diseño de prototipos y la manipulación de material concreto, donde los niños y niñas pondrán en

escena la creatividad, el trabajo colaborativo, el pensamiento crítico, el pensamiento lógico matemático, la comunicación efectiva, el análisis, entre otras habilidades.

En las últimas dos décadas, la educación STEM se ha establecido como una tendencia pedagógica significativa, reflejada en experiencias e investigaciones a lo largo de todos los niveles educativos. Esta tendencia involucra a diversos actores, desde la educación básica primaria hasta la educación superior, y ha producido resultados positivos. Aunque estas investigaciones aún no han explorado el desarrollo de competencias dentro de aulas multigrado con la interacción simultánea entre todos los grados, la educación STEM surge como una opción valiosa. Ofrece una variedad de herramientas que pueden ayudar a superar los desafíos y el rezago que enfrentan los estudiantes de zonas rurales en sus competencias.

### **1.1. Formulación del problema**

Respecto a la incidencia que pudiera tener una propuesta pedagógica en educación STEM para el desarrollo de las competencias científicas, tecnológicas y matemáticas en estudiantes de básica primaria de las aulas multigrado se plantea el siguiente interrogante cuyas posibles respuestas aportarán nuevos saberes:

¿Qué cambios se presentan entre el estado inicial y final de las competencias científicas, tecnológicas y matemáticas en estudiantes de aula multigrado de instituciones rurales del municipio de Lebrija-Santander a partir de la implementación de una propuesta pedagógica en Educación STEM?

### **1.2. Preguntas problematizadoras**

¿Qué características presenta el estado inicial de las competencias científicas, tecnológicas y matemáticas en estudiantes de dos sedes rurales, grupo experimental y control, de acuerdo con sus grados escolares, antes de la implementación de una propuesta pedagógica en Educación STEM?

¿De qué manera se desarrollan las competencias científicas, tecnológicas y matemáticas en el grupo de estudiantes muestra, mediante el diseño e implementación de una propuesta pedagógica en Educación STEM?

¿Qué diferencias se encuentran en el estado final de las competencias científicas, tecnológicas y matemáticas entre los estudiantes del grupo experimental y el grupo control después de la implementación de una propuesta pedagógica en Educación STEM?

### **1.3. Objetivos**

#### ***1.3.1. Objetivo General***

Evaluar los posibles cambios que se presentan entre el estado inicial y final de las competencias científicas, tecnológicas y matemáticas en estudiantes de aula multigrado de dos escuelas de la zona rural del municipio de Lebrija-Santander que participan de la implementación de una propuesta pedagógica en Educación STEM.

#### ***1.3.2. Objetivos Específicos***

Caracterizar el estado inicial de las competencias científicas, tecnológicas y matemáticas en estudiantes de dos sedes rurales, grupo experimental y control, de acuerdo con sus grados escolares, antes de la implementación de una propuesta pedagógica en Educación STEM.

Describir el desarrollo de las competencias científicas, tecnológicas y matemáticas del grupo de estudiantes muestra, a partir del diseño e implementación de una propuesta pedagógica en Educación STEM.

Establecer las diferencias en el desarrollo de las competencias científicas, tecnológicas y matemáticas entre los estudiantes del grupo experimental y el grupo control después de la implementación de una propuesta pedagógica en Educación STEM.

### **1.4. Hipótesis**

A continuación, se presentan las hipótesis que guiarán el propósito investigativo de la presente propuesta y comprobarán las proposiciones que giran en torno a las variables, representadas así.

Variable independiente - X1: Propuesta pedagógica en Educación STEM

Variable dependiente – Y1: Competencias Científicas, Tecnológicas y Matemáticas.

H<sub>1</sub>: Existen diferencias entre el estado inicial y final de las competencias científicas, tecnológicas y matemáticas de estudiantes de aulas multigrado de la zona rural luego de la implementación de la propuesta pedagógica en Educación STEM.

H<sub>0</sub>: No existen diferencias entre el estado inicial y final de las competencias científicas, tecnológicas y matemáticas de estudiantes de aulas multigrado de la zona rural luego de la implementación de la propuesta pedagógica en Educación STEM.

### **1.5. Justificación**

El presente estudio se planteó como una estrategia para fomentar las competencias científicas, tecnológicas y matemáticas en los estudiantes de básica primaria de un aula multigrado mediante una propuesta pedagógica inspirada en los principios de la Educación STEM que se vio reflejada en un proceso de diseño en ingeniería. Aunque investigaciones previas han mostrado resultados positivos en la implementación de enfoques STEM, este estudio parte de la necesidad de verificar empíricamente si estas transformaciones también pueden lograrse en aulas multigrado, en las que confluyen múltiples desafíos estructurales, pedagógicos y socioculturales. En ese sentido, el estudio no asume que la implementación del enfoque STEM garantiza automáticamente el desarrollo de las competencias, pues, en profundidad, busca analizar cómo, en qué medida y en qué condiciones se producen tales mejoras en un contexto educativo rural.

Existen estudios que respaldan la pertinencia del enfoque STEM para el fortalecimiento de las competencias clave en la primera escolaridad, dentro de los que se destacan a autores como Mateos (2021) quien evidenció mejoras en la alfabetización científica y el interés vocacional; a Suárez (2021) que documentó avances en el razonamiento y la argumentación científica, así como Giraldo (2021) quien mostró incrementos significativos en las competencias matemáticas y científicas; a Huertas (2021) cuya indagación reportó progresos medibles en el pensamiento científico; al igual que García et al., (2022) demostró el impacto de la Educación STEM en la habilidades matemáticas esenciales, estableciéndose así una serie de hallazgos que refuerzan la importancia de promover experiencias pedagógicas que integren la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas desde edades tempranas y en distintos niveles educativos.

De manera puntual, la justificación pedagógica de esta investigación se centra en transformar las prácticas en el aula multigrado, desde el reconocimiento de que la educación rural en Colombia requiere prácticas pedagógicas que vayan más allá del enfoque tradicional y transmisivo, especialmente en las aulas multigrado en las que un único docente atiende simultáneamente a estudiantes de diferentes edades y niveles, y en las que ha existido una baja diferenciación pedagógica, además del predominio de actividades pasivas o monótonas con una poca integración disciplinar, dificultades para gestionar el tiempo y las trayectorias diversas, además de una escasa experimentación y manipulación por falta de recursos, frente a lo cual una propuesta en Educación STEM permite resignificar este contexto convirtiéndolo en un ambiente activo, indagatorio y colaborativo, donde los estudiantes se involucran en proyectos reales que integran áreas del conocimiento. De esta manera, el estudio aporta una alternativa metodológica viable, adaptable y pertinente para optimizar el tiempo escolar, promover el aprendizaje autónomo y fortalecer la tutoría entre pares, que es uno de los recursos más potentes en aulas multigrado.

Así mismo, el desarrollo de esta investigación puede justificarse desde lo curricular, porque propone integrar lo que tradicionalmente se enseña separado, pues aunque las áreas de ciencias, matemáticas y tecnología forman parte del currículo nacional colombiano, suelen enseñarse de manera fragmentada, sin articulación entre conceptos y sin una aplicación directa a los problemas del entorno, coincidiendo así con Botero (2018), quien menciona que los planes de aula no han explorado estrategias integradoras que permitan abordar fenómenos reales desde múltiples disciplinas. En ese sentido, la presente propuesta contribuye al planteamiento de actividades contextualizadas, y permite favorecer la coherencia entre áreas, la promoción de aprendizajes significativos, de modo que fortalece la educación científica escolar desde la indagación y a vincular la ciencia y la tecnología al territorio rural. Así mismo, promueve una planificación más clara y organizada que beneficie a docentes y estudiantes, desde una mejor gestión del aula y la comprensión del propósito de cada actividad.

La justificación social de esta investigación, por su parte, se encuentra al reducir las brechas históricas en la ruralidad colombiana, pues reconoce que la educación rural enfrenta condiciones de inequidad relacionadas con el escaso acceso a recursos educativos sumado a un

aislamiento geográfico que conlleva a una menor conectividad y a limitaciones en formación docente que desembocan en prácticas pedagógicas que no fomentan el pensamiento crítico. En ese sentido, el fortalecimiento de las competencias STEM constituye una oportunidad para ampliar horizontes de desarrollo, para aumentar la autonomía intelectual de los estudiantes, y de ahí ofrecer herramientas para comprender y transformar su entorno, siendo estas competencias que tienen un valor estratégico la actualidad al ser demandadas en los ámbitos académicos, productivos y comunitarios. En este sentido, la propuesta contribuye a que los estudiantes rurales puedan participar del conocimiento global sin desarraigarse de su territorio.

De otro lado, la presente investigación se justifica epistemológicamente al consolidar el pensamiento científico y tecnológico en la básica primaria, lo que posibilita en los niños el desarrollo de habilidades para formular preguntas y lograr explicaciones causales, desde las que puedan desarrollar su razonamiento cuantitativo y diseñar prototipos, como una forma de lograr soluciones creativas que pueden someter a procesos de verificación y argumentación. Estos elementos constituyen la base del pensamiento científico, como plantean Pedrinaci et al. (2012) y Cañal (2012), y del pensamiento tecnológico orientado al diseño y la solución de problemas (Castro et al., 2023), de manera que el estudio contribuye a comprender cómo emergen estas habilidades en contextos multigrado.

La justificación metodológica, por su parte, se logra desde la necesidad de lograr evidencias sistemáticas en Educación STEM, y aunque en Colombia existen múltiples experiencias aisladas sobre este enfoque, la mayoría de los que recabaron durante este estudio, no documentan de manera rigurosa los procesos, ni ofrecen evidencias cuantitativas y cualitativas robustas sobre su impacto en la ruralidad. En ese sentido, el desarrollo de la presente investigación aporta un diseño cuasiexperimental con pre-test y post-test, con grupo experimental y grupo control, cuyos resultados se sometan a una triangulación rigurosa entre pos-test, listas de chequeo y observación para el análisis de las diferencias de desempeño y la descripción detallada del desarrollo competencial en tres proyectos, lo cual permite generar conocimiento confiable para futuras investigaciones.

Esta investigación también se justifica desde el sentido de equidad, ya que posibilita el cierre de brechas de género y de acceso al conocimiento científico y tecnológico, ya que se

reconoce la escasa participación del género femenino en la participación y desempeño en áreas STEM. Por tanto, esta propuesta permite la promoción de la participación equitativa donde es posible la distribución de roles sin sesgo, valorar las habilidades diversas y demostrar que tanto niños como niñas pueden avanzar de manera similar en el ámbito académico. En consecuencia, los resultados esperados contribuyen a consolidar una educación más inclusiva y justa, en línea con las consideraciones de la UNESCO (2003) y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 4).

Por último, se considera una justificación evaluativa, puesto que busca transformar la manera de evaluar en educación rural, ya que el estudio propone una evaluación que sea continua, formativa, integrada, basada en evidencias de desempeño y orientada a la consecución de procesos y no solo de productos. Con esto, se logra un avance frente a las prácticas tradicionales centradas en pruebas aisladas o ejercicios aislados de la realidad, puesto que aporta instrumentos contextualizados, como listas de chequeo y protocolos, que pueden ser replicados por otros docentes.

En consecuencia este estudio resulta pertinente, necesario y oportuno, porque atiende las necesidades reales de la educación rural desde la propuesta de una metodología activa que fortalece la integración curricular y aporta evidencia científica al campo de la Educación STEM, además de promover la equidad de género, transformando así las prácticas pedagógicas y evaluativas y desde allí contribuye al cierre de brechas educativas, de manera que se constituye en un aporte significativo tanto para la investigación educativa como para la práctica docente en escuelas rurales colombianas.

## **2. Marco de Referencia**

### **2.1 Estado de la cuestión**

Se realizó la búsqueda de antecedentes teniendo en cuenta las variables definidas en la investigación: competencias científicas, tecnológicas y matemáticas, y la educación STEM. Estas variables se vinculan con las dimensiones escogidas para el estudio, incluyendo el aula multigrado, El proceso se desarrolló en varias etapas:

Etapa 1: Se efectuó el rastreo de documentos pertinentes a cada variable y sus dimensiones asociadas, aplicando criterios específicos de inclusión y exclusión. Posteriormente, se organizó la información recopilada en dos matrices de Excel, siguiendo la estructuración de los ítems propuestos.

Se seleccionaron documentos para la variable de competencias en ciencias, tecnología y matemáticas, y para la educación STEM, abarcando el periodo desde 2018 hasta 2024. Los documentos incluyen estudios sobre la enseñanza y el aprendizaje en niños y niñas de educación primaria en diversos sectores. Además, se consideraron referencias que abordaban a estudiantes de los primeros años de secundaria y trabajos sobre formación docente, buscando una perspectiva amplia sobre los métodos didácticos en estos campos. Se priorizaron experiencias en aulas multigrado de áreas rurales, aunque la escasez de investigaciones en este ámbito llevó a incluir estudios de zonas urbanas.

Se descartaron tesis de maestría, investigaciones dirigidas a la educación superior, enfoques industriales o estudios de carácter filosófico, así como trabajos anteriores al año 2018. La recolección contiene treinta y cuatro estudios en competencias científicas, tecnológicas y matemáticas, y treinta y dos documentos en educación STEM, para un total sesenta y seis investigaciones revisadas.

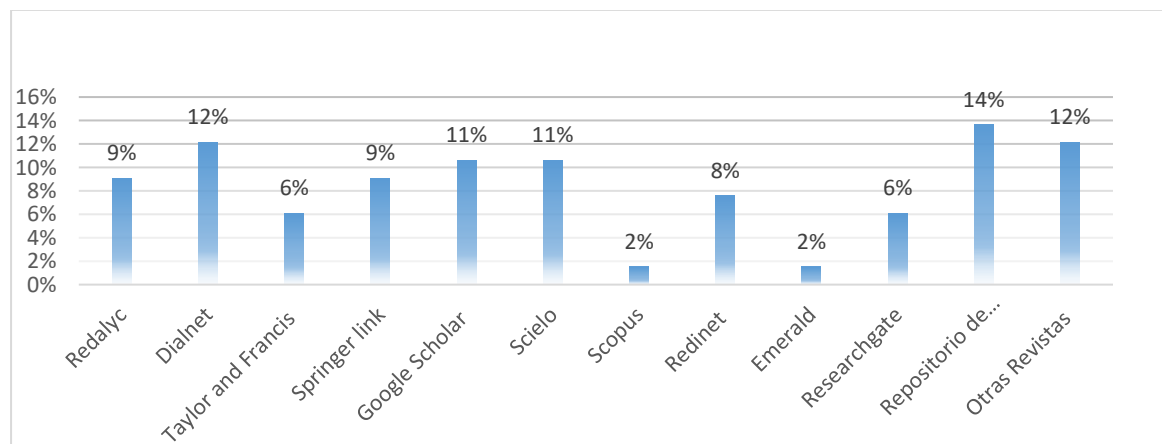
#### **2.1.1. Bases de datos consultadas**

Se recurre a distintas bases de datos como Scopus, Dialnet, Scielo, Google académico, revistas educativas y repositorios de universidades. Se encuentran alrededor de 48.531.000 resultados; acto seguido, se realiza el filtro respecto a las dimensiones, al rango de tiempo y se

aplican criterios de exclusión, donde se reduce la cifra, hasta llegar a la selección de 143 documentos y, después de ello, definir 66 estudios que ofrecieran información detallada del objeto de estudio, como se ve a continuación.

**Figura 4**

*Bases de datos consultadas*

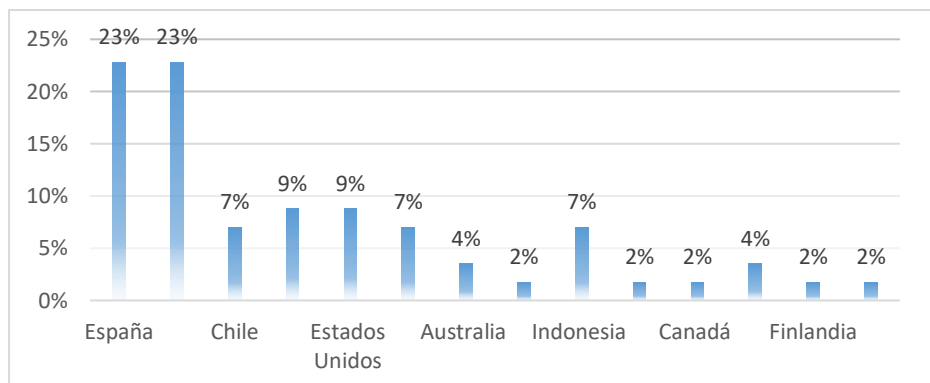


*Nota.* Elaboración propia.

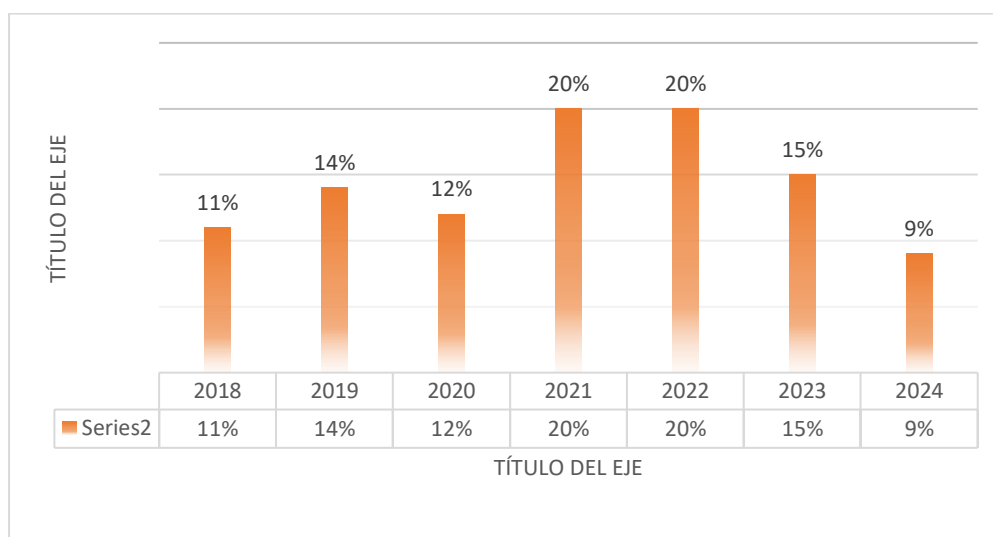
### 2.1.2. País de origen

La figura 5 ilustra la distribución geográfica de los estudios seleccionados que abordan la educación STEM y las competencias científicas, tecnológicas y matemáticas. Destacan España y Estados Unidos como los países con más publicaciones alineadas con los objetivos de esta investigación, mostrando una relación significativa con contextos rurales y la enseñanza de estas competencias.

En términos del idioma de los documentos, el inglés aparece como el más frecuente, seguido por el español. Los idiomas asiáticos y el árabe, por otro lado, tienen una presencia menor en el hallazgo de documentos.

**Figura 5***País de origen**Nota.* Elaboración propia.**2.1.3. Año de publicación**

En la Figura 6 se aprecian los años con mayor número de publicaciones relacionadas con los criterios de búsqueda. Vale la pena aclarar que durante los últimos cuatro años se ha presentado un suscitado interés por las áreas STEM y desde el año 2021 sobresalen estudios relacionados con el desarrollo de competencias en estudiantes de los primeros grados:

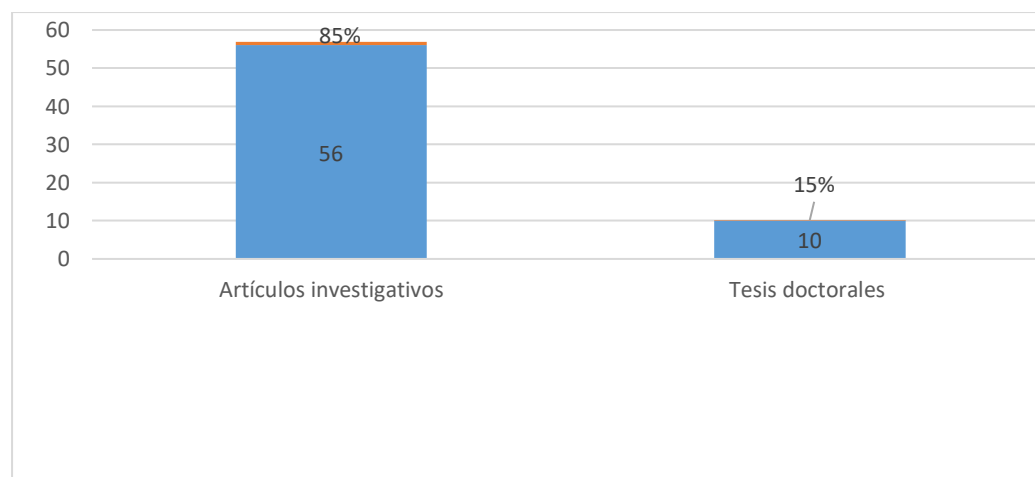
**Figura 6***Año de publicación**Nota.* Elaboración propia.

### 2.1.4. Tipo de material seleccionado

Durante el proceso de rastreo se encontró un considerable número de ensayos reflexivos y análisis, reseñas, tesis de licenciatura y maestría, así como artículos relacionados con la educación superior o el campo de la medicina. Sin embargo, para este estudio se optó por incluir solo tesis a nivel de doctorado y artículos de investigación que se centraran en la población de estudiantes de educación primaria y secundaria, así como en la práctica y formación docente. Además, se consideraron aquellos trabajos que brindaron información específica sobre metodología, recursos, estrategias pedagógicas y didácticas, resultados y conclusiones relacionados con el tema de investigación (Ver Figura 7).

**Figura 7**

*Tipo de material seleccionado*



*Nota.* Elaboración propia.

Tras clasificar en la matriz de Excel la información de los documentos, incluyendo detalles como la delimitación contextual, conceptos clave, objetivos, metodología, resultados y conclusiones, se inició la búsqueda de puntos en común. Este proceso facilitó la identificación de tendencias, que se presentan en la Tabla 2. A continuación, se llevó a cabo una disertación detallada de cada una de estas tendencias.

## 2.1.5. Tendencias identificadas

**Tabla 2.**

*Tendencias identificadas*

<b>Tendencias</b>	<b>Referencias</b>	<b>Cantidad de documentos</b>
Tendencia N°1: La pedagogía activa como medio para implementar la educación STEM y el desarrollo de competencias científicas, tecnológicas y matemáticas.	(Bárcena y Martínez-Aznar, 2022), (Rodríguez Mora & Blanco López, 2021), (Casa et al., 2019), (Ferrada, 2021) (Izagirre et al., 2020), (Al Sultán & Alasif, 2021), (Rivera & Ahumada, 2019), (Chávez et al., 2021), (García et al., 2022), (Sosa & Dávila, 2019), (Veloza & Hernández, 2018), (Valdez-Rojo & Tobón, 2018), (Domènech-Casal, 2018) (Wahono et al., 2020), (Herce-Palomares et al., 2022), (Ortiz-Revilla, 2020), (Kaur et al., 2022), (Wahono et al, 2023), (Zhou et al., 2023), (Shahbazloo & Abdullah, 2023). (Eshaq, 2024).), (Dúo, 2023), (Shahbazloo & Abdullah,2023)	23
Tendencia No 2: Las herramientas didácticas para implementar STEM y el desarrollo de competencias en ciencias, tecnología y matemáticas.	(Fuentes-Hurtado & González, 2019), (Espigares-Gámez et al., 2020), (Bobadilla Asenjo, 2021), (Mateos, 2021), (Marqués & Iaqchan, 2022), (Cano & Ángel, 2020), (Giraldo, 2021), (Arabit & Prendes, 2020), (Huertas, 2021), (Koul et al., 2018), (Asrizal et al, 2022), (Dúo, 2023)	12
Tendencia N°3: La educación STEM como herramienta para el desarrollo de competencias científicas, tecnológicas y matemáticas en el aula rural.	(Carrete-Marin & Domingo-Penafiel, 2021), (Enríquez Ramírez et al., 2021), (Ferro, 2018), (Sanabria-Totaitive & Arango-Martínez, 2021), (Suárez et al., 2021), (Cifuentes & Caplan, 2019), (Jiménez-Villarroel et al., 2022), (Suárez et al., 2021), (Miranda et al., 2019), (Silva-Hormazábal & Alsina-Ángel, 2023) (Castro et al, 2023), (Parra, 2024), (Enríquez Ramírez et al., 2021), (Thomas, 2019)	15
Tendencia N° 4: STEM y el desarrollo de competencias científicas, tecnológicas y matemáticas en la formación y práctica docente.	(Poma-Santivañez et al., 2021), (Ramos-Lizcano et al., 2022), (Zamorano et al., 2018), (Nesmith & Cooper, 2020), (Johnson et al., 2021), (Bustamante-Meza et al., 2022), (García-Fuentes et al., 2023), (Han et al, 2023), (Bertrand & Namukasa, 2023), (Ardianto et al., 2024), (Asilevi, M. et al, 2024), (Santiani et al., 2024), (Ortiz-Revilla et al, 2022),	16

Tendencias	Referencias	Cantidad de documentos
	(Beltrán et al, 2024), (Amaya & Velázquez, 2022), (Ibarra, 2022).	

*Nota.* Elaboración propia.

### ***2.1.5.1. Tendencia N°1: La pedagogía activa como medio para implementar la educación STEM y el desarrollo de competencias científicas, tecnológicas y matemáticas***

Los propósitos de investigación de esta tendencia se enfocan en promover, caracterizar y evaluar el proceso de enseñanza-aprendizaje en el desarrollo de conocimientos y competencias científicas, tecnológicas y matemáticas mediante el uso de pedagogías activas. Como ilustración, Bárcena y Martínez-Aznar (2022), en España, utilizan la metodología de Resolución de Problemas por Indagación para enseñar sobre reacciones químicas y biomasa, con el objetivo de desarrollar un lenguaje científico en los estudiantes. El aprendizaje basado en problemas e indagación también se utiliza en el estudio propuesto por Ferro (2018), mientras que Zhou et al (2023) trabajaron en un Proceso de Diseño Basado en Soluciones (SBDP) con el propósito de relacionar el conocimiento del contenido del plan de estudios y la enseñanza mediante la resolución auténtica de problemas.

En España, Rodríguez Mora y Blanco López (2021) se enfocan en el diseño de Unidades Didácticas para desarrollar saberes medioambientales y tres competencias científicas propuestas por las pruebas PISA, también Wahono et al. (2023) y Shahbazloo & Abdullah (2023) elaboran unidades de aprendizaje fundamentada en STEM, el primer estudio dirigido a las Ciencias de la Biología y el segundo se enfoca en un Modelo 5E para la enseñanza de materias científico-tecnológicas. Por su parte, Al Sultán & Alasif (2021) investigan el efecto de la estrategia *Thinking Aloud Pair Problem Solving* (TAPPS) en el aprendizaje de nociones científicas y el desarrollo de habilidades cognitivas.

En el contexto asiático, Wahono et al. (2020) indagan sobre la efectividad de la educación STEM en los aprendizajes de los estudiantes. Herce-Palomares et al. (2022) llevan a cabo un estudio más amplio que explora las variables que intervienen en el desarrollo de competencias en STEM, así como los métodos y períodos que los estudiantes atraviesan para alcanzar el nivel de exigencia esperado. Kaur et al. (2022) describen las transiciones que ocurren desde la educación

primaria a la secundaria en relación con el aprendizaje de dos áreas STEM. El investigador señala las dificultades observadas en el área de matemáticas, las cuales se relacionan con la desmotivación y la ansiedad de los estudiantes. Paralelamente, en el ámbito de las ciencias, identifica una preocupación general por la disminución del interés estudiantil en esta área.

En México, García et al. (2022) proponen desarrollar competencias científicas a través de la interpretación de eventos naturales desde el pensamiento científico, la preservación del medio ambiente, la cultura de prevención y el conocimiento de ciencia y tecnología en la sociedad. En Colombia, Sosa & Dávila (2019) destacan la enseñanza por indagación como una forma de superar el rezago en competencias científicas. Por otro lado, Veloza et al. (2018) se enfocan en “las prácticas de enseñanza de los docentes de ciencias y su incidencia en el desarrollo de competencias en los estudiantes” (p. 34), siendo los propios estudiantes quienes evalúan a sus docentes.

En relación con el desarrollo de competencias matemáticas, Chávez (2021) emplea el aprendizaje activo para desarrollar la habilidad de resolución de problemas y la capacidad de cálculo. Rivera (2019) aborda la competencia de resolución de problemas en los componentes de pensamiento numérico y algebraico, comunicación y representación matemática. Vargas et al. (2018) incluyen “competencias de comprensión conceptual, fluidez procedimental, competencia estratégica, razonamiento adaptativo y disposición productiva a través de la estrategia de la actividad provocadora de modelo (APM)” (p. 35). Izagirre et al. (2020) utilizan el *Project Based Learning* (PBL) para promover tanto competencias como contenidos curriculares. Vargas et al. (2018) ven en la perspectiva de modelo y modelación una oportunidad para el desarrollo de competencias matemáticas.

En cuanto a la población participante en los estudios con metodologías activas, se encuentran niños y jóvenes como los principales protagonistas, cuyas edades oscilan entre los 6 y 17 años. Por tanto, se encuentran estudios desde preescolar hasta secundaria. Sin embargo, Sosa y Dávila (2019) incluye además de los estudiantes, también a los docentes, así como Veloza et al. (2018), quienes se enfocaron solo en un grupo de maestros. Los grupos de personas elegidas para los estudios cuentan con características muy específicas, por lo que fueron diversos los métodos de selección.

En la metodología de esta tendencia se hacen presentes los estudios cualitativos y cuantitativos. No obstante, son recurrentes los de corte mixto como los presentados por los autores Bárcena & Martínez (2022), Rodríguez Mora & Blanco López (2021), García (2022), Chávez (2021), Veloza et al (2018), Rivera (2019) y Sosa & Dávila (2019). Los instrumentos son variados como las plantillas de evaluación, las fichas de observación, rúbricas de desempeño, notas de registro de campo en diarios, pre y post test, guías de preguntas, bitácoras, entre otros. Los indicadores en su mayoría son definidos por niveles de concreción con rangos de 0 a 3 para medir el avance en competencias tanto científicas como matemáticas, donde 0 indica el menor nivel de avance y 3 el aprendizaje logrado. Categorías de 1 a 4 donde la categoría 4 representa el mayor nivel competencial; también se hace presente el uso de otras escalas cuantitativas como cualitativas con algunos criterios.

[0-10> Inicio (1-10) Requiere ayuda Nunca

[11-13> Proceso (11-12) Regular Casi Nunca

[14-17> Logro progresivo 13-16) Bien Algunas Veces

[18-20] Logro destacado (17-20) Muy bien Casi siempre

Nivel 1: del 0% al 25%.

Nivel 2: del 26% al 50 %.

Nivel 3: del 51% al 75%.

Nivel 4: del 76% al 100%.

Los estudios que realizaron pruebas antes y después de implementar sus propuestas indican resultados desfavorables en las competencias científicas y matemáticas de hasta el 95% de los estudiantes, así como un mayor porcentaje de respuestas indicando falta de habilidad o necesidad de ayuda cuando se evaluaron ciertas prácticas pedagógicas.

En contraste, se registraron incrementos significativos en los porcentajes de logros y avances cuando se realizaron evaluaciones durante y después de la implementación de estrategias o sesiones enfocadas en el desarrollo de habilidades científicas y matemáticas. Bárcena y Martínez-Aznar (2022), Casa et al. (2019), Al Sultán & Alasif (2021), Wahono et al. (2023), Shahbazloo & Abdullah (2023) y Eshaq (2024), confirman que los grupos participantes lograron transferir los

conceptos científicos a nuevas situaciones y resolver los problemas propuestos, con avances en competencias científicas, tecnológicas y matemáticas. Sin embargo, Rodríguez Mora y Blanco López (2021) y Sosa y Dávila (2019), argumentan que en sus estudios los resultados fueron variados en los niveles de desempeño, donde se obtuvo un menor porcentaje de competencias que se relacionaron con la distinción de asuntos científicos, comprobación de resultados, inferencia y predicción, mientras que Dúo (2023) expone un menor avance en la competencia de resolución de problemas matemáticos y los atribuye a aspectos culturales. Rodríguez Mora y Blanco López (2021) sostienen que es importante asignar suficiente tiempo para las actividades, ya que los estudiantes pueden requerir más tiempo del previsto.

En cuanto a las conclusiones principales de esta tendencia, se destaca que las pedagogías activas son adecuadas para el desarrollo de habilidades en diversas áreas, en especial aquellas que requieren el uso de material concreto. Sin embargo, es importante tener en cuenta la advertencia de Veloza & Hernández (2018) para evitar caer en la falencia de enfocarse solo en aspectos didácticos en lugar de priorizar el desarrollo de competencias. Además, es necesario llevar a cabo una reflexión constante sobre la planificación y la práctica en el aula desde una perspectiva epistemológica. Los educadores deben contextualizar la enseñanza y enmarcarla en situaciones que faciliten una comprensión vivencial de los conceptos.

Los hallazgos de esta tendencia indican que conectar a los estudiantes con situaciones reales que cruzan varias áreas temáticas resulta efectivo para el desarrollo de competencias, al respecto, González (2017) argumentan que las disposiciones del sistema escolar de las instituciones educativas no permiten promover el desarrollo de competencias, por lo que se hace necesario vincular estrategias emergentes que coadyuven con tales propósitos.

#### ***2.1.5.2. Tendencia No 2: Las estrategias didácticas para implementar STEM y promover competencias en ciencias, tecnología y matemáticas.***

Este grupo de investigaciones establece metas enfocadas en diseñar y utilizar estrategias y herramientas didácticas para lograr competencias y para implementar la educación STEM. Bobadilla-Asenjo (2021), en su tesis doctoral, propone un modelo de buenas prácticas para el desarrollo de competencias en ciencia y tecnología. El primer paso consiste en la fundamentación

teórica para el diagnóstico, luego se implementan actividades con apoyo de las TIC y, al finalizar, se realiza la evaluación tanto de los estudiantes como del proceso. Por otro lado, Espigares-Gómez et al. (2020) proponen en España una estrategia lúdica que utiliza un instrumento de evaluación conformado por 40 juegos procedentes de diferentes naciones. Cada juego evalúa ciertas competencias específicas en matemáticas y ciencias, como la estimación aritmética, resolución de problemas, formulación de hipótesis, observación y análisis.

En España, Fuentes-Hurtado & González (2019) desarrollan una guía con “checklist” para que los docentes verifiquen los parámetros de calidad de unidades didácticas gamificadas en las áreas científicas y tecnológicas en el marco de la educación STEM, Además, Arabit y Prendes (2020) utilizan una plataforma llamada “CREATEskills” cuyo contenido digital tiene como propósito mejorar las habilidades en las áreas STEM en niños y niñas de primaria mediante prácticas novedosas y metodologías activas. Asrizal et al. (2022) estudiaron los resultados de la implementación de un material electrónico basado en STEM para el desarrollo de habilidades del siglo XXI. Otro estudio realizado por Koul et al. (2018) buscaron despertar el interés y el conocimiento por las áreas STEM en grupos de primaria de diez escuelas, considerándolas como opciones para la formación universitaria. La estrategia que utilizó consistió en la creación de ambientes de aprendizaje atractivos y significativos.

En Brasil, Marqués Flores y Iaqchan Ryokiti Homa (2022) se centran en proyectos STEM enfocados en la robótica educativa a través del material de LEGO Mindstorm Ev3 Education como una estrategia para el aprendizaje significativo. El objetivo es promover el interés en áreas STEM y desarrollar competencias como la innovación, la resolución de problemas, la creatividad y el pensamiento lógico. Por otro lado, Huertas (2021) aporta cinco perspectivas para el uso de herramientas digitales en la enseñanza de áreas STEM e incluye aspectos como experimentos con asuntos de la naturaleza, diseño basado en la ingeniería, representación matemática y científica, simulación abstracta, comunicación y razonamiento científico y tecnológico, alfabetización digital y desarrollo del pensamiento informático. En Perú, Huertas (2021) propone un modelo de integración curricular con enfoque STEM basado en la estrategia de indagación para promover competencias científicas en estudiantes de educación secundaria con un enfoque socioformativo.

En Colombia, Giraldo (2021) se propuso investigar los resultados de la implementación del kit VEX-IQ en el desarrollo de competencias en matemáticas y ciencias naturales en 249 estudiantes del género femenino de entre 12 y 15 años en una institución urbana. El material se fundamenta en la educación STEM y se adentra en el mundo de la robótica. Por su parte, Cano y Ángel (2020) realizaron un estudio más amplio al investigar las experiencias relacionadas con la educación STEM en instituciones educativas de la ciudad de Medellín, lo que condujo a la propuesta del enfoque STEM+H, donde se enfatiza la relevancia del ser y se pone el conocimiento al servicio de la comunidad y la colectividad para promover la equidad.

En cuanto a la población, los estudios mantienen la tendencia de incluir a niños y niñas de los primeros grados (Espigares-Gómez et al. 2020 y Huertas, 2021). Sin embargo, Fuentes-Hurtado y González (2019) vinculan a docentes de cinco centros educativos. Mateos (2021), por otro lado, involucra a maestros en formación para investigar el grado de conocimiento y las competencias científico-tecnológicas bajo el enfoque STEM y el dominio afectivo. A diferencia del estudio previo, este también incorpora a estudiantes de primaria que participaron en la estrategia conocida como STEManitas, que consiste en talleres diseñados para crear artefactos que faciliten el aprendizaje sobre fuerza y movimiento.

La metodología predominante en los estudios de esta tendencia es el enfoque cualitativo. Las investigaciones se caracterizaron por adoptar un diseño participativo para las evaluaciones, empleando una variedad de técnicas para recopilar datos. Estas técnicas incluyen grupos focales, sesiones de desarrollo profesional, cuestionarios, entrevistas, pruebas antes y después del programa (pre test y post test), notas de campo, observaciones y listas de chequeo. Los indicadores de valoración varían en cada estudio, por ejemplo, Fuentes-Hurtado y González (2019) utilizan una escala del 1 al 10, mientras que Mateos (2021) también emplea descriptores que van desde “Nada competente” hasta “Totalmente competente”. Además, se utilizan diferentes opciones de respuesta, como “Siempre, Casi siempre, Algunas veces y Nunca” o “En desacuerdo, No estoy seguro y De acuerdo”.

Los resultados para esta tendencia muestran un buen porcentaje de favorabilidad al finalizar los estudios comparados con los resultados obtenidos en las pruebas diagnósticas para el caso de aquellos estudios con pre y post test, por ejemplo, Domènech-Casal (2020) muestra en su

rúbrica que al finalizar la estrategia los estudiantes presentaron un incremento en las competencias tecnológicas y matemáticas mientras que con las científicas no ocurrió igual. Los valores se presentan en una escala de 1 a 10 siendo el 10 el criterio con mayor porcentaje. Giraldo (2021) detalla los resultados al inicio de la investigación respecto al nivel competencial de matemáticas en estudiantes de secundaria cuyo puntaje en el año 2019 fue de 6,8 puntos, mientras que para el año 2020 el puntaje pasó a 8,0. En cuanto a las competencias en ciencias se presentó en el año 2019 una cifra de 7,0 que pasó a 7,6 para el año 2020.

En cuanto al cambio de percepción por parte de los estudiantes y docentes respecto a las áreas STEM, se presentan avances importantes; así lo manifiesta Mateos (2021), Koul, et al., (2018) y Arabit & Prendes (2020). Por ejemplo, para estos dos últimos investigadores su estudio presenta que el 97% de los docentes encuestados ven la necesidad que los aprendizajes en ciencias, tecnología o matemáticas les sean útiles para los estudiantes en su vida futura. Otros resultados los comparte Huertas (2021), quien presenta como producto de su investigación el diseño de un modelo pedagógico de integración curricular para estudiantes de secundaria en una institución militar. Por su parte Bobadilla (2021) concluye que en las competencias científicas y tecnológicas se identificó un alto porcentaje de estudiantes de secundaria en el nivel regular en la competencia de indagación y explicación del mundo físico (Herce-Palomares et al., 2022).

Para finalizar la descripción de esta tendencia se identifica una variedad de caminos para el abordaje de la educación STEM y el desarrollo competencial, además es recurrente hallar resultados positivos lo que es muy favorable para la comunidad docente al disponer de otras alternativas que permiten ver avances en sus estudiantes, no obstante, Herce-Palomares et al. (2022) resaltan la carencia de estudios respecto a las etapas evolutivas de las habilidades STEM, por tanto, se hace necesario continuar dando pasos que permitan develar todas las aristas de la educación STEM, por tratarse de su campo de acción abarcador y a la vez dinámico. Para la presente tendencia los estudios se desarrollaron con grupos de un solo grado en áreas urbanas y en su mayoría se relacionan una o dos competencias en matemáticas y ciencias.

### ***2.1.5.3. Tendencia N°3: La educación STEM y las competencias en ciencias, tecnológica y matemáticas en el contexto rural***

El contexto de la presente tendencia se sitúa en el área rural, de ahí el interés por la búsqueda de estudios en dichos contextos. Autores como Thomas y Falls (2019) exponen su estudio realizado en un territorio rural de Estados Unidos, donde los docentes implementaron la educación STEM con *Technological Pedagogical And Content Knowledge* (TPACK) para indagar por el uso de recursos tecnológicos en el aula. Enríquez Ramírez et al. (2021), en México, fusionan la programación en bloques con enfoques tanto conectados como desconectados para desarrollar competencias tecnológicas a través de estrategias didácticas que promueven la visión constructora de la computación. En Chile, Jiménez-Villaruel et al. (2022) investigan la percepción de docentes multigrado sobre un marco orientador para el diseño e implementación de unidades STEM en contextos rurales, mientras que Miranda (2019) busca fortalecer la educación STEM con un enfoque en la pre-ingeniería mediante el programa educativo llamado Savialab, dirigido a niños y niñas de educación media.

Suárez et al., (2021) en México dirige su estudio en dirección al desarrollo del pensamiento lógico como base para la educación científica en niños y niñas con edades comprendidas entre los 4 y 11 años, la estrategia se enfocó en los clubes de ciencia con una estructura rigurosa para la consecución de productos bien definidos. En el ámbito tecnológico, Carrete-Marín y Domingo-Penafiel (2021) realizan una revisión sistemática sobre los recursos tecnológicos destinados a promover competencias digitales en instituciones educativas rurales. Otro estudio realizado en el contexto colombiano es llevado a cabo por Cifuentes y Caplan (2019), quienes implementan proyectos STEM/STEAMS en la educación formal a través de videoconferencias dirigidas por un docente desde Estados Unidos, con el objetivo de desarrollar habilidades y capacidades acordes a las competencias del siglo XXI. Ferro (2018), en Colombia, analizó las competencias tecnológicas que desarrollaron estudiantes de quinto grado mediante un estudio cartográfico, mientras que Sanabria-Totaitive y Arango-Martínez (2021) utilizan el método de estudio de caso para la enseñanza de las ciencias en aulas multigrado, donde se enfatiza el desarrollo de competencias como la indagación y la argumentación.

En el ámbito tecnológico, Carrete-Marin y Domingo-Penafiel (2021) realizan una revisión sistemática sobre los recursos tecnológicos destinados a promover competencias digitales en instituciones educativas rurales. Otro estudio realizado en el contexto colombiano es llevado a cabo por Cifuentes y Caplan (2019), quienes implementan proyectos STEM/STEAMS en la educación formal a través de videoconferencias dirigidas por un docente desde Estados Unidos, con el objetivo de desarrollar habilidades y capacidades acordes a las competencias del siglo XXI. Ferro (2018), en Colombia, analizó las competencias tecnológicas que desarrollaron estudiantes de quinto grado mediante un estudio cartográfico, mientras que Sanabria-Totaitive y Arango-Martínez (2021) utilizan el método de estudio de caso para la enseñanza de las ciencias en aulas multigrado, donde se enfatiza el desarrollo de competencias como la indagación y la argumentación.

Respecto a la población vinculada en las investigaciones, se trata de niños, niñas y jóvenes del sector rural con edades comprendidas entre los 6 y 16 años, como en el estudio realizado por Cifuentes y Caplan (2019) o Parra (2024) quien incluyó estudiantes de aula multigrado de los grados tercero, cuarto y quinto; entre tanto, Ferro (2018), además de incluir a niños y niñas de 9 y 11 años de edad también hace partícipe a sus familias. Por otro lado, Thomas y Falls (2019) junto con Jiménez-Villarroel et al. (2022) se centran en las prácticas educativas de grupos de docentes para comprender cómo los maestros de primaria utilizan los recursos tecnológicos y los integran para promover saberes STEM y determinar la pertinencia y viabilidad de un marco que orienta el diseño de unidades STEM integradas en contextos multigrado.

En esta tendencia, la metodología predominante en las investigaciones es de enfoque cualitativo. Los instrumentos utilizados abarcan cuestionarios, diarios de campo, y formularios con criterios de evaluación que oscilan entre “Totalmente en desacuerdo” y “Totalmente de acuerdo”, según lo propone Enríquez Ramírez et al. (2021). Estos criterios se aplicaron ampliamente en los estudios. Además, se adoptó el método de agrupación de información sugerido por Cifuentes y Caplan (2019) para su proyecto STEM dirigido a estudiantes de secundaria en zonas rurales. Los hallazgos indicaron un alto rendimiento en aspectos como la capacidad de intervenir en las problemáticas del entorno (83.3%), la difusión de conocimientos

(75%), y la obtención de aprendizajes significativos a través de la integración (66.7%), demostrando la eficacia de los talleres STEM.

En general, las investigaciones suelen reportar resultados positivos, tanto para quienes diseñan las propuestas como para los participantes. La iniciativa de Cifuentes y Caplan (2019), por ejemplo, tuvo un impacto favorable en el uso de herramientas y materiales para construir circuitos eléctricos y en la comprensión de conceptos como energía, y la distinción entre máquina y robot. De manera similar, los clubes establecidos por Miranda (2019) facilitaron que los niños y niñas rurales comprendieran el método científico y se fomentara la creación de hipótesis, la formulación de soluciones, la construcción de prototipos, la innovación y la solución de problemas mediante la empatía entre pares y el uso de tecnologías en su enfoque de pre-ingeniería, Castro et al. (2023) manifiestan que su propuesta en robótica permitió a los estudiantes de aula multigrado comprender efectos de la fuerza, cambios en los movimientos de ciertos objetos y mayor uso de nuevas tecnologías.

Thomas y Falls (2019) sostienen que los docentes mostraron un cambio positivo en su actitud hacia la enseñanza de la educación STEM al incorporar recursos tecnológicos, cambio que no se replicó entre sus colegas de áreas urbanas. De manera similar, Jiménez-Villaruel et al. (2022) hallaron una percepción favorable de los docentes en aulas multigrado hacia la educación STEM en contextos rurales, considerándola tanto una oportunidad para fomentar un aprendizaje más significativo como un desafío para integrar de manera coherente y equilibrada los contenidos curriculares. Por otro lado, Enríquez Ramírez et al. (2021) destacan la disposición de los estudiantes para aprender programación de computadoras y para desarrollar estrategias de resolución de problemas, señalando además diferencias de género, ya que las niñas demostraron mayor interés en esta área.

En conclusión, estos hallazgos invitan a reflexionar sobre lo que implica enseñar en el aula rural. Ferro (2018) argumenta que el aula multigrado debe adaptarse a los avances tecnológicos y estar en continua transformación para desarrollar competencias acordes a las necesidades y recursos disponibles, enfrentando el desafío de la brecha digital en el entorno rural. Carrete (2021) indica que la tecnología por sí sola no garantiza transformaciones didácticas ni pedagógicas; se requiere un cambio en el currículo, en los enfoques metodológicos y en la

formación y actitud de los docentes, quienes pueden usar la tecnología para superar el aislamiento geográfico y crear redes de colaboración entre docentes rurales. Sin embargo, estos cambios dependen en gran medida de la actitud y disposición del docente. Finalmente, Jiménez et al. (2022) y Silva & Alsina (2023) argumentan que, aunque existen numerosos estudios sobre la implementación de la educación STEM en aulas de grado único, aún falta investigar cómo aplicar estas estrategias en aulas multigrado las cuales, tienen un amplio escenario para el desarrollo de investigación en el ámbito STEM.

***Tendencia N° 4: STEM y el desarrollo de competencias científicas, tecnológicas y matemáticas en la formación y práctica docente.***

Poma-Santivañez et al. (2021), Ramos-Lizcano et al. (2022) & Zamorano et al. (2018), Amaya y Velázquez (2022) realizaron búsquedas mediante revisiones bibliográficas para determinar los aspectos clave que intervienen en las experiencias formativas, el rol del docente en la enseñanza con STEM. García-Fuentes et al. (2023) comparten la experiencia vivida por docentes en formación para identificar la actitud, la incidencia del género y cómo influye la experiencia en la conceptualización de STEM. Apoyaron su estrategia en un problema que integraba conceptos como ultrasonido, tipos de ondas y frecuencias, junto con la aplicación de tecnologías en diversos campos. Estudios similares fueron llevados a cabo por Johnson et al. (2021) y Han et al. (2023), los primeros se enfocaron en evaluar los efectos del aprendizaje STEM con docentes en formación en las áreas de Ciencia y Matemáticas a través de la coenseñanza, donde dos docentes de cada área compartían sus conocimientos y experiencias de manera simultánea con el mismo grupo de estudiantes, mientras que la segunda investigación se centra en la experiencia de tres docentes que implementaron un plan de estudios en STEM integrado cuyas prácticas compartidas se enfocaron en las áreas de ciencias y tecnología e ingeniería, por su parte, Asilevi et al. (2024) dan cuenta de las percepciones positivas de estudiantes de primaria cuando trabajan el campo científico basado en la investigación.

Por otro lado, Nesmith y Cooper (2020) se interesaron en investigar los resultados de la implementación de varias sesiones en procesos destinados al desarrollo profesional docente, en los cuales los maestros de ingeniería brindaron apoyo a 59 colegas de primaria con el objetivo de evaluar la efectividad del proceso; durante el primer año, se exploraron los fundamentos teóricos

de STEM, mientras que en el segundo año, las sesiones se centraron en procesos de diseño. En Colombia, Bustamante-Meza et al. (2022) presentaron los resultados de la implementación del Proyecto “Laboratorio móvil para el desarrollo de habilidades STEM en estudiantes y egresadas de la Licenciatura en Educación Infantil”. La iniciativa contó con 64 participantes que se dedicaron al desarrollo de cinco habilidades STEM. En Chile, Ortiz-Herrera et al. (2022) expresan la importancia de la formación del docente multigrado en el área de tecnología, ya que es complejo desarrollar competencias tecnológicas en los estudiantes sin contar con la formación para tal propósito, Beltrán et al. (2024) coinciden en dicha afirmación respecto a las competencias científicas alrededor de la educación para el desarrollo sostenible y los cambios globales, aspectos en los que el maestro del aula unitaria debe estar capacitado.

En cuanto a los métodos utilizados en esta tendencia, prevalecen los estudios basados en revisiones bibliográficas y de enfoque cualitativo. No obstante, Johnson et al. (2021) y Santini et al (2024) emplearon métodos mixtos. El diseño en esta tendencia estuvo marcado por evaluaciones con enfoque participativo y se utilizaron diversos métodos para obtener datos, tales como grupos focales, secciones de desarrollo profesional, cuestionarios, pruebas de desempeño para evaluar los productos de los estudiantes, entrevistas, pre y post test. Se adoptaron criterios de valoración similares a los utilizados por Nesmith y Cooper (2020), que asignaban de 1 a 6 puntos para medir la efectividad de una estrategia de desarrollo profesional docente centrada en ingeniería. Aquí, 1 significaba “totalmente en desacuerdo” y 6 “totalmente de acuerdo”.

Se identifican otros indicadores, como “Nunca”, “Casi nunca”, “Algunas veces” y “Siempre”, cuyos resultados llevaron a la necesidad de formar a un equipo docente en temas de ingeniería. Después de recibir la formación y comprender la metodología para desarrollar procesos efectivos sin ser un profesional en la disciplina, los maestros tomaron la iniciativa de promover la ingeniería en sus aulas de primaria. Se observó una tendencia positiva en la autoeficacia disciplinaria y en la eficacia para la enseñanza de la ingeniería. Además, los docentes manifestaron su intención de continuar con las lecciones de ingeniería. Bustamante-Meza et al. (2022) señalan que de los quince indicadores propuestos en el diplomado para docentes destinado a mejorar las habilidades STEM, sólo dos no presentaron avances, a propósito de la formación docente, Ardianto et al (2024) destacan en sus conclusiones la necesidad de los maestros en

primaria de prepararse en el campo STEM pese al avance de este enfoque en las instituciones educativas.

En un estudio adicional realizado por García-Fuentes et al. (2023), se descubrió que tras la implementación de la estrategia, los docentes demostraron una actitud más favorable hacia la educación STEM. Dedicaron tiempo para observar videos y leer varios documentos con el fin de reforzar su capacitación y obtener nuevos recursos para aplicar en el aula estrategias didácticas vinculadas a las cuatro áreas de STEM. García-Fuentes et al. (2023) hacen un llamado para que los educadores recurran a otras estrategias de enseñanza, como la educación STEM, para promover el interés de los estudiantes en estas áreas, desarrollar competencias y aplicar de manera pertinente los contenidos en la vida cotidiana, anuado a lo anterior Bertrand & Namukasa (2023) recomiendan que el currículo debe ser integrado y diseñado para garantizar a los estudiantes experiencias de aprendizaje profundas. Dentro del vacío teórico en esta tendencia se identifica la ausencia de una propuesta que permita a los docentes de aula multigrado promover el desarrollo competencial y la interdisciplinariedad entre ciencias, tecnología y matemáticas en el contexto rural.

## **2.2. Marco conceptual**

En la presente sección se encuentra una disertación conceptual de lo que representa el aula multigrado, seguida de conceptualización de la variable de competencias en lo referido a ciencia, tecnología y matemáticas y cómo se propone su desarrollo a la luz de referentes teóricos y las políticas públicas; luego, se abordará la variable de educación STEM y se expondrán cuatro aspectos que responden a los interrogantes de ¿Qué es STEM? ¿Cuál es su objetivo? ¿Qué aspectos intervienen en los procesos de enseñanza aprendizaje cuando se implementa? y ¿cómo se evalúa?

### ***2.2.1. El aula multigrado como escenario tradicional para la educación rural***

En diversos países del mundo, la educación rural comparte similitudes en términos de características y condiciones, más allá de las fronteras políticas, culturales, lingüísticas, pedagógicas, económicas o sociales. Estas instituciones educativas surgieron como un reflejo de la creación de las instituciones urbanas en momentos políticos y económicos clave de cada

sociedad, su extensión se dio de forma paulatina por los campos con factores asociados al porcentaje de población estudiantil, a la asignación de recursos económicos por parte del Estado y a los retos y exigentes contextos de las zonas rurales (Miranda, 2020).

En América Latina, la expansión de la educación rural tuvo lugar principalmente entre los siglos XIX y XX como respuesta a las reformas agrarias y la influencia de organismos internacionales como la ONU y la UNESCO. Los gobiernos iniciaron a dar la mirada a las zonas rurales y reconocen la importancia de la educación como elemento central para el desarrollo social y económico. La educación en el campo se percibió como un símbolo de progreso en América Latina, y esta visión se consolidó aún más a mediados del siglo XX con la creación de escuelas rurales. La UNESCO propuso el modelo de escuela unitaria o aula multigrado como la opción más adecuada para áreas rurales con baja población, dado el reducido número de estudiantes (UNESCO, 2023).

La educación rural se caracteriza por las aulas multigrado, como se les conoce en Colombia o Perú, aunque en otros países se les denomina plurigrado, multiedad, escuela de maestro único, multigradación, multinivel, escuela unitaria, agrupación vertical, entre otros términos. Sin embargo, la conceptualización de este tipo de aulas no difiere entre uno y otro. La UNESCO (2003) la define como “un tipo de escuela en la cual el profesor enseña a dos o más grados simultáneamente en una misma aula” (p. 10). Ames (2004) y Little (2001) coinciden en que el aula multigrado es un contexto en el cual un docente es responsable de dos o más grupos y ofrece instrucción coherente con el plan de estudios. Miranda (2020) define el aula multigrado como “aquella situación educativa en la cual estudiantes de diferentes grados y edades se reúnen en una misma aula durante un período programado, en general a cargo de un mismo docente” (p. 7). Este concepto sirve como referencia para el desarrollo de la presente propuesta, ya que describe de manera específica lo que significa el aula multigrado.

El aula multigrado se distingue por una serie de elementos que la hacen única y muy diferente en comparación con las aulas urbanas. Miranda (2020) considera que la escuela multigrado tiene mucho que ofrecer, ya que promueve la inclusión. Además, el contexto rural en sí mismo es un dispositivo para el aprendizaje significativo, deja de lado las individualidades y es un escenario que permite involucrar a la comunidad de manera más cercana, tales características y la necesidad

de ofrecer estrategias que respondan a las particularidades del aula rural que favorezcan a niños, niñas, jóvenes y adultos han abierto el camino para la creación de modelos educativos flexibles en Colombia tales como: Escuela Nueva (EN), postprimaria, secundaria activa y aceleración del aprendizaje.

Uno de los hitos principales en la enseñanza en el aula multigrado en Colombia es el modelo educativo de la EN, que se creó en la década de 1970 con la convicción que “todos los niños, niñas y jóvenes pueden desarrollar su potencial para participar de manera constructiva en la vida familiar, social y profesional” (Colbert, 2017, p. 33). Este modelo se ha replicado en otros países del mundo. Sin embargo, desde la década de 1990, el programa de EN comenzó a debilitarse con ocasión a la transferencia administrativa del servicio educativo, las reformas del MEN, la ausencia de capacitación docente, la falta de recursos económicos, entre otros factores (Miranda, 2020). En la actualidad, las instituciones educativas rurales brindan autonomía y libertad a los docentes para utilizar metodologías, estrategias y recursos que deseen, siempre y cuando se propongan alcanzar los lineamientos y los EBC establecidos por el MEN para cada grado, los cuales se han incluido en los currículos como la principal ruta para el desarrollo de cada período académico.

Las configuraciones pedagógicas y didácticas de los docentes para implementar sus clases en el aula multigrado se reflejan en la elaboración de unidades didácticas, secuencias didácticas o proyectos de aula. Según Miranda (2020), existen patrones en la forma de materializar estas configuraciones en el aula, y el más común es el modelo de cuasimonogrado. Este modelo consiste en enseñar de manera directa a cada grupo de estudiantes de un grado como si fuera un aula monogrado. Por lo general, “se proporcionan tareas diferentes para cada grupo y se divide el tiempo y la dedicación para cada grado” (Miranda, 2020, p. 15). Este enfoque requiere una cantidad considerable de tiempo, y los períodos de espera por parte de los estudiantes pueden ser prolongados. En cuanto al material, la guía que el docente elabora y algunos textos de años anteriores proporcionados por el MEN constituyen los principales recursos. Los docentes en aulas multigrado persisten en su búsqueda de herramientas y estrategias que armonicen con las dinámicas propias de los contextos multigrado, facilitando así el progreso de sus estudiantes en los aprendizajes y el desarrollo de competencias.

### ***2.2.2. Competencias científicas, tecnológicas y matemáticas con la educación STEM***

El desarrollo de competencias científicas se ha convertido en una prioridad en los sistemas educativos debido a las demandas de la sociedad del conocimiento actual. Cada avance científico implica la búsqueda de nuevos conocimientos y abre las puertas para la solución de problemas y necesidades de la humanidad que antes se consideraban imposibles. Por lo tanto, es necesario desarrollar habilidades que permitan comprender, utilizar y enriquecer el conocimiento científico en beneficio de la humanidad y los ecosistemas que la rodean.

La OCDE en su informe PISA (2018) define la competencia científica en torno a cuatro habilidades. La primera se refiere al conocimiento científico y su uso para obtener nuevos aprendizajes, argumentar sobre sucesos científicos y formar juicios propios a partir de la experimentación. La segunda habilidad implica distinguir entre el conocimiento científico y las apreciaciones subjetivas. La tercera habilidad se refiere a identificar la relación entre la ciencia y la tecnología y su impacto en la vida humana. Y la última habilidad se relaciona con el interés de involucrarse en la reflexión y el análisis que implica el conocimiento científico para la sociedad. Estas habilidades son amplias y requieren procesos rigurosos para que se reflejen en los estudiantes.

Con el fin de dirigir los procesos didácticos y pedagógicos en consonancia con las competencias científicas, la OCDE (2008) sugiere concebir la enseñanza en tres dimensiones: conceptual, procedimental y epistémica. La dimensión conceptual se refiere a la interpretación de los fenómenos naturales o contextos en los que se utilizan modelos científicos, mientras que la dimensión procedimental destaca la capacidad de emplear habilidades del conocimiento, como la inducción, deducción o el diseño de experimentos. En cuanto a la epistémica se relaciona con la manera de validar el conocimiento a través de la ciencia desde el uso de pruebas y experimentos.

En cuanto a la forma de evaluar el conocimiento científico, la OCDE (2008) presenta tres dimensiones a valorar:

Los procesos o destrezas científicas: reflejado en el momento en que el estudiante demuestra interés por indagar, analizar y organizar datos relacionados con acontecimientos y fenómenos científicos.

Los conceptos y contenidos científicos: el estudiante conoce e interpreta el recorrido de la teoría científica para constituirse como un saber y el contexto en que se aplica el conocimiento científico.

Lo anterior conlleva a un cambio en los paradigmas de concepción de la enseñanza de la ciencia y su incorporación en los currículos. La perspectiva competencial, centrada en los logros de aprendizaje, también necesita incorporar otros elementos que Hernández ha propuesto (2005). Según este autor, las competencias científicas se reflejan en la integración de conocimientos, habilidades y condiciones que permiten intervenir de manera pertinente en circunstancias específicas que requieren la implementación, expresión o asunción responsable del conocimiento científico. Además, es necesario fomentar el vínculo entre la ciencia y la ciudadanía para contribuir a la construcción social. Este ejercicio implica el desarrollo de habilidades críticas, comprensivas, reflexivas y analíticas, con el objetivo de crear conciencia sobre la conservación y protección del ecosistema natural y de la sociedad misma.

Hernández (2005) sugiere que los criterios existentes en el currículo para enseñar competencias científicas pueden ser respaldados por otras ideas, como “las ciencias para la formación del ciudadano” (p. 12), con el fin de establecer una conexión coherente entre la ciencia, la dignidad y los principios ciudadanos. Esto busca alejarse de las prácticas desfavorables que ocurren en el ámbito científico cuando el poder, los intereses individuales, la segregación, la manipulación de datos y la ambición se anteponen a las prácticas idóneas y éticas que se desean reflejar en la sociedad. Por lo tanto, el aprendizaje del conocimiento científico debe ir acompañado de la reflexión, la ética y la responsabilidad, así como del trabajo en equipo constante para la construcción colectiva del conocimiento.

En la escuela, el maestro interviene en lo que el niño o la niña es y en lo que son capaces de hacer, lo que implica crear espacios y estrategias que permitan mejorar lo que el estudiante ya posee y desarrollar nuevas habilidades relacionadas con el conocimiento de la naturaleza y lo social. Esto conduce al cambio, el cual solo es posible a través de la acción y el esfuerzo del estudiante por aprender. Por lo tanto, es esencial aprovechar los primeros grados escolares, donde los niños exhiben una curiosidad innata se debe fomentar en los grados subsiguientes. Esto se

logra presentando diversos interrogantes que los propios estudiantes deben resolver a través del trabajo individual y colaborativo (Hernández, 2005).

Una postura similar es expresada por Cañal (2012), quien considera que las competencias científicas abarcan un constructo más amplio que el solo desarrollo de habilidades personales. Sostiene que permiten “describir, explicar y predecir fenómenos naturales, comprender las características de la ciencia, formular e investigar problemas e hipótesis, documentarse, argumentar y tomar decisiones personales y sociales sobre el mundo natural y los cambios generados por la actividad humana” (p. 44). El objetivo de esta competencia es lograr que el estudiante integre y domine de manera completa los conocimientos teóricos y prácticos, así como las destrezas y actitudes. Así mismo, el estudiante debe ser capaz de emplear estos conocimientos en diferentes situaciones y contextos, con el fin de abordar tareas específicas con diversos niveles de complejidad e integrar los aprendizajes frente a diversos problemas. Según Cañal (2012), el currículo debe ir de la mano con tres variables al momento de evaluar dichas competencias, estas son:

El nivel de significatividad, integración y funcionalidad (SIF), son conceptos que se pueden aplicar en diferentes contextos, para el caso de la ciencia se refiere a la veracidad de los resultados en los procesos y su importancia para comprender nuevos fenómenos científicos.

La capacidad de cada estudiante para emplear estas competencias en nuevas situaciones-problema implica la capacidad de aplicar los conocimientos científicos adquiridos en contextos prácticos y resolver problemas de manera efectiva. Esto incluye la capacidad de analizar situaciones, plantear hipótesis, diseñar experimentos o investigaciones, recopilar y analizar datos, y llegar a conclusiones basadas en evidencia científica.

Las capacidades fundamentales que se interrelacionan entre sí para mejorar la distribución de los esquemas de conocimiento y actuación. Estas incluyen capacidades de observación y percepción que le permitirán al estudiante recopilar información y observar fenómenos de manera detallada y precisa

Cañal (2012) resalta la importancia de vincular situaciones problema, lo cual permitirá poner a prueba el verdadero nivel competencial del estudiante. En este sentido, Pedrinaci et al. (2012)

presentan una postura similar, cuyo concepto es seleccionado en el presente estudio para definir las competencias científicas. El autor las define como la integración de habilidades que permiten aplicar el conocimiento científico en tres aspectos principales: el conocimiento de la ciencia, la práctica y la naturaleza de la ciencia en relación con la tecnología. Cada aspecto abarca capacidades específicas que permiten al estudiante describir, especificar y pronosticar fenómenos, proponer hipótesis, realizar investigaciones, instruirse, debatir y adoptar posturas sobre el medio ambiente y las repercusiones que la conducta humana puede tener en él.

Según Pedrinaci et al. (2012), las competencias científicas deben integrarse con el currículo y las demás competencias básicas, promover el pragmatismo para que impacten tanto a nivel personal como social, mediante actividades que sean relevantes para el estudiante en su contexto. Por lo tanto, el enfoque competencial científico debe impregnar y ser coherente con los contenidos, los objetivos, las estrategias didácticas y los procesos de evaluación. Este último elemento debe centrarse en lo que el niño o la niña son capaces de hacer en situaciones reales con base en lo que el docente les ha enseñado, en lugar de enfocarse en cuánto contenido han memorizado.

Pedrinaci et al. (2012) proponen cuatro competencias científicas fundamentales que deben promoverse en los estudiantes para lograr una educación científica pertinente. Estas competencias están en coherencia con el propósito de fomentar una comprensión rigurosa de la ciencia y de cómo se genera el conocimiento científico. Una de las competencias que se abordará durante el ejercicio investigativo es la investigación científica, relacionada con la habilidad para la formulación de preguntas, la elaboración de hipótesis, el diseño de experimentos, la recolección de datos y el análisis de resultados. En otras palabras, los estudiantes deben estar en la capacidad de participar en procesos de investigación, por tanto, el desarrollo de la competencia en mención estará dirigida hacia los siguientes aspectos:

- Identificación de problemas: se refiere a la habilidad del estudiante para reconocer, describir y formular situaciones problema que requieran de análisis. Lo que le va a permitir cuestionar su entorno, buscar explicaciones e involucrarse en el proceso de investigación y resolución de problemas. Se promueve la mediante la observación detallada del entorno, generando en el estudiante la curiosidad con preguntas: “¿qué

está ocurriendo?”, “¿por qué ocurre esto?” o “¿qué situaciones están generando el problema?”.

- El desarrollo de experimentos: son experiencias prácticas que ofrecen la oportunidad para que los estudiantes se involucren con el aprendizaje, puedan vivenciar, comprender fenómenos y procesos de forma significativa. Se logra mediante la planificación, la selección de los recursos, la manipulación de instrumentos y materiales, promoviendo el uso seguro y responsable de los mismos, además de la interpretación de resultados donde se analiza y se comprende la información obtenida en experimentos científicos, con el propósito de identificar hallazgos, resolver interrogantes e hipótesis, comparar resultados, tomar decisiones y llegar a conclusiones, para lograrlo se requiere de un registro sistemático de lo observado a lo largo del proceso lo que permitirá analizar y confrontar resultados.

La segunda competencia seleccionada para la competencia científica es la interacción con el entorno, Pedrinaci et al. (2012) la relacionan con dimensión actitudinal, esto representa la capacidad del estudiante en el uso del conocimiento científico en la vida cotidiana y la toma decisiones responsables en relación con la salud, el medioambiente y los recursos naturales. El objetivo es lograr desarrollar en los estudiantes una conciencia crítica sobre cómo las decisiones científicas afectan su entorno y a la sociedad. Los ítems a abordar son:

- La actitud responsable con el medio ambiente: es reconocer el compromiso que cada individuo posee con la protección y conservación del entorno natural, para fomentar la conciencia ambiental, identificar ideas de cómo minimizar el impacto negativo sobre el medio ambiente, cómo reducir del consumo de recursos naturales, hacer uso eficiente de la energía y conservar la biodiversidad. Lo anterior se logra con la exploración y reflexión acerca de las problemáticas ambientales y las acciones que pueden contribuir un cambio efectivo.

Los autores ofrecen directrices de cómo evaluar estas competencias, una de ellas está relacionada con la integralidad ya que garantiza una comprensión multidimensional del conocimiento, por tanto, no sólo entra en juego el conocimiento teórico, sino también la capacidad de crear ciencia a través del diseño y la elaboración de experimentos, la resolución de

problemas y el análisis de datos. En cuanto a la evaluación de las actitudes conlleva valorar el compromiso del estudiante con el saber científico, socioambiental y su posición frente a la toma de medidas que resuelvan situaciones relacionadas con los recursos naturales y el desarrollo sostenible.

### ***2.2.3. Competencia tecnológica como elemento transformador***

La competencia tecnológica ha evolucionado con la inclusión de elementos como la informática, las TIC, las competencias digitales, el pensamiento digital, entre otros. Estos han ampliado el campo tecnológico. Sin embargo, en esta propuesta de investigación se busca comprender el desarrollo competencial en tecnología desde la perspectiva de la creación y transformación de elementos o artefactos, manteniendo una conexión con las diversas posibilidades que ofrecen las TIC en beneficio del aprendizaje.

Las competencias tecnológicas son vistas principalmente desde el hacer, según Said et al. (2015) los aspectos pragmáticos y contextuales son relevantes y cobran mayor sentido cuando en la construcción curricular contemplan dos aspectos fundamentales. En primer lugar, se debe considerar el contexto y los recursos, lo cual implica que la institución educativa cuente con los espacios adecuados, conectividad y equipos informáticos u otros elementos tecnológicos que contribuyan al proceso de enseñanza-aprendizaje. En segundo lugar, se deben establecer objetivos de aprendizaje orientados al desarrollo de competencias, respaldados por elementos pedagógicos y didácticos como los siguientes:

- **Aprendizaje activo y cooperativo:** Se promueve a través de actividades en las que el pensamiento crítico prevalezca mediante la comprensión de situaciones problemáticas planteadas para ser resueltas en equipo.
- **Aprendizaje visual:** Se emplean diseños gráficos, diagramas, mapas mentales y conceptuales para reforzar la comprensión y fomentar habilidades de pensamiento de nivel superior.
- **Alfabetización mediática:** Se utilizan herramientas que desarrollan habilidades de pensamiento crítico de alto nivel y permiten conectar al estudiante con el mundo.

- Aprendizaje basado en proyectos: Se llevan a cabo actividades de diseño, implementación y evaluación de proyectos interdisciplinarios que responden a una realidad o necesidad del contexto del estudiante.

Dentro de este mismo marco, Choque (2010) presenta un desglose de las competencias tecnológicas que exponen distintos actores, entre ellas presenta las propuestas por la Sociedad Internacional de la Tecnología de la Educación (ISTE) donde se describen un conjunto de perfiles con la premisa que todos los estudiantes deben tener las oportunidades de utilizar la tecnología y la información para su desarrollo, vinculando la creatividad e innovación y el uso de una variedad de recursos para generar experiencias de aprendizaje significativas al explorar y resolver problemas y situaciones del mundo real mediante el proceso de diseño, otro asunto que se vincula hace referencia a la ciudadanía digital, relacionada con aspectos éticos y legales en distintos contextos, uno de ellos vinculados con asuntos medioambientales, la protección de la información y uso seguro de recursos tecnológicos para reducir y mitigar su impacto y avanzar en el bienestar humano, social y ambiental.

Estas perspectivas en gran medida sitúan en la realidad de la práctica pedagógica el desarrollo de las competencias, ya que involucra elementos concretos que le son familiares al colectivo docente. Esto permite, a su vez, establecer una relación con lo descrito por Merchán Basabe (2005), cuyo planteamiento ha sido seleccionado en la presente propuesta para definir las competencias tecnológicas, las mismas que el autor define a la luz de tres elementos. El primero se refiere a lo estructural, porque representa un conjunto de propósitos fundamentados en saberes concretos y específicos. El segundo aspecto es la flexibilidad, ya que las premisas en tecnología que en determinado momento se conocen pueden cambiar con el objetivo de lograr mejores resultados y soluciones a las necesidades. El tercer aspecto se refiere a lo procesual, al precisar de un orden que conlleva a la innovación, la inventiva y, por consiguiente, al desarrollo de la humanidad. Estos tres aspectos requieren de procedimientos cognitivos que conduzcan a la creación y diseño de sistemas o elementos que deben responder a los requerimientos individuales y sociales. Mientras tanto, el autor considera que la informática es un elemento complementario a la tecnología, que permite gestionar con facilidad la información y encontrar soluciones rápidas de manera más conveniente.

Merchán Basabe (2005) sugiere fomentar un conjunto de competencias enfocadas en el manejo de la información para desarrollar el conocimiento tecnológico. Esto incluye utilizar los recursos disponibles en el entorno para crear soluciones a problemas, desarrollar estrategias para planificar y materializar productos y recursos, promover el aprendizaje colaborativo, y reconocer la importancia de la tecnología y la informática en el progreso humano. En cuanto al currículo, Merchán Basabe (2005) sostiene que este debe estar en continua actualización y en línea con los avances y requerimientos sociales. Esto implica una planificación curricular abarcadora y flexible, donde el desarrollo de competencias sea un ejercicio transversal y permanente, en perspectiva con el buen manejo, la responsabilidad y la ética que se deben promover respecto a los productos tecnológicos e informáticos en relación con la sociedad y los ecosistemas naturales.

Merchán Basabe (2005) expone cinco competencias que según su criterio deben desarrollarse en el sector educativo, dos de ellas hacen parte de las que se proponen promover en el presente estudio y aunque son abarcadoras se proyecta dar cuenta de los aspectos que son susceptibles de lograrse en los grupos de estudiantes con ocasión al nivel educativo, la primera se relaciona con la transferencia de saberes tecnológicos en la solución de problemáticas por tanto, se buscará que el estudiante aborde alternativas que permitan resolver situaciones de su entorno a través del uso de elementos o el diseño de prototipos con recursos de su entorno, para ello, la competencia se centrará en el siguiente aspecto:

- Diseña y construye prototipos o dispositivos para resolver situaciones del entorno: este aspecto promueve desarrollar prototipos o herramientas que respondan a necesidades específicas, partiendo de un proceso de diseño. Este proceso involucra la identificación de un problema o necesidad, el planteamiento de un diseño y la creación de un modelo o prototipo que permita experimentar y evaluar su efectividad.

#### ***2.2.4. Competencias matemáticas para las situaciones de la vida real***

Los organismos internacionales y nacionales evalúan las competencias matemáticas de manera continua. En el marco de la prueba de matemáticas PISA, la OCDE (2021) evalúa las capacidades de razonamiento matemático y el uso de conceptos, procesos y recursos para argumentar, detallar y generar hipótesis en el amplio campo de las matemáticas. La concepción

de PISA en cuanto a las competencias matemáticas destaca la importancia de relacionar situaciones reales y diversas en coherencia con los requisitos del siglo XXI, lo anterior es enfatizado por Vivas-García (2017), quien considera que las competencias brindan a los estudiantes la posibilidad de comprender la importancia y el propósito de las matemáticas en todos los ámbitos de la vida humana, así como la oportunidad de utilizar las matemáticas en la cotidianidad para resolver situaciones a nivel individual y colectivo.

Según el autor la competencia matemática tiene una serie de elementos que la constituyen, tales como:

La fase formal y la fase práctica: La primera se expresa por medio de los sistemas matemáticos creados mediante la constitución y organización de comunidades académicas que, contribuyendo a incrementar conocimiento de los teoremas, axiomas y definiciones, la fase práctica se relaciona con la creación y solución de problemas matemáticos mediante técnicas adecuadas a la naturaleza del tema planteado.

Conocimiento conceptual: es la fundamentación teórica generada por la actividad cognitiva que implica el ejercicio propio de las matemáticas.

Conocimiento procedimental: tiene por finalidad la representación de los conceptos por medio de las técnicas y estrategias de la resolución matemática.

Para Vivas-García (2017), el currículo debe facilitar el desarrollo de la capacidad del estudiante para expresar e interpretar lo que ya conoce y avanzar en el proceso cognitivo con nuevos razonamientos. Las estrategias didácticas y pedagógicas deben fomentar la identificación de elementos matemáticos, precisar los procedimientos, interpretar expresiones matemáticas, codificar símbolos y trasladar la información de un objeto matemático a otro. Esto permitirá al estudiante abordar el problema desde diferentes perspectivas y lograr la flexibilidad de pensamiento, argumentar procedimientos, representar datos y plantear una sucesión de operaciones mediante procedimientos que conduzcan al cálculo, la comparación y la resolución.

La relación de ciertas competencias se vuelve recurrente debido a la propia naturaleza de las matemáticas. El razonamiento, la resolución de problemas y la modelación matemática, entre otras, son constantes en esta disciplina. Sin embargo, Alsina (2004), quien ha sido seleccionado

como referente para abordar el concepto de competencias matemáticas en este estudio, ve en el desarrollo competencial de esta ciencia exacta la oportunidad para que los estudiantes adquieran conciencia de su conocimiento al aplicar las matemáticas a situaciones de la vida real. Así mismo, destaca que las matemáticas están presentes en todas las esferas de la vida humana y que este conocimiento se puede adquirir de manera colectiva y configurarse de diferentes formas para su aprendizaje. Alsina (2004) ve como indispensable que la enseñanza incorpore material tangible que aborde situaciones cotidianas. Además, enfatiza que debe ser el estudiante quien elija los recursos adecuados para resolver problemas y articular el proceso completo, desde el inicio hasta el final, dentro de los marcos temporales y físicos establecidos por el docente.

Según Alsina (2019), el aprendizaje de las matemáticas se desarrolla en tres fases. La primera fase se refiere a la enseñanza en contextos informales, donde el contenido matemático se promueve desde el entorno propio de los niños y niñas, con situaciones que ellos experimentan a diario para mantener su interés, comprender la utilidad de los conceptos matemáticos y desarrollar la creatividad. En este nivel, es fundamental el aspecto lúdico y el uso de material concreto para facilitar la comprensión de aspectos matemáticos abstractos. La segunda fase es la enseñanza en contextos intermedios, donde se emplean recursos adicionales que actúan como puente entre la realidad del estudiante y el conocimiento matemático. Por ejemplo, se utilizan recursos literarios como cuentos impresos y elementos tecnológicos como robots o programas que son útiles para analizar y comprender el conocimiento matemático. Por último, se encuentra la enseñanza en contextos formales, donde el aprendizaje de lo concreto a lo simbólico se realiza a través de procesos convencionales. Esta etapa requiere un nivel de madurez cognitiva que se adquiere durante los cursos de primaria.

El autor relaciona estrategias para el desarrollo de habilidades y de sus planteamientos se seleccionan dos competencias que se vinculan con los propósitos del presente proyecto, la primera de ellas tiene que ver la resolución de problemas, relacionada con la importancia de desarrollar en los estudiantes la destreza para que resuelvan situaciones matemáticas de la vida real donde pondrán en escena conocimientos que les permita encontrar la solución. Esta competencia requiere además un plan estratégico que le permita al niño observar, manipular

material concreto, debatir entre pares y llegar a conclusiones, para ello, la competencia se abordará bajo estos dos indicadores:

Comprender el problema: este aspecto implica al estudiante entender qué se pide en el problema, saber con cuáles datos dispone, qué información necesita y si es preciso recurrir a material concreto, realizar representaciones gráficas o algorítmicas para comprender con mayor claridad el planteamiento.

Selección y aplicación de estrategias: tiene que ver con la capacidad del estudiante para elegir y aplicar adecuadamente métodos o técnicas que le permitan resolver problemas matemáticos y así encontrar una respuesta correcta de manera eficaz, para lograrlo es necesario utilizar modelos matemáticos, elaborar conjeturas y hacer uso de diferentes representaciones (gráficas, algebraicas, numéricas).

En conclusión, el desarrollo de las competencias en ciencia, tecnología e informática se apoya en las situaciones y problemáticas del contexto. Solo así los aprendizajes adquieren sentido para los estudiantes, quienes no solo desarrollan habilidades para sí mismos, sino que también en beneficio de su comunidad. Además, es importante responder a los requisitos de la sociedad actual y ampliar su campo de acción laboral y social. Por tanto, es imprescindible promover su desarrollo y encontrar recursos y estrategias que permitan al colectivo docente encontrar caminos efectivos en su práctica.

### ***2.2.5. STEM como herramienta para los procesos de enseñanza aprendizaje***

El acrónimo STEM (*Science, Technology, Engineering y Mathematics*) tiene sus orígenes en los años noventa por The National Science Foundation en Estados Unidos (Sanders, 2008); esta estrategia, impulsada por el sector político y empresarial, busca promover las carreras profesionales en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas. La motivación detrás de esta iniciativa es la necesidad de avanzar y sostener el liderazgo económico (Bybee, 2015). Esta visión permeó el sistema educativo y hoy en día STEM es una herramienta reconocida a nivel mundial con una propuesta diferente para la enseñanza. Para este estudio, se consideran las posturas de académicos que conciben la educación STEM más allá del ámbito productivo y

económico, y la vinculan con aspectos pedagógicos y didácticos para fortalecer el proceso de enseñanza-aprendizaje en distintos niveles educativos.

Dentro de las diferentes concepciones, Bybee (2015) se refiere a la educación STEM como una alfabetización dirigida al aprendizaje, al desarrollo de habilidades y a la disposición por parte del estudiante para reconocer interrogantes y problemáticas de la vida diaria, interpretar el contexto que lo rodea y crear posturas en función de la experiencia vivida en las áreas STEM. Según el autor, la interpretación de los elementos y planteamientos de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas influyen en la forma en que se concibe el conocimiento y se construye la ciudadanía a través de la reflexión y el análisis.

Según Johnson et al. (2021), STEM se define como el proceso de enseñanza y aprendizaje de temas y ejercicios relacionados con las ciencias o las matemáticas, que encuentran en el diseño de ingeniería y tecnología los ejes transversales para establecer conexiones. Aquí se menciona uno de los elementos principales de la educación STEM: la interdisciplinariedad, donde los límites de las cuatro áreas se entrelazan con intención para presentar el conocimiento como un todo. STEM no se limita solo a las tres disciplinas, sino que se integra con las demás asignaturas del currículo, lo que permite una integración e interdisciplinariedad mucho más amplia. Esto implica un trabajo colaborativo entre el equipo docente, quienes deben compartir su conocimiento disciplinar y experiencia para lograr los resultados esperados (Botero, 2018).

Para Botero (2018), STEM representa un cambio en la forma de concebir la educación, la formación, el aprendizaje y la enseñanza de contenidos para niños y jóvenes en correspondencia con las demandas del siglo XXI. En este sentido, la educación STEM tiene tres grandes propósitos. El primero se refiere a la formación en las tres áreas, para que aquellos que experimenten este proceso de preparación puedan desenvolverse de manera efectiva cuando se les exija poner en práctica sus habilidades, conocimientos y destrezas. El segundo objetivo se relaciona con la sociedad en términos de acceso y formación en temas tecnológicos, manejo de información y la posibilidad de conocer nuevas alternativas para crear y comunicar ideas y contenidos. Esto conduce a un cambio de paradigma, ya que este conocimiento ha sido dominio de un grupo limitado de profesionales, pero se puede brindar la oportunidad de promover estos saberes desde los primeros grados de la escolaridad. El tercer objetivo propuesto por STEM se

relaciona con la innovación, el emprendimiento y la apertura de nuevos caminos para lograr una mayor participación femenina en carreras técnicas.

Después de exponer las tres concepciones anteriores, se incluye la de Vásquez et al. (2013), cuya definición es la que selecciona en el presente estudio la educación STEM que se define de la siguiente manera: “La educación STEM es un enfoque interdisciplinario del aprendizaje que elimina las barreras tradicionales entre las cuatro disciplinas (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) y las conecta con el mundo real a través de experiencias rigurosas y relevantes para los estudiantes” (p. 4).

Es importante comprender cómo la educación STEM propone la práctica pedagógica. Según Bybee (2015), la premisa principal es brindar a los niños situaciones significativas de la vida cotidiana que requieran la aplicación de conocimientos y habilidades. Durante este proceso, es fundamental la interacción entre los estudiantes y el docente, quien debe utilizar diversos recursos tecnológicos, escenarios disponibles en la institución como laboratorios, y otras estrategias didácticas coherentes con las políticas y propósitos de la educación STEM. Según el autor, el trabajo con STEM se relaciona con la forma de integrar las disciplinas. Por lo tanto, se puede comenzar combinando dos disciplinas para luego abarcar tres o las cuatro disciplinas e integrarlas a través de cursos, lecciones o unidades.

Durante el desarrollo de la estrategia, las cuatro áreas deben tener el mismo protagonismo. Sin embargo, la ingeniería desempeña un papel fundamental que atraviesa todo el proceso. Los estudiantes tienen la oportunidad de diseñar, crear y elaborar desde la perspectiva de un ingeniero. Llevar la educación STEM al aula requiere que el docente planifique sus clases de manera minuciosa para que las condiciones surjan de manera intencionada y le permitan realizar una buena integración disciplinaria, crear situaciones y preguntas desafiantes, guiar a los estudiantes hacia el descubrimiento, la imaginación, la creación, la mejora de lo elaborado y el trabajo en equipo (Botero, 2018).

Uno de los principales propósitos de STEM está relacionado con el perfil del ciudadano, quien debe ser autónomo, crítico, tener un alto nivel de análisis al tomar decisiones y llegar a procesos de pensamiento complejo. También debe ser consciente de que sus acciones tienen

consecuencias no solo a nivel individual, sino también colectivo. Por lo tanto, debe hacer un uso racional de los recursos disponibles, pensar en la conservación y protección de la humanidad, y trabajar hacia una mejora continua de las condiciones de vida, en términos de la preservación del planeta, la forma de comunicarse, evolucionar y concebir el mundo (Johnson et al., 2021).

Para la enseñanza en el aula, la ruta que proponen estos tres académicos contempla seis aspectos claves relacionados con:

La creación de ambientes y escenarios que le sean significativos a los estudiantes, les llame la atención y les permita mantener el interés a lo largo del proceso.

La vinculación de actividades para el desarrollo de habilidades de pensamiento de orden superior y los ejercicios relacionados con el diseño y la ingeniería.

La importancia de aprender de los errores y de replantear el diseño como elemento básico del pensamiento de ingeniería.

Ver los problemas de manera holística, lo que implica involucrar otras áreas distintas a las que comprende STEM.

Los temas deben girar en función de los estudiantes, quienes deben dominar los conceptos y ser rigurosos con el dominio de los mismos.

El trabajo en equipo debe ser constante, y la comunicación asertiva, cuyo discurso debe enfocarse en los avances en lugar de las dificultades de los estudiantes. Por lo tanto, es necesario brindar opciones para que los estudiantes puedan demostrar lo que aprendieron y avancen en el proceso.

Para llevar la educación STEM a la práctica, existen diferentes enfoques. Según Botero (2018), la forma más efectiva de hacerlo es a través de la implementación del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), el Aprendizaje Basado en Lecciones (ABL) o mediante el desarrollo de unidades. En este estudio, se ha elegido el ABP como la herramienta para implementar STEM en el aula multigrado. Esto permitirá desarrollar de manera organizada las actividades programadas, seleccionar recursos del entorno, establecer tiempos y concluir con la creación de un producto concreto relacionado con la temática del proyecto.

Junto con los procesos de enseñanza con STEM, también está la evaluación. Johnson et al. (2021) mencionan que evaluar niveles cognitivos básicos suele ser sencillo, pero cuando se busca evaluar niveles avanzados de la taxonomía cognitiva, se requieren preguntas de selección múltiple y otros recursos que tengan como principio la objetividad. Para valorar el desempeño, las evaluaciones de desempeño pueden ser una buena alternativa. La evaluación que se propone está enfocada en el proceso y desarrollo cognitivo que el educando manifiesta a lo largo de las actividades, por tanto, no hay un único resultado y se requieren de descriptores completos y rigurosos que arrojen información precisa y de calidad que permita seguir fortaleciendo el proceso pedagógico y didáctico que desarrolla el docente.

Además de recabar información sobre el progreso cognitivo de los estudiantes, es crucial que el educador recoja también las opiniones y actitudes de los niños respecto a su experiencia en la educación STEM. Esto abarca la utilidad y relevancia de los materiales empleados, las estrategias adoptadas para resolver problemas, el tiempo dedicado a cada actividad, la colaboración en equipo y el grado de cumplimiento de los objetivos. Tal enfoque facilitará la creación de un ambiente reflexivo y consciente donde todos los involucrados puedan identificar y aplicar mejoras al proceso educativo.

Botero (2018) resalta la necesidad de establecer objetivos de aprendizaje claros que concuerden con los lineamientos curriculares, los estándares sugeridos y las evaluaciones estandarizadas. El proceso evaluativo se divide en tres fases: inicialmente, se realiza una evaluación diagnóstica para determinar un punto de partida; a continuación, se procede con el desarrollo del proyecto; y finalmente, se efectúa una evaluación final para analizar el proceso completo. Esto implica una apreciación continua del avance mediante evaluaciones formativas y el uso de diversos instrumentos, como listas de verificación, portafolios de evidencia, rúbricas y diarios de campo. La evaluación en la educación STEM cobra importancia porque ofrece a los estudiantes la posibilidad de evidenciar sus aprendizajes y tomar conciencia de la aplicabilidad de estos conocimientos en la resolución de problemas reales o situaciones de la vida diaria.

### **3. Marco metodológico**

#### **3.1. Paradigma positivista**

En el caso de esta investigación, se plantea el uso del paradigma positivista. Según Abero et al. (2015), este paradigma busca identificar las causas de los fenómenos sociales y se centra en los hechos objetivos en lugar de los estados subjetivos de los individuos” (p. 51). En este sentido, el paradigma positivista se relaciona con los objetivos de la investigación, ya que permite generar conocimiento a través de la comparación de dos momentos reales, antes y después, y analizar de manera objetiva los efectos en las competencias científicas, tecnológicas y matemáticas de los niños y niñas de primero a quinto grado en aulas multigrado durante el desarrollo de la propuesta pedagógica en Educación STEM.

Según lo planteado por Abero et al. (2015), cuando se hace referencia al paradigma positivista, se debe tomar en cuenta la realidad, por tanto, se tendrán presentes los contextos multigrado y los procesos didácticos y pedagógicos que se experimentan en la vida cotidiana. A través de la propuesta pedagógica que se pretende implementar con la educación STEM, se abren nuevas posibilidades para obtener información y datos que permitan responder a las preguntas e hipótesis de la investigación. Para lograrlo, se contrastará la información obtenida al inicio y al final de la investigación mediante la medición y la observación de cada participante respecto a su progreso con las competencias propuestas.

#### **3.2. Enfoque**

El presente estudio se desarrolló bajo un enfoque de investigación mixto con diseño incrustado (embedded design), el cual, de acuerdo con Hernández Sampieri et al. (2014), es un enfoque que integra técnicas, procedimientos e instrumentos cuantitativos y cualitativos dentro de un mismo estudio, con el propósito de obtener una comprensión más amplia y complementaria del fenómeno investigado, de manera que uno de los dos enfoques integrados adquiere un papel predominante, mientras que el otro se incorpora de manera complementaria para fortalecer, explicar o matizar los resultados principales. En el caso de la presente investigación, el componente cuantitativo ocupó un lugar central, dado que el propósito principal fue medir los cambios en las competencias científicas, tecnológicas y matemáticas antes y después de la

intervención pedagógica en Educación STEM, mediante la aplicación de instrumentos estandarizados. En la siguiente tabla se presenta la estructura del diseño incrustado pretendido en esta investigación.

**Tabla 3**

*Componentes del diseño mixto incrustado*

<b>Componente</b>	<b>Descripción</b>	<b>Instrumentos</b>	<b>Propósitos específicos</b>
<b>1. Componente cuantitativo predominante</b>	Se expresa en la aplicación del <b>pre-test</b> y el <b>post-test</b> , conformados por tres pruebas (Ciencias, Matemáticas y Tecnología). Aporta datos numéricos susceptibles de análisis estadístico y constituye la base del diseño.	- Prueba diagnóstica inicial (pre-test)- Prueba final (post-test)	- Caracterizar el estado inicial (Objetivo 1) - Medir el estado final (Objetivo 3) - Comparar grupos experimental y control - Establecer diferencias significativas atribuibles a la intervención
<b>2. Componente cualitativo incrustado</b>	Se integra durante la implementación de la propuesta pedagógica. Registra procesos, comportamientos, verbalizaciones y progresos en el aula multigrado. Complementa y explica los resultados cuantitativos.	- <b>Protocolo de observación- Listas de chequeo por competencias</b>	- Documentar el avance progresivo en ciencias, matemáticas y tecnología durante los tres proyectos STEM - Registrar interacciones, razonamientos, estrategias y dinámicas del aula multigrado
<b>3. Integración de ambos enfoques</b>	Articula la medición objetiva del impacto con la comprensión profunda de los procesos. Permite interpretar cómo y por qué se producen los cambios observados.	- Integración analítica de los resultados cuantitativos y cualitativos	- Medir el impacto de la intervención - Comprender los mecanismos pedagógicos que fortalecen las competencias STEM en el aula multigrado

*Nota.* Elaboración propia.

### 3.3. Diseño

Para este estudio se propuso un diseño cuasi-experimental, en el cual “se manipula al menos una variable independiente para observar su efecto sobre una o más variables dependientes” (Hernández Sampieri et al., 2014, p. 256). Esto implicó la comparación entre dos grupos que fueron, un grupo de muestra y un grupo de control para medir el efecto de una intervención, donde sólo el grupo experimental participa de las estrategias que propone el investigador. Por esta razón, se seleccionaron dos escuelas multigrado de la misma institución educativa que

cuenten cada una con un único docente de primero a quinto grado y con un número similar de estudiantes. De las dos escuelas se eligió una de ellas para que sus niños y niñas conformaran el grupo experimental y participaran en la aplicación del pre-test al inicio de la investigación, luego desarrollaran las actividades planteadas en la propuesta pedagógica en educación STEM para promover competencias científicas, tecnológicas y matemáticas y al finalizar respondieran un test con las mismas que se aplicó al inicio cuyas preguntas guardaban el mismo propósito, pero no eran idénticas. Mientras tanto, los estudiantes de la segunda institución actuaron como el grupo control, por consiguiente, no desarrollaron ninguna actividad asociada a la propuesta pedagógica en educación STEM, su única participación fue durante la aplicación de la prueba al inicio y al final de la intervención.

### **3.4. Alcance**

El alcance del presente estudio se ubicó en el nivel explicativo, dado que pretendió el análisis y la explicación del efecto de una propuesta pedagógica basada en la Educación STEM sobre el desarrollo de las competencias científicas, tecnológicas y matemáticas en los estudiantes de un aula multigrado. Es por esto que no solo se describieron los cambios ocurridos, pues en realidad se examinó en qué medida la intervención produjo o no variaciones significativas entre el estado inicial y final de las competencias de los estudiantes, así como entre el grupo experimental y el grupo control. En consecuencia, en el marco del enfoque mixto con diseño incrustado, el alcance explicativo se apoyó en datos cuantitativos, obtenidos mediante el pre-test y el post-test, los cuales permitieron identificar cambios medibles en el desarrollo de competencias; y datos cualitativos, procedentes del protocolo de observación y de las listas de chequeo, que contribuyeron a comprender los procesos pedagógicos internos que generaron dichos cambios.

Gracias a este alcance fue posible fundamentar causalmente la efectividad de la propuesta en Educación STEM, al tiempo que documentó los mecanismos, interacciones y las dinámicas de aula que explicaron su impacto en el contexto multigrado, de manera que se trascendió la descripción inicial para ofrecer una comprensión integral del fenómeno, desde la integración de mediciones objetivas y del análisis interpretativo que permitió explicar cómo y por qué la

propuesta pedagógica en Educación STEM transformó el desarrollo de las competencias STEM en los estudiantes.

### **3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de la información**

Para la recolección de datos se emplearon técnicas e instrumentos diferenciados de acuerdo con cada uno de los objetivos específicos de la investigación, para garantizar la coherencia entre el propósito evaluativo y la naturaleza del instrumento utilizado. En consecuencia, para el primer objetivo se utilizó un cuestionario tipo prueba pre-test, que corresponde con la técnica de encuesta. Según Hernández Sampieri et al. (2014), la encuesta es un procedimiento que permite obtener información directa, precisa y cuantificable sobre variables específicas de una población. Para este estudio, el instrumento asociado fue un cuestionario estructurado en tres pruebas escritas, de 25 preguntas cada una, con 5 preguntas cada grado y por cada área de Matemáticas, Ciencias y Tecnología (lo que significa que cada estudiante diligenciará 15 preguntas), cada una abordada desde las dimensiones conceptual y procedimental, con quince preguntas diseñadas según el grado de escolaridad de los estudiantes, que se aplicaron únicamente para el primer objetivo, con el fin de caracterizar el estado inicial de las competencias científicas, tecnológicas y matemáticas del grupo experimental y el grupo control.

Respecto al segundo objetivo se utilizaron como técnicas la observación participante y la observación sistemática, cuyos instrumentos fueron el protocolo de observación y las listas de chequeo para el seguimiento de competencias, es decir, instrumentos cualitativos y de seguimiento, coherentes con la naturaleza procesual del objetivo. Por su parte, el protocolo de observación permitió registrar de manera sistemática lo ocurrido durante las 24 sesiones de trabajo distribuidas en tres proyectos, mientras que, las listas de chequeo se diseñaron específicamente para documentar el avance de cada estudiante durante el desarrollo de los tres proyectos, no para evaluar estado inicial ni final, su propósito fue acompañar y evidenciar el desarrollo de las competencias durante la intervención, el instrumento presenta en su estructura cuatro niveles de desempeño de 0.0 a 5.0, y un espacio para la descripción cualitativa de cómo cada estudiante evidenció su rendimiento.

Por último, para el tercer objetivo, se utilizó la técnica de encuesta con un cuestionario tipo prueba escrita post-test, de modo que fuera posible comparar las competencias al finalizar la intervención, desde el contraste del estado inicial y final de los estudiantes para establecer las diferencias entre el grupo experimental y el control, de modo que se aplicaron nuevamente las tres pruebas escritas, una para cada área: Ciencias, Matemáticas y Tecnología, con idéntica estructura, número de preguntas y criterios pero con planteamientos diferentes. En la siguiente tabla se sintetiza la correspondencia de instrumentos con los objetivos de investigación.

**Tabla 4**

*Resumen estructural de los instrumentos según los objetivos*

Objetivo	Técnica	Instrumento	Propósito
Objetivo 1: Caracterizar estado inicial	Encuesta	Pre-test (3 pruebas)	Diagnóstico de competencias antes de la propuesta
Objetivo 2: Describir el desarrollo durante la intervención.	Observación participante + Observación sistemática	Protocolo de observación + Listas de chequeo	Registrar avances, desempeños y procesos durante los 3 proyectos
Objetivo 3: Comparar grupos al final	Encuesta	Post-test (las mismas 3 pruebas)	Determinar diferencias después de la intervención

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 5**

*Matriz de variables y dimensiones para la construcción de instrumentos.*

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	VARIABLES	DIMENSIONES	NIVELES DE DESEMPEÑO	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
1. Caracterizar el estado inicial de las competencias científicas, tecnológicas y matemáticas en estudiantes de dos sedes rurales, grupo experimental y control, de acuerdo con sus grados escolares, antes de la	1. Competencias Científicas	1. Investigación científica: identificación de problemas, desarrollo de experimentos e interpretación de resultados	-Desempeño Satisfactorio (5.0) -Desempeño Alto (4.0) - Desempeño Básico (3.0) - Desempeño Bajo (0.0 a 2.0)	Técnica: La encuesta Instrumento: Cuestionario (pre-test y post-test para primer grado, segundo-tercero y cuarto-quinto de primaria)
	2. Competencias tecnológicas	1. Transferencia de saberes tecnológicos en la solución de problemas: reconoce artefactos tecnológicos que facilitan las actividades de la vida cotidiana, elabora prototipos y dispositivos.		
	3. Competencias matemáticas	1. Resolución de problemas: comprender el		

implementación de una propuesta pedagógica en Educación STEM.	problema, saber con cuáles datos dispone, identificar la información que necesita, saber cómo resolver el ejercicio y obtener el resultado correcto.			
. Describir el desarrollo de las competencias científicas, tecnológicas y matemáticas, del grupo de estudiantes muestra, a partir del diseño e implementación de una propuesta pedagógica en Educación STEM.	1. Competencias Científicas	1. Investigación científica: identificación de problemas, desarrollo de experimentos e interpretación de resultados	-Desempeño Satisfactorio (5.0) -Desempeño Alto (4.0) - Desempeño Básico (3.0) - Desempeño Bajo (0.0 a 2.0)	Técnica: Observación participante Instrumento: Lista de chequeo para primer grado, segundo-tercero y cuarto-quinto de primaria
	2. Competencias tecnológicas	1. Transferencia de saberes tecnológicos en la solución de problemas: reconoce artefactos tecnológicos que facilitan las actividades de la vida cotidiana, elabora prototipos y dispositivos.		Técnica: Observación Instrumento: protocolo de observación
	4. Competencias matemáticas	1. Resolución de problemas: comprender el problema, selección de la estrategia y aplicación de la estrategia.		

3. Establecer las diferencias en el desarrollo de las competencias científicas, tecnológicas y matemáticas entre los estudiantes del grupo experimental y el grupo control después de la implementación de una propuesta pedagógica en Educación STEM.	1. Competencias Científicas	1. Investigación científica: identificación de problemas, desarrollo de experimentos e interpretación de resultados	Desempeño Satisfactorio (5.0) -Desempeño Alto (4.0) - Desempeño Básico (3.0) - Desempeño Bajo (0.0 a 2.0)	Técnica: La encuesta Instrumento: Cuestionario (pre test y post test para primer grado, segundo-tercero y cuarto-quinto de primaria)
	2. Competencias tecnológicas	1. Transferencia de saberes tecnológicos en la solución de problemas: reconoce artefactos tecnológicos que facilitan las actividades de la vida cotidiana, elabora prototipos y dispositivos.		
	3. Competencias matemáticas	1. Resolución de problemas: comprender el problema, selección de la estrategia y aplicación de la estrategia.		

*Nota.* Elaboración propia.

### 3.6 Población y muestra

La investigación se llevó a cabo en una institución educativa oficial del sector rural del municipio de Lebrija Santander, se consideró relevante realizar el estudio en dicha localidad debido a la alta presencia de planteles educativos en la zona rural bajo la organización del aula multigrado, la ausencia de estudios que ofrezcan información acerca de propuestas para el desarrollo de competencias científicas, tecnológicas y matemáticas, además de la facilidad para obtener los permisos necesarios para el acceso a datos y a los grupos de estudiantes que participarán en el proceso. El establecimiento educativo donde se desarrolló el estudio es la Institución Educativa Llanadas con una población estudiantil de estratos 1, 2 y 3 cuyos padres se dedican a la agricultura, avicultura y administración de fincas. La matrícula para el presente año 2024 es de 680 estudiantes, sin embargo, el número de estudiantes podía variar según al momento de iniciar la investigación, el establecimiento educativo cuenta con 12 sedes de las cuales, dos de ellas fueron seleccionadas, una como grupo experimental, cuyos estudiantes de primero a quinto grado participaron de la aplicación de un pre test y post test que dio cuenta del

nivel en las competencias científicas, tecnológicas y matemáticas, mientras que los estudiantes de la segunda sede conformaron el grupo control, el cual, participó sólo en la aplicación del mismo pre-test y post-test que presentó el grupo experimental, con la intención de identificar los cambios que pudieran presentarse en sus competencias los estudiantes que hicieron parte de la estrategia.

Como criterios de inclusión se planteó que ambas sedes deben correspondieran a la modalidad de organización multigrado con niños y niñas matriculados de primero a quinto grado con un único docente, el número en cada sede debió ser mayor a siete participantes y en lo posible debía contar con la misma cantidad de estudiantes, como último criterio, cada niño o niña debía contar con el consentimiento informado por escrito de sus padres de familia o tutores legales y el asentimiento informado del mismo estudiante (ver Anexo M). Se seleccionaron dos sedes de la misma institución ya que contaban con el mismo plan curricular, la misma estructura y planificación del plan de aula e igual programación en las actividades institucionales y curriculares. La composición del grupo de estudiantes que participaron en la investigación se detalla en la siguiente tabla.

**Tabla 6.**

Estudiantes participantes en la investigación

Institución Educativa Llanadas	Cantidad de estudiantes	Estudiante por grado	Rango de edades
Sede Santa Rosa	11 estudiantes	Dos estudiantes de grado primero, tres estudiantes grado segundo, una estudiante de grado tercero, dos estudiantes de grado cuarto y tres de grado quinto.	De 6 a 11 años
Sede Santero	11 estudiantes	Dos estudiantes de grado primero, tres estudiantes grado segundo, una estudiante de grado tercero, dos estudiantes de grado cuarto y tres de grado quinto.	De 6 a 11 años

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 7**  
*Cronograma*

ACTIVIDAD	SEMESTRE 2024 -1	SEMESTRE 2024 -2	SEMESTRE 2025 -1 Y 2
Presentación de la candidatura		X	
Diseño de instrumentos	X	X	
Diseño de la propuesta pedagógica		X	
Aplicación de pre-test			X
Implementación propuesta			X
Aplicación pos-test			X
Análisis de resultados			X
Escritura informe final			X
Presentación de la investigación			X

*Nota.* Elaboración propia.

#### 4. Consideraciones éticas

Como principal aspecto se tuvo presente la rigurosidad ética que implica involucrar a menores de edad dentro de los procesos investigativos, por lo que se evitó generar cualquier situación o circunstancia que afectara la integridad física y moral del estudiante, en procura que todo accionar del investigador fuera coherente con los principios bioéticos con los que disponen los códigos, declaraciones e informes internacionales y la normatividad colombiana tales como la Resolución 008430 de 1993 y el Resolución 2378 del 2008 para que se generaren los tiempos, espacios y las condiciones apropiadas que garanticen la seguridad de los grupos que participen de las actividades. Por tanto, a continuación, se describe cómo se vieron reflejados los principios de beneficencia, no maleficencia, respeto, autonomía y justicia durante el desarrollo de la investigación.

El desarrollo de la propuesta presentó el potencial de generar resultados positivos y valiosos para los estudiantes del grupo experimental, quienes tuvieron la oportunidad participar de una estrategia innovadora, contextualizada y con material concreto que les brindó la posibilidad de desarrollar competencias científicas, tecnológicas y matemáticas, lo que condujo a un mejor desempeño en dichas áreas. De igual manera el principio de beneficencia se vio reflejado en la institución educativa al contar con una experiencia que podría configurarse en una modalidad para abordar la enseñanza en el aula multigrado en torno al desarrollo de competencias mediante una propuesta novedosa, pertinente y a disposición del colectivo docente que desee conocer e

implementar la propuesta pedagógica al finalizar la investigación; para que tales propósitos se pudieran lograr, fue necesario contar con la autorización de las directivas de la institución, de la docente de la sede del grupo control, de los padres de familia o tutor legal y de los niños y niñas que participaron en la investigación, a quienes se les dieron a conocer los objetivos, los tiempos y los espacios para el desarrollo de los talleres.

De acuerdo a la Resolución 008430 de 1993 el riesgo que representó el desarrollo de la propuesta pedagógica en educación STEM para los niños y niñas del grupo experimental y al grupo control se clasificó dentro del riesgo mínimo ya que la investigación no intervino en aspectos físicos, legales, económicos o sociales de los estudiantes. Se contempló aplicar un test antes y después de su participación en los proyectos, sin embargo, el grupo experimental tuvo mayor protagonismo al participar en el desarrollo de todas las actividades que se propusieron con el objetivo de promover las competencias, donde sólo se involucraron aspectos didácticos en el entorno escolar que fueron dirigidas únicamente por la investigadora, quien tuvo especial cuidado en no exponer a los estudiantes a materiales o sustancias que representaran algún tipo de amenaza, también dio especial tratamiento para proteger los datos personales de los niños y niñas y a los resultados que obtuvieran de las pruebas, así como de no utilizar expresiones o comentarios que pudieran provocar malestar e indisposición entre los participantes, ni solicitar algún tipo de contribución económica para hacer parte de la experiencia o la adquisición de los materiales que se utilizaron en el aula.

Para complementar el principio de no maleficencia, la propuesta investigativa pretendió brindar mayores beneficios que riesgos, ya que todas las actividades estuvieron dirigidas al desarrollo de aprendizajes y habilidades que contemplados en los referentes del MEN, de la mano con la mayoría de los aprendizajes incluidos en el plan de área institucional para las áreas de Ciencias Naturales, Tecnología y Matemáticas; además, les permitió a los estudiantes vivir otra dinámica distinta a lo que tradicionalmente viven en el aula, poner a prueba su creatividad y gestionar situaciones relacionadas con la frustración y la tolerancia.

Para dar lugar al principio de respeto y autonomía, fue necesario el uso del consentimiento informado por escrito para los padres de familia o tutores legales y el asentimiento informado para los estudiantes, quienes tomaron la decisión de firmar una durante la reunión convocada por

la investigadora en las dos sedes educativas donde se dieron a conocer de manera clara y detallada todo lo concerniente al ejercicio investigativo en el que participaron los estudiantes. La información proporcionada en dichos documentos incluía los datos generales de la investigación, las bondades que implicaba participar en el desarrollo de los proyectos, los objetivos que se pretendían alcanzar; se explicó cómo y en qué actividades debían participar, la duración y cómo se conjugó la propuesta con el horario de clases, también se incluyeron los riesgos, los beneficios, la opción de desistir cuando el padre familia, el tutor legal o el estudiante lo deseara, la confidencialidad y privacidad que se brindó a los datos que se obtuvieron, además del compromiso del investigador de brindar información oportuna y actualizada de las novedades o cambios que surgieran en el transcurso del estudio.

Para abordar el principio de justicia en la propuesta doctoral, se planificó involucrar a estudiantes de educación básica primaria del sector rural, quienes se encontraban en aulas multigrado. Estos estudiantes, con edades entre 6 y 11 años, provenían de familias de bajos recursos dedicadas principalmente a la agricultura, la avicultura y el cuidado de fincas. Esta comunidad estudiantil se relacionó directamente con el objeto de estudio propuesto, lo que permitió desarrollar proyectos en torno a una propuesta pedagógica en Educación STEM, con el objetivo de fomentar las competencias científicas, tecnológicas y matemáticas.

La selección del grupo experimental obedeció a ciertos criterios, el primero de ellos: que debía ser una escuela multigrado de la zona rural del municipio de Lebrija, en segundo lugar, debía contar con grupos de primero a quinto grado con un único docente y con una matrícula que superara los ocho estudiantes incluidos niños y niñas. En cuanto a la selección del grupo control, se tomó de una de las sedes de la misma institución educativa, las características de dicho grupo debieron ser idénticas o muy similares a las del grupo experimental para que fueran equitativas las condiciones y no se vieran afectados los resultados. El grupo experimental obtuvo mayores beneficios en comparación con el grupo control, ya que el primero participó de todas las actividades que se diseñaron, mientras que el grupo control solo tuvo acceso a un taller una vez se finalizó el ejercicio investigativo.

Lo anterior, en virtud de que a elaboración de los informes finales de investigaciones con niños y niñas requiere sensibilidad, ética y consideración especial. Es esencial comunicarles a

ellos y a sus padres o tutores legales los resultados de manera clara, accesible y de fácil comprensión. Así, una vez se analizó toda la información que se recopiló a lo largo del proceso se procedió realizar para cada estudiante un informe cualitativo y cuantitativo de su desempeño a lo largo de la investigación y los resultados que obtuvo al finalizar, y se dejó claro a sus tutores legales que los resultados fueron registrados en un documento final objeto de lectura y de análisis de académicos y de otros actores interesados en conocer la investigación.

## **6.2. Propuesta de intervención: Desarrollo de las competencias científicas, tecnológicas y matemáticas del grupo de estudiantes muestra, a partir del diseño e implementación de una propuesta pedagógica en Educación STEM.**

El diagnóstico realizado evidenció limitaciones significativas en el desarrollo de competencias matemáticas, científicas y tecnológicas, en las dimensiones conceptual y procedimental, que se resumen en una comprensión limitada de conceptos y un débil dominio de procesos. Para abordar estas falencias, se planteó una propuesta desde el enfoque STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics), que promueve la integración disciplinar para enfrentar problemas del mundo real mediante la indagación, la experimentación, el diseño de soluciones y el trabajo colaborativo, sustentada en preceptos relevantes como el de Bybee (2015), quien define el enfoque STEM como una respuesta educativa a los desafíos educativos actuales que debe fomentar la transferencia de conocimientos en contextos auténticos; Honey, Pearson y Schweingruber (2014), quienes destacan que el pensamiento ingenieril es esencial para construir una ciudadanía crítica, creativa y orientada a la solución de problemas, y a Dewey (2007) y Kolb (2015), cuyas ideas sobre el aprendizaje experiencial sustentan la necesidad de que los estudiantes participen activamente en el diseño, experimentación y mejora de sus propias soluciones tecnológicas. A continuación, se presenta la propuesta pedagógica en Educación STEM y se describe el desarrollo de las competencias científicas, tecnológicas y matemáticas del grupo de estudiantes muestra, a partir de su implementación, tal como lo dispone el segundo objetivo. Para ello se disponen dos tablas. La primera describe aspectos generales que conforman los tres proyectos, y la segunda describe el diseño propiamente dicho de la propuesta.

**Tabla 8***Liderazgo disciplinar*

<b>Aspecto</b>	<b>Situación 1 (Molino)</b>	<b>Situación 2 (polinizador)</b>	<b>Situación 3 (polea)</b>
<b>Asignatura líder</b>	Tecnología	Ciencias Naturales	Tecnología
<b>Problema</b>	Extraer agua del pozo	Escases de polinizadores	Transporte de cargas pesadas.
<b>Tema central</b>	Energía eólica	Polinización	Máquinas simples (polea)
<b>Énfasis</b>	Transformación energética	Comprensión ecológica	Capacidad de carga

*Nota.* Elaboración propia.

Tabla 9

*Propuesta de intervención*

<b>Elemento</b>	<b>Descripción</b>
<b>Título del proyecto</b>	Propuesta pedagógica en Educación STEM para fortalecer competencias en ciencias, tecnología y matemáticas en aulas multigrado.
<b>Objetivo general</b>	Fortalecer las competencias científicas, tecnológicas y matemáticas en sus dimensiones conceptual, procedimental y actitudinal mediante el proceso de diseño en ingeniería contextualizada al aula multigrado.
<b>Número de proyectos</b>	3 proyectos
<b>Duración de cada proyecto</b>	2 semanas (4 sesiones de dos horas por semana para un total de 16 horas por proyecto).
<b>Población</b>	11 estudiantes de aula multigrado de institución pública (grados 1° a 5°), zona rural del municipio de Lebrija.
<b>Responsable de implementación</b>	Docente investigadora
<b>Áreas integradas</b>	Matemáticas – Ciencias – Tecnología
<b>Enfoque metodológico</b>	-Proceso de diseño en ingeniería basado en el modelo de Cunningham (2018). -Educación STEM integrada
<b>Fases del proceso según el proceso de diseño en ingeniería</b>	1. Hacer preguntas 2. Imaginar 3. Diseñar 4. Crear 5. Mejorar
<b>Dimensiones abordadas</b>	- Matemáticas procedimental: mediciones, estimaciones, operaciones básicas, conversión de medidas. - Matemáticas conceptual: relaciones numéricas, significado, propiedades, funcionalidad, geometría y sistema de medidas - Matemáticas actitudinal: - Ciencias procedimental: aplicación del método científico: observación, planteamiento de preguntas, formulación de hipótesis, experimentación, registro y análisis de datos. Uso adecuado de los materiales, - Ciencias conceptual: planteamiento de preguntas, noción de experimento, uso de materiales, formulación de hipótesis, comprensión de variables, explicación de fenómenos naturales. - Ciencias actitudinal: - Tecnología procedimental: planeación, selección adecuada de materiales, elaboración de diseño, construcción del prototipo, prueba y mejora del prototipo.

	- Tecnología conceptual: porqué la necesidad de la elaboración de un diseño, efectividad del prototipo como solución a una situación, función de los materiales, objetivo del momento de la prueba, idea de efectividad -Tecnología actitudinal:				
<b>Evaluación</b>	Durante el desarrollo de las guías, desarrollo de la ficha de trabajo individual y actividades en cada paso de la propuesta				
<b>Producto final esperado</b>	-Prototipo diseñado y construido por los estudiantes para resolver una problemática del contexto. -Guía desarrollada				
<b>Diseño de las sesiones</b>	<b>Sesión</b>	<b>Actividades de la sesión</b>	<b>Participación</b>	<b>Competencias a trabajar</b>	<b>Evidencias esperadas</b>
	PASO 1: Hacer preguntas  Sesión 1	-Comprensión de la situación problema. Se direcciona la situación para que se pueda llegar a la posible solución dejando claro en producto que van a presentar.  -Presentación de los pasos que se van a llevar a cabo, (hacer preguntas, imaginar, diseñar, crear y mejorar).  -Formulación inicial de todas las preguntas que puedan expresar los estudiantes relacionadas con lo abordado anteriormente.  -Reformulación de preguntas y unificación de las mismas, clasificación de preguntas abiertas y cerradas, selección de las tres preguntas principales y explicación del porqué. -Los estudiantes realizan una descripción general del problema para que el docente pueda identificar qué tan profundo comprendieron la situación. -Preguntar de manera constante en cuál paso se encuentran.	Plenaria  Plenaria  Individual  En equipo	Ciencias procedimental actitudinal y actitudinal (identificación del problema, planteamiento de preguntas)  Tecnología conceptual, procedimental y actitudinal (Identificación del problema, concepción de prototipo)	Ficha de registro de la descripción del problema  -Preguntas propuestas de manera individual  -Preguntas definidas de manera colectiva



		<ul style="list-style-type: none"> <li>-Realizan una lista de especificaciones tales como, las dimensiones, los materiales con los que se va a construir, la cantidad de material.</li> <li>-Instrucción de cómo el funcionamiento de las partes del diseño puede dar respuesta a la pregunta esencial.</li> </ul>	Equipo  equipo	<p>procedimental y actitudinal Ciencias conceptual, procedimental y actitudinal.</p> <p>Matemáticas conceptual, procedimental y actitudinal</p>	
	<b>PASO 4: CREAR Sesión 7</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Definición de los roles que va a desempeñar cada integrante del equipo</li> <li>-Reconocimiento de los materiales que se van a utilizar.</li> <li>-Construcción del prototipo según el diseño aplicando aprendizajes de matemáticas, ciencias y tecnología</li> <li>-Se pone a prueba el prototipo para verificar su funcionalidad</li> </ul>	equipo	<p>Ciencias conceptual, procedimental y actitudinal.</p> <p>Matemáticas conceptual, procedimental y actitudinal</p> <p>Tecnología conceptual, procedimental y actitudinal</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cálculos registrados, hojas con medidas y estimaciones.</li> <li>-Prototipo elaborado</li> <li>-Registros de lo ocurrido durante la prueba con análisis de resultados</li> </ul>
	<b>PASO 5: PROPONER MEJORAS  Sesión 8</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Se vuelve a pasos anteriores para rectificar y consolidar aspectos que permitan mejorar el prototipo.</li> <li>-Se refuerzan aprendizajes.</li> <li>-Se proponen y se llevan a cabo las mejoras.</li> <li>-Se registra en la guía el porqué de los cambios.</li> <li>-Se realizan las mejoras en el prototipo</li> </ul>		<p>Ciencias conceptual, procedimental y actitudinal.</p> <p>Matemáticas conceptual, procedimental y actitudinal</p> <p>Tecnología conceptual, procedimental y actitudinal</p>	<p>Tablas de análisis, gráficas simples, explicación oral.</p> <p>Segunda versión del prototipo, justificación de cambios.</p> <p>Presentación final, coevaluación, reflexión escrita.</p>

*Nota.* Elaboración propia.

La planeación de las actividades que se desarrollaron con los estudiantes se encuentra en el link de los anexo 27, 28 y 29. La propuesta de intervención corresponde al proceso de diseño en ingeniería ideado por Cunningham (2018) que para la presente investigación se hicieron algunas adaptaciones en correspondencia con las particularidades del aula multigrado con el propósito de hacerla viable y funcional para el desarrollo de competencias científicas, tecnológicas y matemáticas mediante la Educación STEM pero que a la vez guardara coherencia con el diagnóstico inicial aplicado al grupo muestra. La propuesta aborda tres situaciones que mediante el proceso de diseño en ingeniería con sus cinco pasos se desarrolla una serie de actividades que integran las tres áreas del acrónimo STEM para promover las competencias que se propuso vincular la presente investigación.

En primera instancia, es necesario establecer por qué se pensó en una propuesta en Educación STEM basada en el proceso de diseño de ingenierías. Esta decisión se tomó al identificar que en las tendencias 1 y 2 de manera reiterada que las pedagogías activas son especialmente efectivas para el desarrollo de competencias científicas, tecnológicas y matemáticas cuando se trabajan mediante problemas auténticos que vinculan la indagación, el diseño y la elaboración de productos. Bárcena y Martínez-Aznar (2022), Ferro (2018), Rodríguez Mora y Blanco López (2021), García (2022), Chávez (2021), Vargas et al. (2018), Izagirre et al. (2020), entre otros, coinciden en que el uso de metodologías de indagación, aprendizaje basado en problemas y Project Based Learning (PBL) favorece tanto la comprensión conceptual como la mejora de los desempeños procedimentales y el lenguaje científico.

La elección del enfoque de la Educación STEM responde a la concepción de Vásquez et al. (2013), quienes definen la educación STEM como un enfoque interdisciplinario que elimina las barreras entre la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas y las conecta con el mundo real mediante el desarrollo de experiencias rigurosas y relevantes. Asimismo, para el diseño de esta propuesta fue indispensable además de lo ideado por Cunningham (2018) se atendió a la postura de Bybee (2015) quien entiende STEM como la alfabetización para reconocer los problemas de la vida diaria, interpretarlos y tomar decisiones fundamentadas frente a ellos, al igual que la propuesta de Johnson et al. (2021) quienes enfatizan que la integración se articula alrededor del diseño de ingeniería. Son estos los preceptos que llevaron a que la

propuesta adoptara explícitamente un proceso de diseño secuenciado desde el Hacer preguntas, luego Imaginar, después Diseñar, Crear y, por último, Mejorar, alineado con lo que plantean estos autores, que convergen en que los estudiantes no solo ven los contenidos, sino que diseñan, construyen, prueban y mejoran prototipos como lo haría un ingeniero.

En consecuencia, se retoma el modelo 5E de Bybee (2015) adaptado al ciclo de diseño tecnológico, y la metodología desde el proceso de diseño en ingeniería de Cunningham, (2018), de manera que se estructura de forma coherente con lo que Botero (2018) y Johnson et al. (2021) sostienen acerca de la Educación STEM, al considerar que la integración disciplinar se logra de manera más efectiva mediante el diseño y ejecución de secuencias estructuradas por cursos, unidades o proyectos y en las que el diseño, la experimentación y la mejora sucesiva del producto ocupan un lugar central. Finalmente, el énfasis en el aprendizaje experiencial proviene de las propuestas de Dewey (2007) y Kolb (2015) que también se vincula con las evidencias de las tendencias 1 y 2, donde las experiencias prácticas, los juegos, la robótica y los proyectos en Educación STEM se muestran como vías privilegiadas para que los estudiantes “aprendan haciendo” ciencia, tecnología y matemáticas, y no que lo aborden como saberes abstractos desconectados de la realidad.

De otro lado, es importante validar por qué se trabajó con competencias y las dimensiones conceptual, procedimental y actitudinal. En primer lugar, el diagnóstico identificó debilidades tanto en la comprensión de conceptos como en el dominio de procesos. Por ello, el diseño de la propuesta asume desde el inicio el marco de competencias científicas, tecnológicas y matemáticas. Cuando este hallazgo se lleva a la luz de la literatura científica, se encontró que en ciencias, la OCDE (2008) y Hernández (2005) proponen una visión competencial que integra conocimientos, habilidades y actitudes, organizada en las dimensiones conceptual, procedimental y epistémica, y que debe vincularse con la ciudadanía y la toma de decisiones responsables. Así mismo, Cañal (2012) y Pedrinaci et al. (2012) refuerzan esta mirada al señalar que la competencia científica implica describir, explicar y predecir fenómenos, al igual que formular hipótesis, investigar, argumentar y posicionarse frente a los problemas socioambientales. De allí que la propuesta distribuyó explícitamente las actividades en ciencias conceptual, procedimental

y actitudinal, incluyendo indicadores como la formulación de preguntas, de hipótesis, el uso responsable de materiales, el diseño de experimentos, el registro y el análisis.

Por su parte, en tecnología, Said et al. (2015), Choque (2010) e ISTE (2007) subrayan que la competencia tecnológica debe articular el contexto, los recursos y el aprendizaje activo, cooperativo y basado en proyectos, con énfasis en diseño, comunicación y ciudadanía digital. De la misma manera, Merchán Basabe (2005) define la competencia tecnológica como un saber estructural, flexible y procesual, orientado al diseño y creación de prototipos que respondan a necesidades concretas. Partiendo de estos preceptos es que la propuesta ubicó como eje de la dimensión tecnológica la capacidad de “diseñar y construir prototipos o dispositivos para resolver situaciones del entorno”, operacionalizada en fases de planificación, selección de materiales, elaboración de diseños, construcción, prueba y mejora.

Finalmente, para el área de matemáticas, Vivas-García (2017) y Alsina (2004, 2019) insisten en que la competencia matemática debe unir conocimiento conceptual y procedimental para resolver las situaciones de la vida real, pasar de lo concreto a lo simbólico y utilizar material tangible, representaciones gráficas y discusión entre pares al momento de abordar un problema cotidiano. Especialmente, Alsina, además, plantea como central la resolución de problemas y el desarrollo del mismo siguiendo unos pasos específicos. En consecuencia, la propuesta recogió esto al definir las dimensiones matemática conceptual y procedimental, ligadas a problemas de medición, estimación, operaciones básicas, sistema de medidas, geometría y relaciones numéricas vinculadas al prototipo, e incorporó una dimensión actitudinal que apunta a la perseverancia, la colaboración y la disposición positiva frente al desafío matemático.

En contraste, la literatura relacionada con la Educación STEM en el contexto rural muestra que los proyectos integrados (Thomas y Falls, 2019), los clubes de ciencia (Enríquez Ramírez et al., 2021) y las experiencias STEM conectadas al entorno (Cifuentes y Caplan, 2019; Ferro, 2018; Sanabria-Totaitive y Arango-Martínez, 2021) favorecen también el pensamiento lógico (Castro et al., 2023), la indagación, la argumentación y el uso pertinente de recursos tecnológicos (Miranda, 2020), y potencian el trabajo con grupos de edades diversas (Carrete-Marín y Domingo-Penafiel, 2021; Parra, 2024). De ahí que la propuesta integra a estudiantes de 1.º a 5.º del aula multigrado, en lugar de diseñar una unidad para un solo grado, en coherencia

con el vacío que señalaron Jiménez-Villarroel et al. (2022) y Silva y Alsina (2023) respecto a la escasez de propuestas STEM en aulas multigrado; se apoyó en el trabajo colaborativo entre grados aprovechando justamente la heterogeneidad del grupo, como recomiendan Miranda (2020) y las experiencias de clubes de ciencia y proyectos integrados en zonas rurales (Suárez et al., 2021; Cifuentes & Caplan, 2019; Castro et al., 2023); además de la integración del uso de materiales del entorno.

El proceso de diseño en ingeniería contempla cinco pasos “hacer preguntas, imaginar, diseñar, crear y mejorar” responde a dos niveles. El primero contiene el enfoque de la Educación STEM y el diseño de ingeniería, donde se considera a Bybee (2015) quien plantea que la enseñanza STEM debe partir de situaciones significativas, generar preguntas, promover la exploración para llevar a la elaboración de productos mediante ciclos de prueba y mejora, mientras que Botero (2018) indica que el camino privilegiado para implementar STEM es a través de proyectos estructurados y Johnson et al. (2021) resaltan que el diseño de ingeniería articula el proceso de aprendizaje y que es necesario dar tiempo para iterar (diseñar–probar–mejorar).

A continuación, se describen los cinco pasos que contempla el proceso de diseño en ingeniería que propone Cunningham (2018) con elementos que fueron adaptados para el contexto del aula multigrado.

#### Paso 1: Hacer preguntas

Según Cunningham (2018) es la fase inicial donde se presenta a los estudiantes la situación problema y se genera un diálogo guiado mediante preguntas que conectan el problema con su experiencia personal, orientándolos hacia la solución a través del reconocimiento de elementos del problema. En este momento, se explican en detalle los pasos que van a guiar todo el proceso: hacer preguntas, imaginar, planear, crear y mejorar. Cada estudiante formula, individualmente, todas las preguntas que se le ocurran sobre la situación; luego, en equipo, comparten, clasifican (abiertas/cerradas), seleccionan las más relevantes, las reformulan y priorizan en coherencia con la importancia de la investigación y su proceso señalado por Pedrinaci et al. (2012) y Hernández (2005). Este es un paso poco común en el aula, pues es el

docente quien, en la mayoría de las ocasiones, plantea los interrogantes. Sin embargo, bien vale la pena comprender lo que representa cognitivamente para el estudiante realizar este ejercicio, ya que las preguntas activan conocimientos previos, desarrollan pensamiento crítico y permiten comprender la mayor cantidad de datos posibles para los siguientes pasos.

### Paso 2: Imaginar

Este momento presenta dos fases fundamentales: primero, la construcción de conocimientos disciplinares mediante guías diferenciadas (Ciencias Naturales, Tecnología y Matemáticas) puesto que desde el enfoque de Cunningham (2018) no se diseña desde la ignorancia sino desde el conocimiento informado que deben forjar los estudiantes en aspectos disciplinares. El desarrollo de las guías aporta los conceptos y los procedimientos necesarios que requiere la concepción epistemológica de cada área. Aquí se aborda un elemento importante dentro de las adaptaciones de la propuesta pedagógica para el aula multigrado: se trata del diseño de las guías con diferente nivel de complejidad de acuerdo con el grado, según lo expuesto por Jiménez et al., (2022) con el denominado "currículo en espiral", donde el mismo contenido es abordado con mayor complejidad conforme al grado en el que se encuentra el estudiante.

Segundo, se genera un proceso de pensamiento sistémico y creativo en el desarrollo de soluciones mediante la elaboración del diseño. En este momento se retoma la pregunta principal, se explica qué son el diseño y el prototipo, y por qué es importante planificar antes de construir el prototipo. Cada estudiante diseña individualmente su propuesta en su ficha de trabajo personal, según las condiciones dadas para este momento: dibuja, piensa en materiales y funcionamiento. Luego, cada miembro presenta su diseño al equipo; se analiza colectivamente la viabilidad, ventajas, desventajas y función de los materiales; se contrasta con las condiciones establecidas; se realiza una lluvia de ideas integrando las mejores características de cada propuesta y, finalmente, definen un único diseño grupal que puede ser uno de los individuales o una creación nueva resultado de la síntesis de todas las ideas que será representado en el paso 3.

En el paso 2 y en los subsiguientes se destaca un aspecto importante dentro de las dinámicas grupales de los estudiantes del aula multigrado que fue adaptada a la propuesta de

diseño en ingeniería. Parra (2024) aborda dentro de su estudio algunas modalidades de trabajo en el aula multigrado; dentro de ellas se encuentran las "monitorizaciones entre alumnado", relacionadas con apoyos mutuos que se dan entre estudiantes de diferentes grados, donde los estudiantes de grados avanzados o con mayor dominio de ciertos aspectos apoyan a sus compañeros de grados menores. El autor considera pertinente esta estrategia de trabajo colaborativo dadas las condiciones de heterogeneidad entre edades y grados. Esta idea fue adoptada durante la implementación de la propuesta asignando además roles a cada estudiante (coordinador y auxiliares); con esta estrategia no solo se promueven aprendizajes, sino también aspectos socioemocionales entre los integrantes del equipo.

### Paso 3: Diseñar

En esta etapa, los estudiantes trabajan de manera colaborativa para transformar las ideas definidas en el paso dos en una representación visual definitiva de la solución, a través de un diseño o plano de lo que proyectan construir de manera consensuada. Según Cunningham (2018) este diseño debe cumplir con las condiciones específicas establecidas previamente por el docente, tales como los materiales, las partes fundamentales de la estructura, las cantidades y el trabajo en equipo, entre otras. Una vez completado el diseño, el equipo define las cantidades de material requeridas y otras especificaciones que consideren necesarias, y describe cómo el funcionamiento de cada parte puede dar respuesta a la pregunta central. Esto promueve la reflexión metacognitiva sobre su proceso de diseño y la conexión entre la planificación y la funcionalidad esperada del prototipo, además de la puesta en práctica de conceptos y procedimientos matemáticos, científicos y tecnológicos. El docente acompaña y orienta al grupo cuando considera que han perdido el foco de la situación.

### Paso 4: Crear

Los estudiantes llevan a cabo la construcción del prototipo diseñado en el paso anterior, donde las ideas se materializan y se vuelven realidad. En este momento, se continúa con los roles asignados, y el trabajo en equipo cobra mayor significado, promoviendo así la colaboración y la responsabilidad compartida (Botero, 2018). Antes de iniciar la construcción, los estudiantes plantean hipótesis sobre el comportamiento de los materiales elegidos y la efectividad de la

estructura, lo que fomenta el pensamiento científico y la experimentación. Además, esta fase introduce nuevos elementos de aprendizaje, tales como, comprender las características de los materiales, la efectividad de las herramientas y el comportamiento de la estructura en su totalidad.

La construcción del prototipo debe ir de la mano con las condiciones establecidas por el docente, quien, de manera estratégica, propone actividades puntuales para cada grado con el propósito de evidenciar aprendizajes a medida que avanza la actividad. Este momento no debe centrarse en el prototipo por sí mismo, sino en evidenciar los aprendizajes propuestos por el docente, quien también vivencia la experiencia de ver cómo se fusionan las cuatro disciplinas. Esto recrea lo manifestado por Bybee (2014) en lo referido a la educación STEM integrada, al afirmar que el aprendizaje significativo se promueve con la interconexión de estas áreas de conocimiento, donde los estudiantes pueden ver cómo se relacionan y aplican en situaciones del mundo real.

Durante la construcción, cada equipo registra sus observaciones sobre la efectividad de la estructura lo que no solo refuerza la aplicación de conceptos matemáticos, científicos y tecnológicos, sino que también permite a los estudiantes reflexionar sobre el proceso de diseño y construcción. Es probable que los mismos estudiantes sugieran ciertos cambios a medida que avanza la creación de su estructura por lo que no siempre el diseño se cumple al pie de la letra pero este suceso es un aspecto importante que permite poner a prueba el nivel de comprensión de lo que están realizando, entre tanto, el docente debe permitir dichas modificaciones y continuar con su papel de facilitador, guiando a los estudiantes en la resolución de situaciones que surjan durante la construcción y asegurando que se mantenga el enfoque en los objetivos para que al momento de realizar la prueba de efectividad del prototipo los estudiantes hayan logrado lo que se propusieron.

Por último, en este punto conviene mencionar las evidencias sobre tiempos y profundidad, pues la decisión que la implementación de la propuesta fijara proyectos de dos semanas (16 horas), con un número determinado sesiones dedicadas a imaginar, diseñar, construir y mejorar, en lugar de intervenciones breves o aisladas, se sustentó en los estudios de Rodríguez Mora y Blanco López (2021) quienes advierten que los estudiantes requieren más tiempo del inicialmente

previsto para alcanzar niveles competenciales altos, y Domènech-Casal (2020) muestra que los incrementos en competencias tecnológicas y matemáticas se dan cuando las experiencias tienen una cierta duración y permiten consolidar los aprendizajes. De ahí que se consideró un tiempo mínimo de trabajo al que le sumó un tiempo extra para cubrir esas posibles necesidades emergentes para algunos estudiantes que requirieran más tiempo en su proceso.

Las estrategias pedagógicas que se consideraron durante la propuesta fueron el trabajo colaborativo entre grados, los proyectos contextualizados, el uso de materiales del entorno, la socialización de hallazgos, y se tuvieron en cuenta porque estas retoman tanto las recomendaciones de la literatura STEM como las del aula multigrado. De ahí que el trabajo colaborativo y la tutoría entre pares ya se evidencian como rasgos positivos en experiencias de proyectos en Educación STEM en la ruralidad y en clubes de ciencia, como en los casos de Suárez et al (2021), Miranda (2020) y Castro et al. (2023).

Por su parte, la contextualización de los proyectos al entorno escolar respondió a lo planteado por González (2017) sobre la necesidad de vincular estrategias emergentes que conecten con los problemas reales para el desarrollo de competencias, y a la concepción de la Educación STEM de Vásquez et al. (2013), que exige conexión de los procesos de aula y de las experiencias con el mundo real. Igualmente, el uso de materiales del entorno dialoga con las propuestas de robótica y construcción de artefactos con recursos disponibles, del modo en que lo evidencian Marqués Flores e Iaqchan Ryokiti Homa (2022), Giraldo (2021) Cifuentes y Caplan (2019). El desarrollo de las guías para cada área y el diligenciamiento de la ficha de trabajo individual se alinean con las estrategias de documentación y reflexión presentes en los estudios de Bobadilla-Asenjo (2021), Espigares-Gámez et al. (2020) y Huertas (2021), que recurren a herramientas como los diarios, los registros, los productos y las puestas en común para valorar los avances durante el proceso.

Una vez especificados los distintos preceptos, evidencias y autores que sustentan el diseño pedagógico de la propuesta pedagógica es preciso afirmar que la propuesta de intervención, primero, respondió al vacío identificado en la literatura respecto a propuestas en Educación STEM para el aula multigrado, como se registró en los trabajos de Jiménez-Villarroel et al. (2022) Silva y Alsina (2023); segundo, tradujo al nivel de aula los marcos conceptuales

sobre competencias científicas, tecnológicas y matemáticas fundamentados por la OCDE (2008), Hernández (2005), Cañal (2012), Pedrinaci et al (2012), Said et al. (2015), Merchán Basabe (2005), Vivas-García (2017) y Alsina (2019); tercero, retomó las evidencias empíricas de las tendencias 1 y 2 del estado de la cuestión sobre el impacto de las pedagogías activas, los proyectos, la indagación y el diseño de soluciones mencionadas por Bárcena y Martínez-Aznar (2022), García (2022), Chávez (2021), Vargas et al., (2018), Izagirre et al. (2020), Bobadilla-Asenjo (2021), Espigares-Gámez et al. (2020) y Huertas (2021); cuarto, se ajustó a las particularidades del aula multigrado, en provecho de sus potencialidades y en respuesta de la necesidad de innovación metodológica en estos escenarios como lo mencionaron (Miranda (2020), Colbert (2017), (Cifuentes & Caplan (2019) y Castro et al. (2023).

En cumplimiento con el segundo objetivo de investigación, encargado de describir el desarrollo de las competencias científicas, tecnológicas y matemáticas del grupo de estudiantes muestra, a partir del diseño e implementación de una propuesta pedagógica en Educación STEM; a continuación, se presentan los resultados registrados mediante las listas de chequeo que se diseñaron para lograr la trazabilidad del proceso de cada uno de los estudiantes, durante los tres proyectos propuestos para las áreas de matemáticas, ciencias y tecnología, en las dimensiones conceptual, procedimental. También se presentan los resultados del protocolo de observación donde se registraron las acciones de los estudiantes frente a los cinco pasos: Hacer preguntas, Imaginar, Diseñar, Crear y Mejorar, diseñados en la propuesta que, a su vez, fueron los nodos de análisis cualitativo desde el programa NVivo, y donde se registraron los hallazgos para el componente actitudinal. Finalmente, se presentan la comprobación de hipótesis y la triangulación de resultados.

### ***6.2.1. Resultados matemáticos – lista de chequeo dimensión conceptual***

Las listas de chequeo permitieron ir registrando el desempeño de cada estudiante durante su tránsito por los tres los proyectos, en las anotaciones de dichos instrumentos se percibe una curva de aprendizaje ascendente y sostenida, donde el grupo pasa de respuestas tentativas, propias de un inicio todavía anclado en lo concreto, hacia explicaciones más seguras, con mayor intención de justificar y de nombrar con precisión aquello que están haciendo. Esa en una evolución coherente con el itinerario informal → intermedio → formal que proponen Alsina (2019) y

Vivas-García (2017): primero tocar y mirar el mundo (repartir, medir, clasificar), luego representarlo (dibujos) y, por último, decirlo y simbolizarlo. Ante esto, el resultado es visible, pues en la situación 3 emergieron cuatro desempeños en nivel alto, la mayoría en satisfactorio y disminuye los niveles básicos/bajo.

**Tabla 10**

*Retratos breves por estudiante (con metas próximas)*

<b>Código</b>	<b>Grado</b>	<b>Descripción del progreso y metas próximas</b>
E1	1.º	Avanza de <i>bajo</i> → <i>básico</i> → <i>satisfactorio</i> : ganó sentido de número y empezó a nombrar más; necesita que mitad/doble y la explicación de por qué queden sujetos a una misma rutina de tres pasos (reparto–esquema–frase).
E2	1.º	Se estabiliza en <i>satisfactorio</i> : usa gráficos con intención; al verbalizar, puede liderar micro explicaciones y fortalecer su vocabulario con un glosario visual de aula.
E3	2.º	Progresó hasta <i>satisfactorio</i> : en geometría alterna aciertos y confusiones; conviene clasificar por atributos antes de nombrar y practicar valor posicional como rito breve diario.
E4	2.º	Pasa a <i>satisfactorio</i> en la situación 3: mantiene interés, aunque el resultado no siempre sea correcto; potenciar errores comentados (qué cambiaría y por qué) para crecer en argumentación.
E5	2.º	Sostiene <i>satisfactorio</i> desde la situación 1: compara y clasifica con criterio; su reto es precisar términos (no “palabras casi”, sino vocabulario exacto) al explicar.
E6	3.º	Culmina en <i>alto</i> : autónoma, prueba caminos y se hace entender; afinar valor posicional y terminología para que su explicación gane fineza formal.
E7	4.º	Alcanza <i>alto</i> : comprende el significado de las operaciones; cuidar la división cuando el reparto no es exacto y estabilizar términos (ángulo, lado, paralelo).
E8	4.º	También en <i>alto</i> : usa algoritmos como andamio semántico; conviene exigir “algoritmo + por qué” y estandarizar sus gráficas para hacerlas legibles.
E9	5.º	Cierra en <i>alto</i> : argumenta con coherencia; su siguiente paso es evitar imprecisiones sustituyendo expresiones coloquiales por lenguaje matemático.
E10	5.º	Se mantiene en <i>satisfactorio</i> : pierde atención si la respuesta no llega pronto; necesita micro-retos con un solo “siguiente paso” y la línea continua reparto→división, con contraejemplos.
E11	5.º	Sube de <i>básico</i> → <i>satisfactorio</i> : la división y el valor posicional siguen siendo bisagras; su actitud propositiva es un recurso: que explique sus intentos y reciba una meta muy concreta por sesión.

*Nota.* Elaboración propia.

En los criterios, el primer avance del grupo fue el uso del número en contextos reales para contar, comparar y repartir. Allí la mayoría avanzó significativamente ya que la situación problema era cercana a su realidad, por el contrario, el aspecto que exige más atención, y que atraviesan los grados, tiene que ver con la mitad/doble/agrupación/división, donde la mitad se comprende como “repartir en dos”, pero no siempre se traslada a doblar, agrupar o dividir cuando el reparto deja de ser exacto; y la división como idea (reparto/medida) aún no se verbaliza con claridad en los mayores. Algo similar sucedió con las figuras geométricas, pues reconocer figuras

fue posible, pero nombrar atributos (lado, vértice, ángulo; paralelo/perpendicular) y relacionarlos con definiciones formales demanda un lenguaje matemático afianzado. En este punto, la argumentación y el vocabulario son, justamente los dos aspectos que requieren continuidad, pues aun cuando el procedimiento es correcto, la explicación imprecisa; cuando esa explicación se instala como rutina breve (qué, por qué, cuándo funciona/no funciona), la comprensión deja de ser memorización y se convierte en criterio.

El análisis de la lista de chequeo permitió identificar, además de los logros alcanzados por los estudiantes y las decisiones pedagógicas que se consolidaron como buenas prácticas, aquellas que requieren ajustes para optimizar la enseñanza. En esta etapa, las observaciones cualitativas evidenciaron que los estudiantes avanzaron significativamente en la comprensión de los conceptos matemáticos, pero también mostraron patrones comunes de dificultad que ofrecen una valiosa oportunidad de mejora para la práctica docente. En este sentido, las acciones que se describen a continuación surgen como parte del proceso de reflexión pedagógica derivada de la implementación, luego, no son lineamientos generales, son ajustes y sostenimientos concretos que emergen del trabajo real en el aula multigrado y que fortalecen la continuidad de los aprendizajes logrados

**Tabla 11**

Aspectos a sostener y ajustar en la práctica docente

<b>Eje de mejora</b>	<b>Descripción y propósito pedagógico</b>
<b>Línea espiral mitad–doble–agrupación–división</b>	Diseñar una secuencia transversal para todos los grados, con tres representaciones obligatorias (concreto, esquema, simbólico) y contraejemplos que enseñen cuándo no aplicar una idea.
<b>Rito de valor posicional (3–5 min)</b>	Actividad diaria breve de descomposición, comparación y movimiento de decenas/centenas; en 5.º, conectar con la división para fortalecer comprensión estructural del número.
<b>Geometría por atributos</b>	Clasificar figuras por propiedades antes de nombrarlas; usar checklists de atributos visibles (lado, vértice, ángulo, paralelo/perpendicular).
<b>Hablar matemáticamente todos los días</b>	Microexplicaciones por equipo con frases guía (“Afirmo que...”, “porque...”; “Esto no funciona cuando...”), aplicando una rúbrica de precisión, coherencia, ejemplo/contraejemplo y adecuación.
<b>Gestión del error como evidencia de progreso</b>	Uso del tablero de intentos, semáforo de avances y una mejora por vuelta; fomenta la autorregulación, la perseverancia y la comprensión del error como parte del aprendizaje.

*Nota.* Elaboración propia.

Estas son acciones pedagógicas que se constituyen en un puente entre la evaluación y la planificación didáctica, pues se tiene en cuenta que esta investigación debe entenderse como un proceso inacabado, tal como lo son los procesos e iniciativas educativas, que deben ajustarse y modificarse constantemente en función de mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje. En ese sentido, la vinculación de las observaciones de la lista de chequeo con estas propuestas garantiza la coherencia del proceso, de modo que la retroalimentación se traduzca en ajustes concretos al currículo y a la práctica docente. De esta manera, el análisis pasa de ser una constatación de resultados para convertirse en una herramienta transformadora de la enseñanza en el aula multigrado, coherente con la educación STEM y con los principios de equidad e inclusión que deben ser constantes en la educación rural.

### ***6.2.2. Resultados matemáticos – lista de chequeo dimensión procedimental***

El análisis de la lista de chequeo en la dimensión procedimental evidencia que los estudiantes avanzaron progresivamente en su capacidad de comprender problemas, seleccionar estrategias, ejecutar procedimientos y justificar resultados, lo cual coincide con lo que la OCDE (2008) define como competencias científicas y matemáticas, en cuanto a la capacidad de identificar problemas, aplicar conocimientos y evaluar el propio proceso para tomar decisiones fundamentadas. En consecuencia, se identifica que en la situación 1, la mayoría de estudiantes se ubicó entre los niveles básico y satisfactorio, mostrando que aún estaban transitando entre la fase informal y la intermedia del aprendizaje matemático descrita por Alsina (2004, 2019), donde la comprensión depende fuertemente del uso de material concreto y de representaciones simples.

De otro lado, con el Proyecto 2, se observó un comportamiento estable en el nivel satisfactorio, coherente con la idea de Cañal (2012) donde expresa que las competencias se fortalecen cuando el estudiante integra lo conceptual, lo procedimental y lo práctico a través de tareas progresivas, luego, las rutinas de lectura comprensivas del enunciado, la identificación de los datos relevantes junto con la pregunta, la búsqueda de la solución para resolver y dar respuesta a la situación planteada, la representación gráfica y la ejecución de la operación favorecieron la significatividad, integración y funcionalidad propuesta por este autor, y vale la pena mencionar que son pasos que deben ser repetitivos para que adquieran sentido para el estudiante y se consolide dentro del proceso de resolución de problemas.

Finalmente, en el Proyecto 3 emergieron varios desempeños altos, principalmente en estudiantes que lograron articular la comprensión del problema, la justificación de estrategias y la verificación. Esto se alinea con lo planteado por Vivas-García (2017), quien afirma que el dominio procedimental se logra cuando el estudiante tiene la capacidad de escoger estrategias pertinentes, interpretar expresiones matemáticas y trasladar información entre representaciones numérica, gráfica y verbal, asociadas a situaciones que le son conocidas y que representan una realidad, por supuesto, es un proceso que debe ser recurrente y que implique también material concreto que pueda ser manipulado por los estudiantes, aunque los estudiantes de tercero, cuarto y quinto ya logran hacer representaciones mentales más complejas.

Conviene mencionar que la implementación de los proyectos y actividades abiertas acogió el enfoque de Pedrinaci et al. (2012), quienes sostienen que la competencia científica implica la formulación de problemas, la investigación, la argumentación y la toma de posiciones razonadas. Por ello, la mejora en la argumentación y en la selección de estrategias no fue accidental. En cambio, fue producto de metodologías que exigieron que el estudiante explicara sus procesos y sus decisiones. Por último, el trabajo colaborativo y la verbalización constante responden a las recomendaciones de Botero (2018) y Vásquez et al. (2013) sobre los aprendizajes basados en Educación STEM, que se refiere a ambientes que integran lo cotidiano de la ciencia, lo tecnológico y el pensamiento matemático permitiendo que los estudiantes construyan sentido y avancen de forma autónoma.

**Tabla 12**

*Retratos breves por estudiante (con metas próximas)*

<b>Estudiante</b>	<b>Grado</b>	<b>Síntesis del desempeño</b>	<b>Meta próxima</b>
<b>E1</b>	1.º	Avanza de básico a satisfactorio; consolida comprensión del enunciado.	Fijar rutina de verificación en tres pasos: releer pregunta – comparar con datos – comprobar cálculo.
<b>E2</b>	1.º	Se mantiene en satisfactorio; usa gráficos con intención.	Fortalecer la explicación oral mediante glosario visual (sumar, restar, dato relevante, estrategia).
<b>E3</b>	2.º	Progres a satisfactorio; mejora en identificar datos pero alterna aciertos en estrategias.	Clasificar por atributos antes de nombrar y verificar con esquema breve.
<b>E4</b>	2.º	Evoluciona de bajo a básico a satisfactorio, con interés sostenido.	Institucionalizar el “error comentado”: qué cambiaría y por qué, para fortalecer argumentación.

<b>E5</b>	2.º	Fluctúa entre básico a satisfactorio; comprende operaciones, pero le cuesta justificar.	Oración matemática obligatoria: “Elijo ___ porque ___; mis pasos fueron ___”.
<b>E6</b>	3.º	Alcanza nivel alto en P2 y se sostiene en satisfactorio alto; es autónoma y prueba caminos.	Mayor precisión en valor posicional y terminología para elevar el nivel formal de sus explicaciones.
<b>E7</b>	4.º	Satisfactorio estable; comprende fracciones y encadenamientos.	Fijar criterio de división cuando el reparto no es exacto y reforzar vocabulario geométrico.
<b>E8</b>	4.º	Consolida satisfactorio; usa algoritmos como andamio.	Exigir “algoritmo + por qué” y estandarizar esquemas más legibles.
<b>E9</b>	5.º	Cierra en alto; argumenta con coherencia y selecciona estrategias pertinentes.	Sustituir expresiones coloquiales por lenguaje matemático preciso.
<b>E10</b>	5.º	Avanza de básico a satisfactorio a alto; pierde atención si no obtiene respuestas rápidas.	Situaciones siguiendo los pasos y fortalecer línea reparto → división, con contraejemplos.
<b>E11</b>	5.º	De básico a satisfactorio sostenido; división y encadenamiento siguen siendo bisagras.	Explicar intentos y recibir una meta concreta por sesión (“Hoy verifico dos veces con esquema”).

*Nota.* Elaboración propia.

La tabla presenta un conjunto de retratos breves por estudiante, contruidos a partir del seguimiento longitudinal a la dimensión procedimental en matemáticas durante los tres situaciones abordadas mediante el proceso de diseño en ingeniería, por lo que cada síntesis recoge el nivel de desempeño alcanzado y los aspectos que caracterizan el modo en que cada estudiante se aproxima a la resolución de problemas: comprensión del enunciado, selección de estrategias, manejo de datos, argumentación y verificación.

El análisis evidencia trayectorias diversas, pero con un patrón común, donde la mayoría de los niños avanza de niveles básicos hacia desempeños satisfactorios o altos, especialmente cuando las actividades incorporan representaciones múltiples, discusión de estrategias y espacios para explicar procesos, desarrollándose así la competencia procedimental mediante ciclos de análisis, error, revisión y formalización progresiva, tal como lo mencionan Alsina (2019) y Vivas-García (2017), fenómeno que se observa claramente en estudiantes como E4, E5, E10 y E11.

Tabla 13

*Aspectos a sostener y ajustar en la práctica de aula.*

<b>Eje de mejora</b>	<b>Descripción y propósito pedagógico (con sustento teórico)</b>
<b>Representación múltiple (concreto–gráfico–simbólico)</b>	Favorecer que los estudiantes transiten entre diversas representaciones para construir significado matemático. Alsina (2004) sostiene que el pensamiento procedimental emerge precisamente del paso entre lo concreto, lo gráfico y lo simbólico, permitiendo comprender estructuras matemáticas progresivamente más complejas.
<b>Ritual de valor posicional</b>	Mantener rutinas breves y diarias que consoliden la descomposición y manipulación de unidades, decenas y centenas. Vivas-García (2017) plantea que el valor posicional es la base conceptual que sostiene operaciones encadenadas y el cálculo eficiente.
<b>Verbalización matemática diaria</b>	Promover que los estudiantes expliquen su proceso, argumenten sus decisiones y utilicen lenguaje matemático. Pedrinaci et al. (2012) y Cañal (2012) afirman que la argumentación fortalece la comprensión profunda y la capacidad científica para justificar procedimientos.
<b>Actividades en Educación STEM en contexto real</b>	Diseñar situaciones problema vinculadas al entorno rural para aumentar motivación y sentido del aprendizaje. Bybee (2015) y Vásquez et al. (2013) señalan que la relevancia contextual impulsa la participación y el aprendizaje significativo.
<b>Gestión del error como aprendizaje</b>	Usar el error como fuente de análisis, revisión y mejora. El enfoque STEM concibe el error como parte del ciclo de diseño (Botero, 2018), permitiendo al estudiante reflexionar sobre sus estrategias.
<b>Verificación sistemática</b>	Establecer pasos explícitos de comprobación del resultado (coherencia, cálculo, datos). Según la OCDE (2008), la verificación constituye un indicador epistémico clave del pensamiento científico y matemático.
<b>Encadenamiento de operaciones</b>	Enseñar cómo un paso depende de otro dentro del proceso de resolución. Vivas-García (2017) indica que la resolución de problemas requiere comprender relaciones lógicas entre procedimientos.
<b>Lenguaje matemático formal</b>	Promover el uso de vocabulario técnico adecuado para transitar hacia contextos más formales. Alsina (2019) subraya que la precisión lingüística es esencial en el desarrollo de competencias matemáticas avanzadas.
<b>Estandarización del registro del procedimiento</b>	Unificar la forma de registrar los pasos, esquemas y estrategias para favorecer claridad y auto explicación. Cañal (2012) destaca que la calidad del registro potencia la comprensión y la argumentación.
<b>Autonomía metacognitiva</b>	Fomentar que el estudiante planifique, monitoree y evalúe su propio proceso. Hernández (2005) plantea que la competencia solo se consolida cuando el estudiante actúa y reflexiona conscientemente sobre sus decisiones.

*Nota.* Elaboración propia.

Frente a los aspectos a sostener se relacionaron aquellas prácticas que han demostrado impacto directo en la comprensión del procedimiento matemático y que permiten que el estudiante construya significado, estructure ideas, argumente decisiones y desarrolle habilidades para resolver problemas desde una perspectiva contextualizada y científica. Por su parte, en cuanto a los aspectos a ajustar se presentaron rutas claras de mejora cuyo sustento teórico respalda la necesidad de avanzar hacia mayor precisión, coherencia lógica y reflexión consciente sobre el proceso, de modo que se les permita a los estudiantes alcanzar niveles superiores de desempeño y fortalecer su competencia para enfrentar problemas matemáticos reales. Con esto se

estructura, a partir de los resultados de la lista de chequeo, se identifica una ruta pedagógica fundamentada y práctica, que orienta el trabajo hacia la consolidación de un aula multigrado más reflexiva, articulada y centrada en la progresión matemática de cada estudiante.

### ***6.2.3. Resultados ciencias – lista de chequeo dimensión conceptual***

Los resultados de la lista de chequeo demostraron una trayectoria de crecimiento muy clara en el desarrollo de la competencia científica conceptual de los estudiantes, a lo largo de los tres proyectos implementados con enfoque STEM en el aula multigrado. En el primer proyecto, la mayoría de los niños se ubicaba en niveles iniciales. Específicamente, más de la mitad del grupo se encontraba en desempeño básico y más de un tercio en nivel bajo, mientras que solo una pequeña parte alcanzaba un nivel satisfactorio y ninguno llegaba a un nivel alto. Con este comportamiento de los resultados se establece un punto de partida en el que los estudiantes apenas comenzaban a familiarizarse con los elementos propios del trabajo científico como lo son el formular preguntas vinculadas a una situación problema, comprender la necesidad de experimentar, usar términos como hipótesis, observación o conclusión, y relacionar estos procesos con el prototipo que estaban construyendo.

A medida que avanzaron al segundo proyecto se observó un cambio sustantivo, puesto que en este punto la mayoría del grupo la logró ubicarse en un nivel satisfactorio y desaparecieron los desempeños bajos, como consecuencia de que los estudiantes ya no se limitaban a la repetición y comenzaron a comprender, aunque todavía de manera parcial, aspectos relevantes como: qué significa plantear hipótesis, por qué es necesario probar diferentes materiales, cómo se diferencia observar de manipular y qué papel juega la experimentación en la resolución de la situación problema. En esta etapa, el trabajo sistemático con proyectos como el polinizador manual permitió que los niños relacionaran mejor los materiales con sus funciones, hicieran uso, aunque incipiente del vocabulario científico y comenzaran a reconocer, con apoyo, si aquello que pensaron al inicio se cumplía o no en la práctica.

En el tercer proyecto la curva se consolidó y ya más de la mitad de los estudiantes alcanzó un desempeño alto y la mayoría restante se mantuvo en un nivel satisfactorio, con solo un caso aislado en nivel básico y ninguno en nivel bajo lo cual se constató en los registros de la lista

donde se especificaba que los niños formulaban preguntas mucho más pertinentes y específicas sobre el funcionamiento de la polea, la resistencia de los materiales y el traslado de las canastillas; reconocían con mayor claridad que experimentar no es solo jugar con los recursos, y lograban explicar con sus palabras qué es una hipótesis y la concebían como algo que se piensa y luego se confirma o se descarta; diferenciaban cada vez mejor cuándo deben observar antes de manipular; y justificaban con más seguridad la elección de materiales, atendiendo a características como el peso, la resistencia, la textura o la longitud.

La evolución que se registra en la lista de chequeo converge con la concepción de competencia científica planteada por la (2018) en PISA (2021) y desarrollada por autores como Cañal (2012), Hernández (2005) y Pedrinaci (2012), puesto que el grupo pasó de una aproximación centrada en acciones aisladas a un desempeño donde se articulaban las dimensiones conceptual, procedimental y, en parte, epistémica, pues los estudiantes además de saber que se debía proponer una hipótesis, la formulaban y la relacionaban con la experimentación, de modo que comenzaron a establecer la relación entre los resultados obtenidos y sus predicciones iniciales. Del mismo modo, pasaron de describir el experimento con un lenguaje exclusivamente cotidiano para incluir de manera paulatina términos científicos que les permitían interpretar con mayor precisión lo que ocurría durante las pruebas, evidencia de una creciente significatividad e integración del conocimiento a partir de la ejecución de los proyectos.

**Tabla 14**

*Retratos breves por estudiante (con metas próximas)*

<b>Estudiante</b>	<b>Grado</b>	<b>Síntesis del desempeño conceptual</b>	<b>Meta próxima</b>
E1	1°	Pasa de un nivel básico a alto entre el Proyecto 1 y el 3. Muestra curiosidad, pero al inicio formula pocas preguntas pertinentes, le cuesta comprender el sentido de la hipótesis, diferenciar observación y conclusión y usar vocabulario científico; en el Proyecto 3 comienza a explicar con sus palabras términos como hipótesis, polea, fuerza y a relacionar resultados con sus predicciones.	Seguir fortaleciendo la formulación de preguntas centradas en la situación problema y la explicitación oral de la relación entre hipótesis y resultados, usando progresivamente vocabulario científico básico en sus explicaciones.
E2	1°	Evoluciona de un nivel básico a satisfactorio y lo sostiene. Es muy curiosa y participativa; mejora en la comprensión de la necesidad de experimentar, comienza a interiorizar qué es una hipótesis y su función, usa términos como observar, experimentar, polinizador y polea,	Profundizar en la explicación con sus palabras de la relación entre lo que predice y lo que observa, diferenciando mejor observación y conclusión, y consolidar el uso pertinente de vocabulario científico en registros y diálogos.

		aunque aún presenta dificultades para relacionar de forma autónoma hipótesis y resultados.	
E3	2°	Mantiene un desempeño satisfactorio en los tres proyectos. Formula preguntas cada vez más pertinentes, reconoce la necesidad de experimentar, comprende de manera creciente el concepto de hipótesis y justifica la elección de materiales con mayor seguridad. Usa términos como polinización, fuerza, resistencia y muestra avances en vincular resultados con hipótesis.	Potenciar la interpretación crítica de los resultados del experimento (no solo comprobar, sino explicar por qué) y ampliar el repertorio de términos del proceso científico (observación, conclusión, variable) en sus explicaciones y registros.
E4	2°	Pasa de un nivel bajo a satisfactorio y luego alto. Mejora en la formulación de preguntas vinculadas a la situación, reconoce la necesidad de experimentar, comprende cada vez mejor qué es una hipótesis y puede relacionarla con el funcionamiento del prototipo. Explica con claridad el propósito de los materiales y comienza a diferenciar observaciones de conclusiones, aunque aún requiere apoyo.	Consolidar la capacidad de argumentar por qué una hipótesis se confirma o no, usando un lenguaje más preciso, y fortalecer la diferenciación entre observación (lo que ve) y conclusión (lo que infiere) en sus producciones orales y escritas.
E5	2°	Sube de bajo a satisfactorio y luego desciende a básico. Formula preguntas aún muy centradas en aspectos logísticos más que en la situación científica, reconoce la importancia de la experimentación por la experiencia previa, comprende de forma básica la hipótesis y su función, pero presenta dificultades para expresar con claridad la relación resultados-hipótesis y distinguir observación de conclusión.	Acompañar de manera más estructurada la formulación de preguntas investigables y la construcción guiada de hipótesis, utilizando andamiajes visuales o ejemplos, y reforzar explícitamente la diferenciación entre “lo que veo” y “lo que concluyo”.
E6	3°	Pasa de un nivel básico a satisfactorio y lo mantiene. Mejora de manera evidente en la pertinencia de las preguntas, reconoce la experimentación como vía para verificar sus ideas, comprende de forma cada vez más clara qué es una hipótesis y la relaciona con el diseño del prototipo. Emplea vocabulario científico (energía, fuerza, polinización, prototipo) y comienza a distinguir observación y conclusión con apoyo.	Seguir profundizando en la argumentación: justificar con más detalle cómo los resultados apoyan o no sus hipótesis y enriquecer sus registros escritos incorporando términos del proceso de investigación de forma más sistemática.
E7	4°	Avanza de básico a satisfactorio y luego alto. Desde el inicio muestra alta motivación por experimentar, reconoce claramente la necesidad de probar materiales y estructuras, y va consolidando la comprensión de hipótesis como predicción que se contrasta con la experiencia. Utiliza con naturalidad vocabulario científico (energía, fuerza, fricción, polinización), pero requiere apoyo inicial para diferenciar observaciones y conclusiones y relacionar resultados con hipótesis.	Profundizar en la metacognición: hacer explícito cómo pasa de lo que observa a la conclusión, y fortalecer la redacción de conclusiones que integren términos científicos y referencia explícita a las hipótesis que planteó.
E8	4°	Pasa de bajo a básico y luego alto. Reconoce la importancia de experimentar, aunque al inicio depende mucho de la guía docente. Sus hipótesis tienden a ser generales, pero en el Proyecto 3 las	Seguir trabajando la formulación de hipótesis más específicas y vinculadas a variables observables, así como la construcción de

		relaciona con la efectividad de la polea. Usa vocabulario científico de forma cada vez más amplia (polinización, fricción, fuerza), mejora en la justificación del uso de materiales y empieza a relacionar resultados con hipótesis.	conclusiones que retomen explícitamente lo que predijo, utilizando un lenguaje científico más preciso.
E9	5°	Pasa de básico a alto y sostiene ese nivel. Comprende desde el inicio la importancia de experimentar, formula preguntas pertinentes, construye hipótesis básicas vinculadas al polinizador y luego a la polea, y justifica de forma clara el uso de materiales. Reconoce las normas de seguridad, distingue observaciones y conclusiones con apoyo y va ampliando su vocabulario científico.	Profundizar en la elaboración de explicaciones causales (no solo “funciona” o “no funciona”, sino por qué) y en el uso sistemático de términos del proceso de investigación (hipótesis, resultados, conclusión) en sus registros escritos.
E10	5°	Pasa de básico a satisfactorio y luego alto. Reconoce la necesidad de experimentar, formula hipótesis con apoyo y luego de forma más autónoma, justifica la elección de materiales y usa vocabulario relacionado con la polea, fricción, fuerza, observación y experimentación, aunque requiere apoyo inicial para consolidarlo. Mejora en la relación resultados–hipótesis y en diferenciar observación y conclusión.	Consolidar el uso autónomo y preciso del vocabulario científico en sus explicaciones y escritos, y fortalecer la argumentación sobre por qué los resultados confirman o no sus hipótesis, integrando ejemplos concretos de lo vivido en el experimento.
E11	5°	Avanza de bajo a básico y luego satisfactorio. Sus preguntas se vuelven más pertinentes en el Proyecto 3, reconoce progresivamente la importancia de experimentar, requiere apoyo para comprender qué es una hipótesis y para justificar la elección de materiales, pero mejora en el uso de vocabulario científico y en el cuidado de los materiales. Presenta dificultades iniciales para diferenciar observación y conclusión y para explicar la relación resultados–hipótesis.	Reforzar, con ejemplos y plantillas guiadas, la comprensión de la hipótesis como predicción que se contrasta, así como la producción de conclusiones claras a partir de lo observado, usando términos científicos básicos y evitando quedarse solo en la descripción.

*Nota.* Elaboración propia.

Las metas próximas formuladas para cada estudiante orientan el trabajo pedagógico futuro en clave de andamiaje, al delimitar con claridad qué se debería fortalecer en el corto plazo, de modo que la lectura de los resultados de la lista de chequeo sirve como insumo para la retroalimentación diferenciada, pertinente con un enfoque de evaluación para el aprendizaje, donde cada estudiante es visto como un sujeto en proceso que requiere apoyos específicos para seguir avanzando en la construcción del pensamiento científico.

Tabla 15

Aspectos a sostener y ajustar como equipo docente

Eje de mejora	Descripción y propósito pedagógico
<b>Formulación de preguntas científicas vinculadas a la situación problema</b>	El propósito debe ser consolidar espacios sistemáticos para que los estudiantes formulen preguntas cada vez más pertinentes sobre la situación problema (no solo logísticas o de convivencia). El trabajo con preguntas auténticas fortalece el pensamiento científico, la curiosidad y la construcción de problemas investigables (Cañal, 2012; Alsina, 2019). Como equipo docente, conviene mantener los momentos de “torbellino de preguntas”, pero acompañarlos con andamiajes que ayuden a distinguir entre preguntas cotidianas y preguntas que aportan a la comprensión de la situación científica.
<b>Comprensión funcional de la hipótesis y su relación con los resultados</b>	El propósito debe ser profundizar en la enseñanza de la hipótesis como idea que se pone a prueba, más allá de repetir definiciones. Varios estudiantes pasan de no comprender el concepto a explicarlo con sus propias palabras, pero aún requieren apoyo para relacionar de forma explícita hipótesis y resultados. Se propone sostener el uso de ejemplos concretos, analogías y discusiones posteriores al experimento, reforzando la idea de “lo que pensaba que iba a pasar” frente a “lo que finalmente pasó” (Jiménez et al., 2022).
<b>Comprender la experimentación como vía para resolver dudas</b>	El propósito debe ser reafirmar, en todos los grados, que experimentar no es solo “hacer manualidades” sino una forma de responder preguntas y contrastar ideas. La mayoría de los estudiantes reconocen progresivamente esta función, sobre todo a partir del segundo proyecto. Desde la perspectiva del aprendizaje por indagación, es clave sostener actividades donde se explicita el vínculo entre la duda inicial, el diseño del experimento y las decisiones sobre materiales (Bybee, 2015)
<b>Diferenciación entre observación y conclusión en los registros científicos</b>	El propósito debe ser fortalecer la capacidad de distinguir lo que se observa (datos, descripciones) de lo que se concluye (interpretaciones e inferencias). Muchos estudiantes describen adecuadamente lo que ven, pero tienden a confundir observación y conclusión o a omitir esta última. Es necesario mantener los momentos de registro, pero incorporar matrices sencillas con columnas diferenciadas “¿Qué vimos?” y “¿Qué concluimos?” y socializaciones que modelen esta distinción (Johnson, 2021).
<b>Uso progresivo de vocabulario científico articulado al lenguaje cotidiano</b>	El propósito debe ser continuar promoviendo la incorporación gradual de términos científicos (hipótesis, experimento, observación, conclusión, polea, fuerza, fricción, polinización) en diálogo con el lenguaje cotidiano de los estudiantes. El análisis muestra avances importantes, pero también confusiones y olvidos. Desde enfoques socioculturales (Vygotsky, 1978; Lemke, 1990), el lenguaje es herramienta central del pensamiento científico, por lo que se recomienda sostener las conversaciones guiadas, los glosarios construidos en clase y el modelamiento docente de expresiones que conecten palabra técnica y experiencia concreta.
<b>Justificación del uso de materiales y comprensión de su función en el experimento</b>	El propósito debe ser seguir potenciando la capacidad de justificar por qué se escogen determinados materiales y cómo sus características se relacionan con la función que cumplen en el prototipo (peso, resistencia, textura, flexibilidad). Varios estudiantes ya lo hacen con seguridad; otros se limitan a imitar las elecciones del grupo. Desde la perspectiva de la alfabetización científica, argumentar sobre materiales favorece la comprensión de propiedades físicas y el razonamiento causal (Hodson, 1994; Osborne & Patterson, 2011).
<b>Seguridad, orden y cuidado de los materiales como</b>	El propósito debe ser mantener y reforzar la dimensión ética y de responsabilidad en el trabajo experimental. El análisis evidencia avances en el reconocimiento de normas de seguridad, aunque algunos estudiantes aún requieren múltiples

<b>parte del pensamiento científico</b>	recordatorios para mantener el orden y evitar desperdicios. Integrar la reflexión sobre seguridad y cuidado del entorno como componente del trabajo científico contribuye a una educación en ciencias responsable y situada (Harlen, 2010; Hodson, 2014).
<b>Comprensión conceptual más allá de la memorización de definiciones</b>	El propósito debe ser seguir migrando de prácticas centradas en repetir conceptos a prácticas donde los estudiantes expliquen con sus propias palabras ideas como viento, energía, polinización, fuerza o polea, vinculándolas con lo vivido en la experiencia. El progreso observado (especialmente en grados superiores) confirma que el enfoque basado en proyectos favorece esta comprensión significativa, pero se requiere sostener las preguntas abiertas, las discusiones y los momentos de metacognición al cierre de cada proyecto.

*Nota.* Elaboración propia.

#### **6.2.4. Resultados ciencias – lista de chequeo dimensión procedimental**

En la dimensión procedimental de la competencia científica, se observa un avance muy marcado a lo largo del desarrollo de las tres situaciones mediante el proceso de diseño en ingeniería, donde en la situación 1 predominó un desempeño inicial bajo donde ningún estudiante se ubicó en nivel alto, solo E6, E9 y E10 alcanzaron nivel satisfactorio, mientras que la mayoría se repartió entre básico y bajo (4 en básico y 4 en bajo, es decir, el 36,4 % en cada uno), lo que indica que, al comienzo, más de dos tercios del grupo (72,8 %) todavía requerían un andamiaje importante para seguir los pasos del procedimiento, formular hipótesis simples, registrar resultados y utilizar vocabulario científico en contexto.

En el desarrollo de la situación 2 se evidenció un salto cualitativo en donde el 45,5 % de los estudiantes alcanzó un desempeño alto, el 27,3 % se mantuvo en satisfactorio (E2, E3 y E8) y solo el 27,3 % permaneció en nivel básico y ninguno en el nivel bajo; esto sugiere que la experiencia acumulada, la repetición de las fases experimentales y la mediación docente van consolidando rutinas procedimentales más estables, en línea con la idea de que la competencia científica se desarrolla de manera progresiva cuando los estudiantes participan activamente en procesos de indagación guiada y no en actividades aisladas.

Para la situación 3, el avance es más evidente, pues hubo un 81,8 % en el nivel alto, uno solo en el satisfactorio (9,1 %) y solo uno en nivel básico (9,1 %); es decir, prácticamente todo el grupo logró ejecutar los procedimientos con autonomía creciente, manipular los materiales con seguridad, ajustar sus acciones a partir de lo que observan en el experimento y proponer los cambios ante errores o fallas en el montaje. Así, la evolución muestra que el desarrollo de las

propuestas en las tres situaciones fortaleció la comprensión de los pasos experimentales y ayudó a que los estudiantes hicieran más visible su pensamiento procedimental, pues lograron planificar mejor las acciones, registrar lo que ocurre, ajustar decisiones y justificar las modificaciones al prototipo con alta concentración en niveles básico y bajo (72,8 %) en la situación 1, hacia un perfil predominantemente alto (81,8 %) en el Proyecto 3.

**Tabla 16**

*Retratos breves por estudiante (con metas próximas)*

Estudiante	Grado	Síntesis del desempeño procedimental (3 proyectos)	Meta próxima
E1	1°	Pasa de un inicio con fuerte necesidad de apoyo (nivel bajo) a un desempeño alto: sigue mejor los pasos, manipula materiales con mayor cuidado, formula hipótesis más coherentes y participa activamente en todas las fases. Aún requiere apoyo para organizar materiales y consolidar vocabulario.	Fortalecer la explicitación verbal de lo que hace en cada paso (usar términos como “observar”, “probar”, “anotar”) y asumir mayor responsabilidad en el orden del puesto de trabajo al cerrar las actividades.
E2	1°	Evoluciona de bajo a satisfactorio y finalmente alto: mejora en el seguimiento de pasos, manipulación segura y registro sencillo de resultados. Muestra curiosidad, propone hipótesis y va comprendiendo mejor la función de la experimentación.	Profundizar en la calidad de las explicaciones: no solo decir qué hace, sino por qué ese material o acción ayuda al experimento, vinculando cada decisión con el objetivo de la tarea.
E3	2°	Parte de un desempeño bajo, pasa a satisfactorio y alcanza nivel alto: progresa en la formulación de hipótesis, en el registro de resultados y en la identificación de errores para proponer cambios. Se ve más autónomo y organizado hacia la situación 3.	Seguir ampliando el vocabulario científico básico y usarlo de manera más sistemática en sus registros escritos (no solo en lo oral), para consolidar la comunicación de su trabajo experimental.
E4	2°	Inicia en nivel básico y termina con desempeño alto en las situaciones 2 y 3: se muestra analítica, mantiene actitud de observación constante, reconoce errores y propone soluciones, respeta normas de seguridad y se vuelve muy autónoma en el uso de materiales.	Profundizar en la precisión de los registros (dibujos y textos), incorporando más detalles y conectando lo observado con las hipótesis formuladas, para fortalecer la trazabilidad del proceso.
E5	2°	Transita de bajo a básico y se mantiene en básico: participa, observa y propone algunas mejoras, pero necesita apoyo frecuente para seguir los pasos en orden, registrar resultados y apropiarse del vocabulario científico. Su autonomía es aún fluctuante.	Trabajar en secuencias cortas y muy guiadas (checklist de pasos) que le permitan ganar seguridad para seguir el procedimiento sin perderse, y practicar registros breves pero claros (una frase + un dibujo por prueba).
E6	3°	Parte de un nivel satisfactorio y llega a alto: respeta normas, se muestra atenta, participa en todas las fases, formula hipótesis con sentido, ajusta su comportamiento al observar cambios y se vuelve cada vez más autónoma en el uso de materiales.	Desafiarla con tareas donde deba justificar por escrito por qué un ajuste mejora el experimento, conectando acciones, resultados y posibles nuevas preguntas de investigación.

E7	4°	Comienza en básico y asciende a alto, consolidando una participación muy activa y autónoma. Usa vocabulario científico, registra resultados, reconoce errores y propone cambios coherentes; sin embargo, su emotividad a veces interfiere con el análisis tranquilo.	Seguir trabajando en la autorregulación durante el experimento (pausas para observar antes de actuar), incorporando momentos de reflexión guiada para transformar su energía en análisis sistemático.
E8	4°	Pasa de básico a satisfactorio y luego a alto: muestra buen manejo de materiales, uso progresivo de vocabulario científico y participación constante. Reconoce errores, aunque al inicio le costaba proponer alternativas. Al final se ve más organizado y propositivo.	Consolidar la iniciativa en la propuesta de mejoras: pedirle que justifique por qué un cambio en el diseño podría mejorar la estructura y que lo contraste con la prueba real del prototipo.
E9	5°	Inicia en nivel satisfactorio y alcanza alto en el abordaje de la situación 2 y 3: lidera fases del experimento, formula hipótesis pertinentes, ajusta su actuación con base en los resultados, usa vocabulario científico y propone soluciones ante fallas.	Avanzar hacia producciones escritas más elaboradas (informes breves de experimento) donde integre hipótesis, procedimiento, resultados y conclusiones, reforzando la comunicación científica formal.
E10	5°	Evoluciona de satisfactorio a alto y se mantiene allí: manipula materiales con seguridad, es líder de grupo, formula hipótesis con sentido, registra resultados y se muestra muy autónomo. Mejora en el uso de vocabulario científico a lo largo del proceso.	Profundizar en la precisión del lenguaje científico (diferencia entre observación y conclusión, entre hipótesis y resultado) y animarlo a apoyar a sus pares como “tutor” procedimental en trabajos colaborativos.
E11	5°	Permanece entre básico y satisfactorio: participa, respeta normas y muestra avances en la comprensión de los pasos, pero aún requiere apoyo para registrar resultados con suficiente detalle, usar vocabulario científico y organizar su trabajo de forma sostenida.	Diseñar apoyos visuales (pictogramas de pasos, tarjetas de vocabulario) para que pueda seguir el procedimiento con mayor autonomía y enriquecer sus registros con más detalles de lo observado y lo concluido.

*Nota.* Elaboración propia.

La tabla de Retratos breves por estudiante sintetiza el progreso individual de cada participante en la dimensión procedimental de la competencia científica, evaluada a lo largo de los tres proyectos desarrollados durante la implementación pedagógica, y hace posible observar, de manera clara y precisa, cómo cada estudiante transita por los niveles de desempeño bajo, básico, satisfactorio y alto en función de los criterios como el seguimiento del procedimiento experimental, la formulación de hipótesis, la manipulación segura de materiales, el registro de resultados y la autonomía.

Tabla 17

## Aspectos a sostener y ajustar en la práctica de aula

<b>Eje de mejora</b>	<b>Descripción y propósito pedagógico (con sustento teórico)</b>
Secuenciación explícita de los pasos del experimento (sostener y afinar)	Mantener la práctica de trabajar con secuencias claras de pasos (planear, experimentar, observar, registrar y concluir), pero haciéndolos cada vez más visibles para el estudiantado (esquemas, listas en el tablero, pictogramas por grado). Una secuencia explícita favorece la construcción de “rutinas de indagación” y el desarrollo gradual de la competencia procedimental en primaria, en coherencia con la enseñanza por indagación propuesta por Harlen (2010) y con la estructura de las actividades investigativas señalada por Bybee (2015) en el modelo 5E (explorar, explicar, elaborar, etc.).
Formulación de hipótesis y relación con los resultados (ajustar)	Se observa avance, pero aún es frecuente que las hipótesis se formulen de manera asistida y que cueste conectarlas con los resultados. Es necesario sostener los momentos de predicción antes del experimento y reforzar la fase de contraste posterior (¿qué pensábamos que iba a pasar? ¿qué pasó realmente?), incorporando preguntas guía y ejemplos concretos. Desde una perspectiva de indagación orientada, Jiménez-Aleixandre (2003) y Lederman (2007) señalan que el trabajo con hipótesis, datos y conclusiones ayuda a que los niños comprendan la naturaleza de la ciencia y no solo reproduzcan procedimientos.
Registro de resultados con múltiples representaciones (ajustar y profundizar)	La mayoría de estudiantes realiza registros, pero en varios casos son muy breves o poco precisos. Como equipo docente conviene fortalecer la diversidad de formatos (dibujos anotados, tablas simples, listas, flechas que unan “antes–después”), graduando la exigencia según el grado. Las representaciones externas apoyan el pensamiento científico al permitir organizar y revisar la experiencia (diSessa, 2004), y están en sintonía con el uso de “múltiples representaciones” que la didáctica de las ciencias recomienda para hacer visibles los procesos de cambio y causalidad.
Vocabulario científico en contexto de acción (sostener y sistematizar)	Es un acierto que el vocabulario surja en contexto (polea, peso, fricción, polinizador, hipótesis, observación, experimento); sin embargo, algunos estudiantes todavía no lo integran de forma estable. Se sugiere sostener las situaciones de experimentación, pero añadir “micro-momentos” meta-lingüísticos: pausar para nombrar juntos lo que están haciendo y registrar en un “glosario de aula” que se use recurrentemente. Hodson (1994) y Harlen (2010) subrayan que el lenguaje científico se construye en la acción compartida y que su apropiación favorece la reflexión sobre el propio procedimiento.
Gestión de materiales, seguridad y orden en el trabajo experimental (sostener y reforzar)	La mayoría respeta normas básicas, pero varios estudiantes requieren recordatorios constantes sobre el cuidado de materiales y el orden del espacio de trabajo. Es importante sostener las normas explícitas de seguridad y orden, e incorporar estrategias de corresponsabilidad (roles de “encargado de materiales”, “verificador de seguridad”) que promuevan hábitos de trabajo científico responsable. Desde la educación en ciencias se insiste en que la cultura de laboratorio escolar incluye no solo saber hacer, sino saber cuidar (Domènech-Casal, 2018), lo cual forma parte de la ética de la práctica científica.
Autonomía progresiva y trabajo colaborativo en el experimento (sostener y equilibrar)	Se evidencia que muchos estudiantes asumen roles activos y de liderazgo, lo cual es un punto fuerte. No obstante, algunos tienden a depender en exceso de la guía docente o de compañeros más hábiles. Como equipo docente conviene sostener el trabajo cooperativo, pero diseñando roles rotativos (quien lee los pasos, quien registra, quien observa, quien manipula) que obliguen a todos a participar en diferentes momentos del procedimiento. Desde el enfoque sociocultural, Vygotsky (1978) plantea que el andamiaje compartido y la

	distribución de responsabilidades permiten transitar desde la ejecución guiada hacia la autonomía, aspecto central en la competencia científica procedimental.
Espacios sistemáticos de metacognición sobre el procedimiento (incorporar/ajustar)	Aunque los estudiantes ajustan su acción cuando algo no funciona, no siempre hacen explícito qué aprendieron sobre el procedimiento. Es recomendable incorporar breves cierres metacognitivos al final de cada proyecto (¿qué haríamos diferente la próxima vez?, ¿qué paso fue más importante?, ¿dónde nos equivocamos y qué aprendimos?). La literatura sobre aprendizaje de las ciencias resalta que reflexionar sobre el propio hacer potencia la transferencia a nuevas situaciones de indagación (Domènech-Casal, 2018).

*Nota.* Elaboración propia.

Los hallazgos en dos dimensiones complementarias como los aspectos pedagógicos y didácticos que se deben sostener, por considerarse buenas prácticas consolidadas, como la secuenciación clara, el trabajo cooperativo estructurado y la integración contextualizada del vocabulario, y los aspectos que debe ajustar o fortalecer, como la calidad de las hipótesis, la precisión de los registros, la autonomía en el manejo de materiales y la conexión explícita entre predicciones y resultados. De esta manera, el análisis se complementa para constituir una herramienta para la toma de decisiones pedagógicas, pues convierte la información de la lista de chequeo en insumos para el mejoramiento continuo.

#### **6.2.5. Resultados tecnología – lista de chequeo dimensión conceptual**

La lista de chequeo permite observar una progresión en el transcurso del desarrollo de los tres proyectos, de la siguiente manera: primero, en la situación 1 solo cuatro (36%) de 11 estudiantes alcanzaron desempeño alto, dos (18 %) se ubicaron en satisfactorio, tres (27 %) en nivel básico y 2 en nivel bajo (18%). Aquí, los resultados develan que al comenzar la propuesta en educación STEM, el grupo fue heterogéneo. Hay una minoría que ya domina bien el lenguaje y la lógica del diseño tecnológico, especialmente a partir de tercero en adelante, mientras que en primero y segundo predominaba una comprensión aún intuitiva, muy influida por la dimensión lúdica y por la elección de materiales por gusto y no por su función.

Al llegar a la situación 2 la curva comenzó a subir, pues nueve de los 11 estudiantes (82 %) alcanzaron desempeño alto y los dos restantes (18 %) se situaron en el nivel satisfactorio. Luego, al llegar a la situación 3, 10 de 11 (91%) estudiantes llegaron al desempeño alto y solo uno se mantuvo en el nivel básico, lo que indica que, al cierre de la intervención, prácticamente todo el grupo logró una apropiación conceptual sólida de lo que significa pensar tecnológicamente. El

recorrido evidenciado en la lista de chequeo confirma la idea de Merchán (2005) quien afirma que la competencia tecnológica es estructural, flexible y procesual, pues al inicio del proceso, estudiantes que reconocían parcialmente los problemas y confundían la finalidad funcional del prototipo con el juego; además, de elegir los materiales por interés estético más que por resistencia o adecuación, a medida que avanzaron los proyectos, pasaron a un nivel alto de comprensión en la situación 3, donde ya hablaban espontáneamente de diseño, prototipo, materiales, prueba y mejora, reconocían la importancia de seleccionar materiales adecuados y entendían el prototipado como un proceso con etapas necesarias.

Miranda (2020) describe que el avance competencial no depende en principio de la propuesta pedagógica, y después de la continuidad con que los estudiantes pueden participar en los proyectos, y cualquier ruptura, como ausencias o intermitencia, afecta la posibilidad de vivir el ciclo completo de diseño – construcción – prueba – mejora, son aspectos centrales en la Educación STEM, lo que significa que la propuesta implementada permitió que los estudiantes participaran activamente y sin rupturas durante el proceso de construcción de conocimiento frente a las competencias tecnológicas. Así mismo, Choque (2010) habla sobre el uso de la tecnología para resolver problemas reales, y esto se evidencia en caso como el de E3 quien aporta ideas sobre la ausencia de polinizadores y su impacto ambiental, identifica que la transformación de elementos simples puede convertirse en una herramienta funcional y, hacia la situación 3, relaciona propiedades de los materiales con la función de la estructura con polea en el traslado de canastillas pesadas, es decir, se logró, por parte del estudiante, uso consciente de recursos del entorno para diseñar soluciones pertinentes.

Estos resultados develan en el grupo experimental una transformación de su forma de concebir la tecnología en el contexto rural, pasando de una comprensión centrada en el juego a una competencia conceptual que integraba problema, diseño, materiales, prototipo y mejora continua, lo cual se representa en una mejora en los puntajes de rendimiento. Este tipo de experiencias logradas en el aula evidencia que la escuela rural puede convertirse en un espacio de innovación local, donde los niños y las niñas de distintos grados se reconocen como capaces de analizar sus problemas, imaginar soluciones y diseñar objetos funcionales que dialogan con su realidad rural y con los principios de una educación STEM pertinente para su territorio.

Tabla 18

*Retratos breves por estudiante (con metas próximas)*

Estudiante	Grado	Síntesis del desempeño	Meta próxima
E1	1°	Pasa de un desempeño bajo a alto a lo largo de los tres proyectos. Reconoce mejor el problema, empieza a usar con naturalidad vocabulario tecnológico (diseño, prototipo, prueba, mejora) y comprende que los prototipos se evalúan y ajustan, aunque aún necesita apoyo para justificar con precisión por qué su solución es adecuada.	Profundizar en la justificación oral de sus decisiones de diseño (por qué esos materiales, por qué esa forma de polea) usando frases sencillas, para fortalecer el vínculo entre problema, solución y función del prototipo.
E2	1°	Evoluciona de bajo a alto: reconoce la necesidad, comprende que la tecnología ofrece soluciones, diferencia cada vez mejor entre objeto lúdico y funcional y empieza a entender que el diseño previo es clave. Todavía requiere acompañamiento para elegir materiales por su función y no solo por gusto.	Trabajar en criterios explícitos para elegir materiales (resistencia, estabilidad, utilidad) mediante comparaciones guiadas entre opciones, para consolidar la idea de que lo “funcional” está por encima de lo “bonito”.
E3	2°	Inicia en nivel básico y termina con desempeño alto sostenido. Reconoce con claridad problemas ambientales y de traslado, explica la solución tecnológica como transformación de elementos, relaciona materiales con su función y utiliza de forma espontánea vocabulario técnico.	Avanzar hacia una argumentación más precisa sobre por qué su diseño es mejor que otras opciones posibles (comparar propuestas, anticipar fallas), fortaleciendo la toma de decisiones informada.
E4	2°	Pasa de básico a alto en la situación 2 y 3. Comprende el problema, capta que una solución tecnológica no es solo informática, valora el diseño previo y reconoce la importancia de evaluar y mejorar prototipos. Relaciona cada vez mejor materiales, estructura y función.	Potenciar momentos de metacognición donde explique paso a paso lo que hizo y por qué, para consolidar la comprensión del proceso completo de prototipado como secuencia lógica.
E5	2°	Presenta un recorrido irregular (satisfactorio → alto → básico), fuertemente afectado por inasistencias. Cuando participa de todo el proceso, reconoce la solución tecnológica, diferencia juego/función y comprende el diseño y la mejora, pero pierde claridad en el último proyecto.	Asegurar participación continua y repasos cortos al inicio de las sesiones (qué hicimos, en qué paso vamos), para reducir el impacto de las ausencias y estabilizar su desempeño en la comprensión del problema y la solución.
E6	3°	Mantiene un desempeño alto en todos los proyectos. Reconoce problemas del entorno, explica con claridad qué es una solución tecnológica, comprende el valor del diseño, elige materiales pensando en su función y justifica con propiedad cómo su prototipo responde a la necesidad.	Retarla a transferir lo aprendido a nuevos problemas no trabajados en los proyectos (otras situaciones del entorno), promoviendo que proponga prototipos desde cero, con mayor autonomía en la ideación.
E7	4°	Alto sostenido. Se apropia del proceso de diseño, comprende el propósito de la polea para el cargue y traslado, mejora sus decisiones de materiales entre proyectos, vincula términos tecnológicos con soltura y mantiene clara la relación entre problema y solución.	Profundizar en la precisión técnica del lenguaje (por ejemplo, partes de la polea, tipos de materiales, fuerzas implicadas), integrando poco a poco conceptos científicos que complementen su comprensión tecnológica.

E8	4°	Pasa de satisfactorio a alto y se mantiene. Reconoce el problema, va afinando la comprensión de la solución tecnológica y el diseño, mejora progresivamente la selección de materiales y entiende la secuencia de pasos del prototipado.	Fortalecer su capacidad para anticipar fallas y proponer mejoras antes de la prueba, usando preguntas guía (“¿qué podría salir mal?”, “¿cómo reforzarías esta parte?”).
E9	5°	Alto en todos los proyectos. Identifica con claridad la necesidad, comprende la solución tecnológica apoyada en máquinas simples y compuestas, diseña con detalle, elige materiales con lógica funcional, justifica sus decisiones y valora la evaluación y mejora del prototipo.	Invitarla a asumir un rol de tutora de pares con estudiantes menores (1° y 2°) en el aula multigrado, verbalizando el proceso de diseño y prototipado para otros, consolidando así su propio dominio conceptual.
E10	5°	Recorrido muy similar a E9: alto estable. Reconoce problemas, participa activamente en el diseño, selecciona materiales con criterio, diferencia con claridad objeto lúdico y funcional y justifica con coherencia por qué su solución es adecuada.	Profundizar en la sistematización del proceso (esquemas, listas de pasos, pequeños diagramas), para que pueda documentar sus proyectos y preparar evidencias que dialoguen con una cultura de portafolio STEM.
E11	5°	Parte de un nivel básico en la situación 1 y alcanza alto en los siguientes. Comprende la problemática, reconoce la solución tecnológica, se apropia del diseño detallado, elige materiales coherentes y justifica adecuadamente cómo el prototipo ayuda a resolver la necesidad.	Consolidar su capacidad para explicar a otros la diferencia entre alternativas de solución, valorando cuál es más eficiente, segura o viable en el contexto rural, para fortalecer pensamiento crítico y toma de decisiones tecnológicas.

*Nota.* Elaboración propia.

La tabla de Retratos breves por estudiante sintetiza el progreso conceptual que cada estudiante alcanzó en la competencia tecnológica durante la implementación de la propuesta, cuyo análisis individualizado permite observar cómo, en coherencia con lo planteado por Miranda (2020), los estudiantes transitan de comprensiones iniciales más intuitivas y ligadas al juego hacia formas más estructuradas de pensamiento tecnológico, fundamentadas en la identificación de problemas reales del entorno, el diseño de soluciones, la selección funcional de materiales y la comprensión del prototipado como un proceso secuencial.

### Tabla 19

Aspectos a sostener y ajustar como equipo docente

Eje de mejora	Descripción y propósito pedagógico
Propuesta pedagógica en Educación STEM que involucra problemas del entorno rural	Sostener la planificación de proyectos que parten de necesidades reales (cargue de agua, polinización, traslado de canastillas) como núcleo del trabajo tecnológico en el aula multigrado. Esto responde a la idea de que la tecnología se aprende mejor cuando se vincula a situaciones auténticas del contexto y se integran ciencia, tecnología y matemáticas en experiencias significativas (Bybee, 2015; Vásquez et al., 2013). En términos de escuela rural, permite que los estudiantes se vean como solucionadores de problemas en su territorio, coherente

	con la visión de la escuela multigrado como escenario de desarrollo local (Miranda, 2020).
Uso explícito y progresivo del lenguaje tecnológico (diseño, prototipo, prueba, mejora)	Sostener y profundizar el trabajo intencionado con vocabulario tecnológico desde 1° a 5°, reforzando palabras como diseño, prototipo, materiales, prueba, mejora, evaluación. Según Merchán Basabe (2005), la competencia tecnológica implica un entramado estructural de saberes y no solo habilidad práctica; por eso, nombrar los procesos ayuda a que los estudiantes organicen cognitivamente lo que hacen. Los estándares ISTE, citados por Choque (2010), también enfatizan el uso de un lenguaje tecnológico que permita a los estudiantes describir y comunicar sus decisiones de diseño.
Andamiajes diferenciados para 1° y 2° en diseño y secuencia de prototipado	Ajustar la intensidad del acompañamiento en los grados 1° y 2°, ofreciendo más apoyo visual y procedural (pictogramas, pasos numerados, maquetas de ejemplo) para comprender la secuencia diseño–construcción–prueba–mejora. En los primeros grados se observan dificultades iniciales para dimensionar la secuencia y diferenciar juego de función; un andamiaje más explícito es coherente con la idea de progresión gradual y con la necesidad de atender las particularidades del aula multigrado (Miranda, 2020) y con la naturaleza procesual de la competencia tecnológica (Merchán Basabe, 2005).
Selección de materiales con criterio funcional y contextual	Ajustar y reforzar actividades donde se comparen materiales según criterios de resistencia, estabilidad, peso y disponibilidad en el entorno rural (no solo por su atractivo visual). Varios estudiantes pasan de elegir “lo que les gusta” a reflexionar sobre base, columnas, sogas y soportes. Sistematizar este análisis responde a la dimensión pragmática y contextual de la competencia tecnológica (Said et al., 2015) y al énfasis de Merchán Basabe (2005) en el uso pertinente de recursos del entorno para resolver problemas reales.
Evaluación formativa centrada en proceso (listas de chequeo + observaciones cualitativas)	Sostener el uso de listas de chequeo con descriptores claros y observaciones cualitativas como herramienta de evaluación formativa. Esta estrategia permite seguir el avance en la comprensión del problema, del diseño, de la selección de materiales y del prototipado como proceso. Johnson et al. (2021) y Botero (2018) resaltan que, en STEM, la evaluación debe valorar procesos, iteraciones y mejoras, no solo productos finales; la experiencia que ya tienes con esta lista de chequeo va en esa línea y es clave mantenerla y afinarla.
Espacios de metacognición y argumentación sobre las soluciones tecnológicas	Ajustar para incluir, al cierre de cada proyecto, momentos sistemáticos donde los estudiantes expliquen por qué su solución es adecuada, qué cambiarían y cómo se relaciona con el problema original. En el listado se observa que la justificación es un punto débil inicial que mejora con la experiencia, pero aún puede fortalecerse más. Esto conecta con la idea de competencias científicas y tecnológicas que integran conocimiento, habilidades y actitudes reflexivas y argumentativas (Hernández, 2005; Cañal, 2012; Pedrinaci et al., 2012), y con el propósito de formar ciudadanos capaces de decidir críticamente sobre soluciones tecnológicas.
Gestión de la continuidad del proceso en un aula multigrado (inasistencias e integración entre grados)	Ajustar estrategias para mitigar el impacto de ausencias (como en el caso de E5), por ejemplo, con breves recapitulaciones al inicio, pares tutores de grados superiores y uso de registros visuales del proceso. En el aula multigrado, la continuidad es un reto y, como señala Miranda (2020), las configuraciones pedagógicas dependen mucho de las condiciones del contexto; la articulación entre grados y el trabajo colaborativo puede ayudar a que ningún estudiante “se pierda” etapas clave del prototipado.
Integración transversal de la dimensión ética y socioambiental de la tecnología	Sostener y hacer más explícito el vínculo entre las soluciones tecnológicas y el cuidado del entorno (polinizadores, uso del agua, carga de canastillas, esfuerzo humano). Los proyectos ya lo sugieren, pero se pueden visibilizar más las preguntas sobre impacto ambiental y bienestar humano, coherentes con la idea de ciudadanía tecnológica responsable (ISTE en Choque, 2010) y con la visión de

---

Merchán Basabe (2005) de una tecnología orientada al progreso humano y social, no solo al hacer eficiente una tarea.

---

*Nota.* Elaboración propia.

Con la intención de identificar qué acciones pedagógicas favorecen el aprendizaje tecnológico y cuáles requieren ajustes para optimizar la experiencia formativa en coherencia con el marco teórico, la tabla de aspectos a sostener y ajustar como equipo docente organiza los hallazgos pedagógicos derivados del análisis de los desempeños estudiantiles y de la observación sistemática del proceso en el aula multigrado, demostrando que los mayores aciertos pedagógicos es mantener proyectos en Educación STEM contextualizados en problemas reales de la comunidad rural, donde el aprendizaje toma sentido cuando el estudiante reconoce en su propio entorno la necesidad que da origen a la solución tecnológica. Esta práctica debe sostenerse porque permite que niños y niñas asuman un rol activo como solucionadores de problemas de su territorio, como lo plantean Bybee (2015) y Miranda (2020).

#### ***6.2.6. Resultados tecnología – lista de chequeo dimensión conceptual***

Esta lista chequeo coincide con lo que se evidenció en las demás listas de chequeo donde se registra un avance progresivo desde la primer hasta el desarrollo de la tercera situación, donde en la temática 1, solo el 54,5 % de los estudiantes alcanzó un desempeño alto, mientras que el 36,4 % se ubicó en el nivel satisfactorio y un 9,1% en el nivel básico. Al respecto, es preciso remitirse a lo que mencionan Said et al. (2015) quien argumenta que al inicio los estudiantes necesitan tiempo para apropiarse de las fases del quehacer tecnológico. Es por eso que en este primer momento se identifican elecciones de materiales poco pertinentes, secuencias de construcción incompletas y un uso incipiente del vocabulario técnico, especialmente en los niños y niñas de los primeros grados.

Al analizar el resultado del desarrollo de la segunda situación se produce un avance significativo donde el 90,9 % del grupo alcanzó un desempeño alto y solo el 9,1 % se mantuvo en nivel satisfactorio, porque los estudiantes comenzaron a comprender la lógica del diseño de ingeniería propia del enfoque STEM descrito por Bybee (2015) y Botero (2018), pues en las descripciones de la lista se evidencia que la mayoría ya justificaba por qué elegían determinados materiales, evaluaban si su dispositivo funcionaba y proponían mejoras concretas, tal como

plantea Merchán Basabe (2005) cuando habla del carácter estructural y procesual de la competencia tecnológica.

Por último, en la tercer implementación de la propuesta, el patrón de consolidación fue estable porque el 90,9 % del grupo se mantuvo en el nivel alto y solo un estudiante (9,1 %) descendió al nivel básico por las dificultades asociadas a su inasistencia, mientras que los estudiantes de los grados superiores mostraron un dominio procedimental robusto, en tanto que, describieron con precisión la situación problema, conectaron la solución tecnológica con la necesidad del contexto rural, representaron diseños detallados y usaron con propiedad vocabulario como diseño, prototipo, eje, polea, interruptor, motor, eficacia o mejoras. Esto responde a lo que señalan las normas ISTE y la lectura de Choque (2010) sobre el uso de la tecnología para resolver problemas reales desde la creatividad, la responsabilidad y la ciudadanía digital/tecnológica.

Si se mira la lista de chequeo en clave de evolución temporal, el desarrollo de la situación 1 funcionó como una fase de aproximación donde la mitad del grupo (45,5 %) aún requería andamiajes importantes en la elección de materiales, la secuencia de pasos y el uso del lenguaje tecnológico. Sin embargo, con el desarrollo de la propuesta se logró que en las situaciones 2 y 3, prácticamente la totalidad del grupo se ubicara en el nivel de desempeño alto (más del 90 %), donde la competencia tecnológica dejó de reducirse al manejo de herramientas, para llegar a procesos más complejos como el diseño, la argumentación y la mejora de soluciones (Merchán Basabe, 2005).

**Tabla 20**

*Retratos breves por estudiante (con metas próximas)*

Estudiante	Grado	Síntesis del desempeño	Meta próxima
E1	1°	Muestra un avance muy notorio: pasa de apoyarse bastante en la docente a construir, en equipo, prototipos cada vez más coherentes. Describe la problemática con claridad, propone soluciones sencillas pero pertinentes, representa sus ideas en diseños, mejora la elección de materiales y explica el funcionamiento y las fallas de sus modelos. Aún se evidencian momentos de desperdicio de materiales y necesidad de apoyo para seguir la	Fortalecer la autonomía en la planificación de los pasos (del diseño a la prueba) y el uso responsable de los materiales, procurando que anticipe qué necesita, para qué y cómo lo usará, usando términos como diseño, prototipo, materiales y mejoras de manera más sistemática.

		secuencia completa del proceso de diseño e implementación.	
E2	1°	Inicia el proceso con un desempeño básico y avanza hasta alcanzar un nivel alto en el tercer proyecto. Mejora progresivamente en la descripción de la situación problema y en la propuesta de soluciones, sus diseños son coherentes con lo que desea construir y su vocabulario tecnológico se enriquece. Sin embargo, aún necesita fortalecer la profundidad de sus explicaciones y el cuidado en la manipulación y aprovechamiento de los recursos.	Consolidar explicaciones más completas sobre el funcionamiento del prototipo (qué hace cada parte y por qué) y asumir mayor responsabilidad en el uso de materiales, promoviendo que justifique sus elecciones y proponga mejoras más argumentadas.
E3	2°	Presenta un desempeño que pasa de satisfactorio a alto, mostrando comprensión clara de las problemáticas, propuestas de solución funcionales, diseños coherentes y una mejora evidente en la selección de materiales. Aplica secuencias lógicas de construcción, utiliza herramientas con seguridad y explica con detalle cómo funciona el prototipo, evaluando su efectividad y proponiendo ajustes.	Profundizar en la argumentación de por qué ciertas soluciones son más eficientes o adecuadas al contexto rural (esfuerzo físico, seguridad, tiempo), integrando el vocabulario tecnológico con criterios de eficacia y sostenibilidad.
E4	2°	Mantiene un desempeño alto en los proyectos 2 y 3. Describe claramente las situaciones problema, propone soluciones creativas y funcionales, representa sus ideas mediante diseños pertinentes y selecciona materiales cada vez más acordes con la función del prototipo. Aplica la secuencia de construcción con apoyo moderado y utiliza el lenguaje tecnológico de forma progresivamente más precisa.	Reforzar la explicitación de la secuencia de pasos (primero diseño, luego selección de materiales, construcción, prueba y mejora) para que pueda verbalizar el proceso completo y acompañar a otros compañeros en la comprensión de este ciclo de diseño.
E5	2°	Inicia con un desempeño alto en los dos primeros proyectos, describiendo con claridad la problemática, proponiendo soluciones viables (incluso con ideas más tecnificadas), diseñando con coherencia y seleccionando mejor los materiales. Sin embargo, en el Proyecto 3 su desempeño desciende a básico debido a la inasistencia, lo que afecta la comprensión de la nueva situación y la continuidad del proceso procedimental.	Garantizar la continuidad en la participación y ofrecer momentos de retroalimentación específica para que pueda transferir lo aprendido en proyectos anteriores a nuevos contextos, retomando la secuencia de diseño–construcción–evaluación y fortaleciendo la responsabilidad en el uso de materiales.
E6	3°	Mantiene un desempeño alto en los tres proyectos. Describe con precisión las problemáticas, propone soluciones funcionales, realiza diseños detallados y pertinentes, selecciona materiales con criterio, sigue una secuencia lógica de construcción y utiliza herramientas con responsabilidad. Explica el funcionamiento de sus prototipos con claridad, evalúa su eficacia y propone mejoras	Potenciar su rol como líder de equipo y modelo para otros estudiantes, promoviendo procesos de metacognición donde explicita no solo qué hizo, sino por qué eligió ciertos diseños y materiales, y cómo podría documentar el proceso (esquemas, anotaciones) al estilo de proyectos de ingeniería escolar.

		innovadoras, incorporando un vocabulario tecnológico amplio y pertinente.	
E7	4°	Presenta un desempeño alto sostenido. Reconoce y relaciona distintas situaciones problema, propone soluciones diversas y coherentes, diseña con claridad y cada vez selecciona mejor los materiales. Aplica con propiedad la secuencia de pasos, aunque en los primeros momentos requiere acompañamiento para el uso responsable de materiales. Explica de forma detallada el funcionamiento y evalúa con objetividad, proponiendo mejoras pertinentes.	Consolidar la dimensión ética del uso de materiales (evitar desperdicio y daño, pensar en la sostenibilidad del entorno) y promover que apoye a sus pares como tutor, guiándolos en la planificación de prototipos y en la reflexión sobre la funcionalidad y el impacto de las soluciones.
E8	4°	Desempeño alto en todos los proyectos. Describe con claridad las problemáticas, plantea soluciones bien fundamentadas, diseña de manera coherente, selecciona materiales adecuados y aplica secuencias lógicas en la construcción. Muestra seguridad en la manipulación de herramientas, explica con detalle el funcionamiento de sus prototipos, evalúa su efectividad y propone mejoras consistentes, integrando vocabulario tecnológico avanzado.	Profundizar en la justificación de las decisiones de diseño, vinculando criterios de eficiencia, seguridad y contexto (propio de la Educación STEM) y promoviendo que compare alternativas de solución, no solo que mejore una sola propuesta.
E9	5°	Mantiene un desempeño alto, con gran solidez procedimental. Describe las problemáticas con profundidad, propone soluciones funcionales y creativas, diseña con detalle y planificación, selecciona materiales con criterios claros y aplica con rigor la secuencia de construcción. Utiliza herramientas con responsabilidad, explica con precisión, evalúa críticamente y propone mejoras tanto funcionales como estéticas, usando lenguaje tecnológico rico y pertinente.	Favorecer que sistematice su proceso de diseño y construcción mediante registros escritos y gráficos (planos, listas de materiales, diarios de trabajo), de modo que desarrolle habilidades propias del pensamiento de ingeniería y pueda transferir este modo de trabajo a otros proyectos y áreas.
E10	5°	También presenta un desempeño alto sostenido. Reconoce con claridad las problemáticas, propone soluciones variadas (incluyendo alternativas con motores y sistemas eléctricos), diseña con coherencia, selecciona materiales pertinentes y aplica la secuencia de construcción de forma ordenada. Utiliza herramientas con seguridad, explica con propiedad el funcionamiento, es crítico con su propio trabajo, evalúa la efectividad del prototipo y propone mejoras funcionales y estéticas, empleando vocabulario tecnológico amplio.	Fortalecer la comunicación escrita y gráfica de sus ideas (no solo oral), integrando esquemas, anotaciones y comparaciones entre distintas versiones del prototipo, para hacer visible el proceso de mejora continua y vincularlo con la lógica de proyectos de ingeniería escolar.
E11	5°	Evoluciona de un desempeño satisfactorio en el primer proyecto a uno alto en los siguientes. Identifica la problemática, propone soluciones coherentes, diseña de forma adecuada y selecciona materiales cada vez con más	Seguir afianzando la secuencia de diseño–construcción–evaluación desde el inicio, promoviendo que planifique antes de actuar y que haga un uso más económico y consciente de los

criterio, aunque aún se observan momentos de uso poco eficiente de recursos. En el Proyecto 3 aplica la secuencia de pasos con mayor seguridad, utiliza herramientas de manera responsable, explica el funcionamiento, evalúa la efectividad del prototipo y propone mejoras pertinentes, incorporando un vocabulario tecnológico más sólido.

materiales, reforzando la justificación de sus decisiones de diseño con apoyo del vocabulario técnico ya adquirido.

*Nota.* Elaboración propia.

La sistematización de lo evidenciado en la lista de chequeo por cada estudiante permite identificar las trayectorias, avances y necesidades específicas de apoyo que resultaron del análisis del ciclo completo de diseño en ingeniería escolar, donde se evidencia que la mayoría de estudiantes progresó de un desempeño satisfactorio hacia niveles altos en la medida en que avanzaron los proyectos, lo cual es producto de una apropiación creciente de los procesos de identificación de problemas, generación de soluciones, representación gráfica, selección de materiales, construcción, evaluación y mejoramiento. Asimismo, el uso del vocabulario tecnológico muestra un incremento gradual, observable tanto en los grados iniciales como en los superiores, con mayor consolidación en cuarto y quinto grado.

### Tabla 21

*Aspectos a sostener y ajustar en la práctica de aula.*

Eje de mejora	Descripción y propósito pedagógico (con sustento teórico)
Procesos de diseño en ingeniería implementada en aula multigrado (a sostener)	La formulación de proyectos basados en problemáticas reales del contexto rural (extracción de agua, polinización, transporte de canastillas) ha permitido que los estudiantes comprendan la función de la tecnología como medio para transformar su entorno, en coherencia con la idea de Educación STEM como enfoque interdisciplinar vinculado a la vida cotidiana (Bybee, 2015; Vásquez et al., 2013). En el aula multigrado, esta contextualización potencia el aprendizaje entre pares y la colaboración entre las diferentes edades (Miranda, 2020, es clave sostener este tipo de propuestas porque favorecen la construcción de competencias procedimentales significativas: los estudiantes no “repiten pasos”, sino que diseñan, construyen y mejoran soluciones que perciben como útiles para su comunidad.
Ciclo de diseño–prototipado–evaluación–mejora (a sostener y profundizar)	En la mayoría de los estudiantes se observa la apropiación progresiva del ciclo de diseño: identificar la necesidad, elaborar un diseño, seleccionar materiales, construir el prototipo, probarlo, evaluar su efectividad y proponer mejoras. Este proceso responde a la lógica del diseño en ingeniería propia de la Educación STEM (Johnson et al., 2021; Botero, 2018) y a la visión de la tecnología como proceso estructural y procesual (Merchán Basabe, 2005). Como equipo docente, se debe sostener esta estructura, haciendo cada vez más explícitos los pasos y promoviendo que los estudiantes verbalicen y documenten el proceso, de modo que la secuencia deje de ser solo una rutina y se convierta en una herramienta de pensamiento.

Uso responsable de materiales y cuidado del entorno (a ajustar)	Aunque hay avances importantes, en varios estudiantes (especialmente de los grados inferiores y algunos de cuarto) todavía se evidencian desperdicio de materiales, daño innecesario de recursos y poco cuidado del espacio de trabajo. Desde la perspectiva de las competencias tecnológicas y la ciudadanía digital/tecnológica (Choque, 2010; ISTE), es necesario ajustar la práctica docente incorporando criterios de sostenibilidad y uso ético de los recursos: acordar normas de uso, reflexionar sobre el origen y el costo de los materiales y vincular estas decisiones con el cuidado del ambiente rural. El propósito pedagógico es que los estudiantes comprendan que el diseño tecnológico responsable implica no solo resolver problemas, sino hacerlo de manera sostenible y respetuosa con el entorno.
Secuenciación explícita y metacognición del proceso (a ajustar y consolidar)	La mayoría de los estudiantes aplica la secuencia de construcción del prototipo, pero no siempre logra explicitarla ni transferirla a situaciones nuevas, como se observa en los cambios de desempeño cuando varía el tipo de problema o hay inasistencias. Para fortalecer esta dimensión, el equipo docente puede incorporar momentos metacognitivos breves al cierre de cada sesión (¿qué hicimos primero?, ¿por qué?, ¿qué mejoraríamos en el proceso?), apoyándose en la idea de aprendizaje activo y cooperativo en tecnología (Said et al., 2015) y en el énfasis de la Educación STEM en aprender de los errores y replantear el diseño (Bybee, 2015). El propósito es que los estudiantes comprendan que el “cómo” se hace es tan importante como el “qué” se construye.
Acompañamiento diferenciado en trayectorias intermitentes (a ajustar)	En casos como el de E5 se evidencia que la inasistencia afecta la comprensión de la nueva situación problema y la continuidad del proceso procedimental. En el aula multigrado, donde las condiciones familiares y laborales pueden interferir con la asistencia (Miranda, 2020), es clave que el equipo docente diseñe estrategias de acompañamiento diferenciado: cápsulas de repaso, apoyo entre pares, socializaciones guiadas del proceso ya realizado por el grupo. El propósito pedagógico es garantizar que los estudiantes con trayectorias intermitentes puedan reengancharse al ciclo de diseño sin quedar rezagados, manteniendo el desarrollo de sus competencias tecnológicas en línea con el resto del grupo.
Sistematización escrita y gráfica del diseño (a sostener y ampliar en grados superiores)	Los estudiantes de grados altos (3.º a 5.º) ya muestran capacidad para realizar diseños cada vez más detallados, con especificación de materiales y, en algunos casos, medidas. Este trabajo se alinea con la idea de que la competencia tecnológica implica también la capacidad de representar, planificar y documentar procesos (Merchán Basabe, 2005). Como equipo docente, conviene sostener y ampliar esta práctica, introduciendo formatos sencillos de planos, listas de materiales, secuencias de pasos y pequeños diarios de trabajo. El propósito es fortalecer el pensamiento de ingeniería escolar y favorecer la transferencia de estas habilidades a otras áreas y proyectos, en consonancia con el carácter interdisciplinario de la Educación STEM (Vásquez et al., 2013; Botero, 2018).

*Nota.* Elaboración propia.

La tabla consolida información para la mejora continua del trabajo pedagógico en el área. En primer lugar, los aspectos a sostener evidencian que las experiencias de aprendizaje basadas en proyectos contextualizados han permitido que los estudiantes comprendan la tecnología como un medio para transformar su entorno cercano, tal como lo proponen Bybee (2015) y Vásquez et al. (2013), para garantizar que el aula multigrado se convierta en un espacio donde la observación de necesidades reales conduce a procesos de diseño significativos para la motivación y el

aprendizaje entre pares, no obstante, también se identifican aspectos a ajustar relacionados con la importancia de fortalecer la secuenciación del proceso de diseño, el uso responsable y sostenible de los materiales, y las estrategias de acompañamiento diferenciadas para estudiantes con trayectorias intermitentes, sustentadas en la literatura sobre alfabetización tecnológica y el diseño en ingeniería, que subraya la relevancia de la metacognición, el pensamiento crítico y la seguridad en el uso de herramientas (Botero, 2018).

### 6.2.7. Resultados protocolo de observación

En el protocolo de observación se registró tanto el proceso de diseño en ingeniería como el componente actitudinal. Para el análisis cualitativo de la información aquí consignada, se utilizó el software NVivo en su versión en español. A continuación, se describe el proceso llevado a cabo para el análisis.

**Tabla 22**

Descripción del proceso para el análisis en NVivo

Paso del procedimiento	Descripción
<b>1. Preparación del material de análisis</b>	En primer lugar, el protocolo de observación se reorganizó en un formato narrativo continuo, extrayendo la información consignada originalmente en tablas (categoría, indicador observable, escala y evidencia cualitativa) y unificándola en párrafos descriptivos por fase del proceso de diseño en ingeniería (Hacer preguntas, Imaginar, Planear, Crear y Mejorar). Esto permitió trabajar con un texto fluido, adecuado para la codificación en NVivo.
<b>2. Diseño del sistema de categorías (árbol de códigos)</b>	A partir del propio protocolo, se construyó un sistema de categorías deductivo, tomando como base: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Las fases del proceso de diseño en ingeniería (Paso 1 a Paso 5).</li> <li>• Las áreas STEM trabajadas: tecnológica, científica, matemática y actitudinal.</li> <li>• Los aspectos conceptual y procedimental definidos en cada área, junto con los criterios actitudinales (participación, colaboración, responsabilidad, perseverancia, cuidado de materiales).</li> </ul>
<b>3. Diseño del árbol de códigos jerárquico</b>	Con ello se diseñó un árbol de códigos jerárquico estructurado así: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Códigos padre: cada Paso del proceso (Paso 1 – Hacer preguntas; Paso 2 – Imaginar; Paso 3 – Diseñar; Paso 4 – Crear; Paso 5 – Mejorar).</li> <li>• Subcódigos: competencias dentro de cada paso (Tecnología conceptual/procedimental, Ciencias conceptual/procedimental, Matemáticas conceptual/procedimental, Actitudinal).</li> <li>• En algunos casos, sub-subcódigos para indicadores específicos (por ejemplo, “Describe la necesidad o problemática”, “Selecciona materiales adecuados”, “Formula hipótesis”, “Ajusta medidas”, etc.).</li> </ul>
<b>4. Creación de códigos en NVivo</b>	Una vez definido el sistema de categorías, se procedió a programar el árbol de códigos en NVivo:

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En el menú <i>Códigos</i>, se crearon los códigos padre correspondientes a cada fase del proceso de diseño en ingeniería.</li> <li>• Dentro de cada código padre, se añadieron subcódigos para cada competencia (tecnológica, científica, matemática y actitudinal, diferenciando aspecto conceptual y procedimental cuando aplicaba).</li> <li>• Finalmente, cuando fue necesario, se incorporaron subcódigos más específicos para recoger indicadores observables contenidos en el protocolo (por ejemplo, hipótesis, observación vs. conclusión, uso de vocabulario científico, secuencia lógica en la construcción del prototipo, etc.).</li> </ul>
<b>5. Importación del documento a NVivo</b>	El protocolo de observación, ya organizado en formato narrativo, se importó al proyecto de NVivo como documento interno (Datos → Internos → Importar documento). De esta manera, el texto quedó disponible para su lectura y codificación dentro del software.
<b>6. Codificación del texto en los códigos predefinidos</b>	<p>La codificación se realizó de forma fundamentalmente manual, apoyada en el árbol de códigos previamente creado:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se leyó el documento de observación de manera exhaustiva, párrafo por párrafo</li> <li>• Para cada fragmento que describía un comportamiento, logro o dificultad, se seleccionó el texto y se asignó al código correspondiente (por ejemplo, Paso 4 → Tecnología procedimental cuando se describían acciones de construcción del prototipo; Paso 2 → Ciencias conceptual cuando se hacía referencia a la comprensión de conceptos científicos implicados).</li> <li>• Cuando un mismo fragmento aportaba evidencia para más de una categoría (por ejemplo, tecnológica y actitudinal), se realizó codificación múltiple, asignando el mismo texto a varios códigos.</li> </ul> <p>De esta forma se obtuvieron referencias codificadas en cada nodo (código), permitiendo contabilizar cuántas evidencias se asociaban a cada fase y a cada competencia.</p>
<b>7. Revisión y ajuste de la codificación</b>	<p>Una vez completada la primera ronda de codificación, se revisaron los códigos uno por uno:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se abrió cada código para verificar que los fragmentos asignados correspondían efectivamente al significado de la categoría.</li> <li>• Se fusionaron o ajustaron códigos cuando se detectaron solapamientos o excesiva fragmentación.</li> <li>• Se completaron codificaciones faltantes en los casos donde se identificó evidencia relevante que aún no había sido asignada.</li> </ul>
<b>8. Consultas y matrices de codificación</b>	<p>Con la codificación consolidada, se utilizaron las herramientas de consultas de codificación de NVivo para organizar y sintetizar los resultados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se generaron matrices de codificación cruzando las fases del proceso de diseño en ingeniería (filas) con las competencias STEM o dimensiones (columnas), lo cual permitió observar en qué fases se concentraban más evidencias tecnológicas, científicas, matemáticas y actitudinales.</li> <li>• Se revisó el número de referencias por código para identificar cuáles competencias aparecían con mayor densidad en cada fase (por ejemplo, fuerte presencia de tecnología procedimental en “Crear” y de competencias actitudinales en “Hacer preguntas” y “Mejorar”).</li> </ul>
<b>9. Obtención de resúmenes por código (informes de NVivo)</b>	<p>Para apoyar la redacción del capítulo de resultados, se generaron informes o resúmenes por código:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desde el panel de <i>Códigos</i>, se exportó el contenido de cada nodo, obteniendo listados con todos los fragmentos de texto asociados a cada categoría.</li> <li>• Estos resúmenes permitieron identificar patrones, ejemplos representativos y citas textuales que ilustran el desarrollo de las competencias tecnológicas, científicas, matemáticas y actitudinales en cada fase del proceso.</li> </ul>
<b>10. Síntesis e interpretación de resultados</b>	Finalmente, la información obtenida a través de la codificación y las consultas en NVivo se interpretó a nivel descriptivo y analítico:

- 
- Se analizaron las tendencias por fase (qué ocurre en Hacer preguntas, Imaginar, Planear, Crear y Mejorar).
  - Se identificaron patrones transversales por competencia (por ejemplo, predominio de la competencia tecnológica a lo largo del proceso, dificultades recurrentes en la formulación de hipótesis científicas, uso funcional de las matemáticas, y el papel de la perseverancia y la colaboración como soporte actitudinal).
  - Estos hallazgos se integraron posteriormente con el marco teórico sobre educación STEM, diseño en ingeniería y aula multigrado, para construir la discusión y las conclusiones cualitativas del estudio.
- 

*Nota.* Elaboración propia.

Una vez obtenidos los resultados arrojados por el programa de análisis NVivo, se encontró que para el nodo: Paso 1 – Hacer preguntas, en el área de tecnología en las dimensiones procedimental y conceptual, los estudiantes fueron capaces de reconocer y describir necesidades del entorno vinculadas a su realidad rural, como la escasez de agua en el verano, la disminución de polinizadores y el esfuerzo físico al transportar canastillas de frutas. Es por eso que expresiones como “no hay agua” evolucionaron hacia formulaciones más elaboradas, como “necesitamos una máquina que use la fuerza del viento para sacar agua del pozo”, evidenciando el tránsito desde una percepción cotidiana del problema hacia una comprensión tecnológica básica.

En el caso del polinizador manual, identificaron la necesidad de “una herramienta que haga el trabajo de los polinizadores” y articularon términos como “polinización” y “biodiversidad”, lo que indica el inicio de un vocabulario tecnocientífico contextualizado. Por su parte, en el problema de las poleas comprendieron con facilidad el peso y el recorrido de las canastillas, y lo relacionaron con el esfuerzo físico, lo que indica el predominio de la capacidad de vincular experiencia cotidiana con una necesidad tecnológica concreta.

Se encontraron referencias en el área de ciencias, en las dos dimensiones, desde las que se halló que los estudiantes valoraron la importancia de hacer preguntas para comprender los fenómenos. Aunque la formulación de interrogantes todavía era incipiente en los grados menores y se centró en los aspectos operativos o afectivos, como “¿con quién voy a trabajar?”, “¿qué pasa si me enfermo?”, mientras que los grados superiores se plantearon preguntas más estructuradas y relacionadas con la lógica del problema, como reflejo de un avance gradual en la comprensión de que la ciencia se inicia con la problematización y la curiosidad dirigida.

En lo actitudinal no se concentraron referencias de participación activa, colaboración y respeto, además de responsabilidad emergente. Por su parte, se encontró que los estudiantes mayores asumieron un rol de apoyo hacia los menores en la comprensión de las problemáticas y en la formulación de preguntas. También aparecieron necesidades de orientación docente cuando el grupo no sabía qué preguntar o se limitaba a la estructura “¿qué pasa si...?”, lo que evidencia el papel del acompañamiento pedagógico para avanzar hacia preguntas de tipo investigativo.

En cuanto al Nodo: Paso 2 – Imaginar, para el área de tecnología, en sus dos dimensiones, las referencias demostraron que, al trabajar con las guías, los estudiantes lograron diferenciar entre artefactos lúdicos y funcionales, y entender que una solución tecnológica debe responder a una necesidad en concreto. Así mismo, se encontró que las actividades de diseño inicial y de representación de ideas permitieron que términos como “diseño” y “prototipo” se fueran naturalizando en su lenguaje. No obstante, muchas de las propuestas de diseño fueron poco estructuradas y requirieron de preguntas guía y de un ejercicio de reformulación colectiva.

Para el área de ciencias, en las dos dimensiones se encontró que en este paso se pretendía que los estudiantes plantearan y pusieran a prueba hipótesis, frente a lo cual las referencias evidenciaron que todos requirieron apoyo en el planteamiento y comprobación de sus hipótesis; pues sin la mediación de la docente, tendían a confundir hipótesis con simple opinión o con descripción de lo que “creen que pasará”. Así mismo, si bien se encontró que se fortalecieron las habilidades de observación y de diferenciación entre el antes y el después de la intervención, la relación entre evidencia y conclusión aún no estaba consolidada.

Frente al área de matemáticas, en sus respectivas dimensiones este nodo recogió referencias donde se muestra que las guías permitieron trabajar comparaciones, clasificación de figuras, operaciones básicas y relaciones lógicas, que evidencia la existencia de estudiantes que aún no tenían afianzados los aprendizajes base, lo que generó dificultades en los procesos posteriores, y aunque se usaron recursos visuales y contextos reales, se registró apatía asociada al número de ejercicios, de modo que se estableció la necesidad de ajustar la carga de actividades.

En cuanto a lo actitudinal, las referencias dieron cuenta de una participación muy alta, entre el 95 y el 100%, durante esta fase, con intervenciones orales frecuentes y voluntad de compartir

experiencias familiares entre las que se relacionó el trabajo en fincas, el uso de poleas caseras y polinización manual, de modo que es preciso establecer que la motivación se sostenía mejor cuando las actividades se conectaban claramente con situaciones que ellos reconocían en su entorno.

En el Nodo: Paso 3 – Diseñar, se encontró para el área de Ciencias que fue aquí donde los estudiantes comenzaron a distinguir entre observar y manipular y a justificar por qué ciertos materiales eran o no los adecuados. En la planificación del molino, por ejemplo, debían decidir qué materiales usar para la base, las aspas y el eje, y explicar su elección a partir de criterios de estabilidad y resistencia, lo cual hicieron de manera más elaborada, aunque, en muchos de los diseños no lograron integrar el sistema que permite elevar el objeto, lo que muestra una comprensión parcial del problema. Por su parte, en la situación del polinizador manual y del sistema de poleas, se evidenció progresivamente la identificación de variables (tipo de flor, textura del pompón, tipo de cuerda, tamaño de la polea) y su relación con la funcionalidad.

En el área de tecnología, este nodo contiene referencias a la selección de materiales, la representación gráfica de ideas y la justificación del diseño elegido, con las que se evidencia que los estudiantes argumentaron por qué elegían determinados materiales, aunque en algunos casos se mantuvieron propuestas poco viables que el propio grupo descartó. También se encontró que el diseño en papel se convirtió en un espacio de negociación donde prevalecieron las ideas de los grados mayores, pero se registraron aportes importantes de los grados menores en detalles concretos sobre el prototipado y su viabilidad.

En el caso del área de matemáticas, para las dos dimensiones, por supuesto, las referencias dieron cuenta del uso de las matemáticas para calcular medidas, estimar proporciones, dibujar dimensiones aproximadas y establecer relaciones de longitud y esfuerzo, pero no como un trabajo matemático formal, pues se evidenció una aplicación situada que sirvió al propósito del diseño. No obstante, se encontró que existían estudiantes que no entendían las matemáticas como una herramienta explícita, sino más bien como algo que la guía de trabajo exigía para su solución.

En lo actitudinal se observaron tensiones en el trabajo colaborativo, en especial cuando se conformaron grupos por similitud de edades en los primeros grados, ya que les costó a los

estudiantes llegar a acuerdos sobre los materiales y las formas, aunque al final los equipos lograron plasmar un diseño consensuado, gracias a una persistencia evidente para llegar a una propuesta común, lo cual es un indicador positivo de maduración socioemocional por parte de los estudiantes, lograda en el transcurso de la propuesta.

En el Nodo: Paso 4 – Crear, para el área de tecnología se encontró que, en cuanto a la construcción de los prototipos, este fue el momento en que las competencias procedimentales alcanzaron su mayor protagonismo. Los estudiantes debían trasladar el diseño del papel a la realidad, lidiar con las propiedades de los materiales, enfrentarse a fallos estructurales y reorganizar estrategias, y los registros de observación mostraron que, en el caso del molino, la mayoría de prototipos no logró cumplir el objetivo de elevar un objeto mediante la fuerza del viento, debido a problemas de estabilidad, sujeción de aspas y desconexión entre el movimiento del rotor y el sistema de elevación. Esto evidencia la distancia entre el diseño planeado y la implementación real.

Por su parte, en el polinizador manual los prototipos cumplieron mejor con su función, aunque con algunos fallos en el agarre, mientras que en el sistema de poleas se lograron estructuras funcionales que, aunque mejorables, permitieron el desplazamiento de las canastillas, de modo que se cumplió con el propósito de esta fase y los estudiantes crearon prototipos que podían atender de alguna manera una necesidad identificada.

En el caso del área ciencias, las referencias destacaron que los estudiantes formularon hipótesis con apoyo docente y luego observaron si se cumplían o no. Así, se identificaron variables como el peso de la estructura, la intensidad del viento, el tipo de flor y la fricción en la cuerda, donde persistieron dificultades para diferenciar los procesos de observación y conclusión, pero avanzaron en el uso de vocabulario científico básico, como fuerza, polen, fricción y resistencia.

En matemáticas, durante la construcción, los estudiantes recurrieron a medidas de longitud, conteo de vueltas, fracciones y cálculos simples, procedimientos en los requirieron a menudo el apoyo de la docente, pero también se encontró que las matemáticas fueron usadas para ajustar

tamaños, alturas y distancias. Esto evidencia que los estudiantes comenzaron a experimentar una comprensión que, aunque funcional, era incipiente.

Por último, en lo actitudinal se encontraron referencias a roles que se desdibujaron durante el desarrollo de las actividades, así como la necesidad de recordatorios constantes sobre la tarea asignada y momentos de frustración cuando los prototipos no funcionaban. De forma paralela se evidenciaron al margen de estas situaciones, actitudes de resiliencia, al observar que ciertos estudiantes volvieron a intentarlo y esto fortaleció la perseverancia y el trabajo colaborativo.

Ya para el Nodo: Paso 5 – Mejorar, en el área de tecnología, las referencias del protocolo condensan las evidencias de evaluación y mejora de prototipos. En el caso de los molinos, los estudiantes reconocieron que los prototipos funcionales compartían materiales ligeros y buen ensamble, mientras que los otros presentaron problemas de estabilidad. Así mismo, se encontró que propusieron ajustes en la forma de las aspas, la base y los materiales, aunque no todos los equipos lograron la elevación del objeto.

Para los polinizadores, los estudiantes identificaron que el principal problema no era la función de polinizar, en realidad era el agarre del prototipo, por lo cual, sugirieron incorporar un mango, reconociendo la importancia del diseño ergonómico en este tipo de artefactos en relación a la funcionalidad que brindan al mismo. En el caso de las poleas, analizaron la fricción y la suavidad del movimiento y plantearon cambios de tamaño de las poleas, el tipo de soga y la tensión de la cuerda, a partir de lo cual lograron mejoras significativas para el desarrollo del artefacto en cumplimiento con las necesidades a resolver.

En ciencias, los estudiantes reconocieron las fallas que habían presentado durante el proceso y propusieron soluciones, además de relacionar resultados con decisiones de diseño. Esto es una evidencia de avances en el pensamiento científico aplicado de los estudiantes, por tanto, la necesidad de experimentar y de revisar la seguridad y el orden en el uso de materiales se hizo explícita en este paso. En cuanto a matemáticas, se encontraron referencias donde los estudiantes verificaron resultados, justificaron sus estrategias y explicaron procesos de cálculo al comprobar mejoras en el funcionamiento de sus prototipos y esto, aunque no se trata de procedimientos complejos, sí implica una aproximación a la metacognición matemática, lo que llevó a que los

estudiantes se preguntan por qué ahora funciona mejor y qué cambió en las medidas o en los materiales.

Finalmente, en el componente actitudinal, para este paso, la mejora desarrollada por los estudiantes exigió una actitud reflexiva y de apertura al cambio que los estudiantes cumplieron, pues perseveraron después de sus fallos, se mostraron más conscientes del vínculo entre las decisiones previas y los resultados, pero consolidaron una disposición hacia la revisión y el ajuste de su propio trabajo.

Aunque el protocolo de observación no presentó datos desagregados por estudiante, las descripciones permiten identificar patrones por grupo de grados que se relacionan a continuación.

**Tabla 23**

*Análisis comparativo por grados*

<b>Grado</b>	<b>Características observadas</b>
<b>Grados 1°–2°</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formulan preguntas más centradas en lo afectivo y lo operativo.</li> <li>• Muestran mayor dificultad para seguir secuencias complejas de construcción.</li> <li>• Se frustran con más facilidad y tienden a abandonar temporalmente la actividad.</li> <li>• Aportan ideas concretas y descripciones sencillas (“que no se caiga”, “que sea suave”).</li> </ul>
<b>Grado 3°</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Funciona como “puente” entre los menores y los mayores.</li> <li>• Empieza a usar vocabulario más técnico y mostrar mejores niveles de argumentación, pero aún necesita mucho acompañamiento en la relación entre diseño y funcionamiento.</li> </ul>
<b>Grados 4°–5°</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lideran la comprensión de las problemáticas y la formulación de preguntas complejas.</li> <li>• Enriquecen las explicaciones con experiencias de trabajo en el hogar y conocimiento técnico familiar (poleas, riegos, polinización manual).</li> <li>• Asumen roles de facilitadores en el trabajo colaborativo, aunque en ocasiones monopolizan decisiones, opacando la voz de los menores.</li> <li>• Son quienes con mayor claridad identifican errores y proponen mejoras estructuradas en los prototipos.</li> </ul>

*Nota.* Elaboración propia.

De acuerdo con lo identificado por grados se concluye que existió un incremento del vocabulario técnico, especialmente en los grados 4° y 5°. Así mismo, se encontró que la mayor capacidad de abstracción y justificación se concentró también en los grados altos, mientras que la mayor necesidad de apoyo emocional y estructuración del trabajo en equipo se evidenció en 1° y 2°. Por último, con el grado 3° se identificó un rol bisagra, es decir, como un grado de conexión o paso de los niveles inferiores hacia los niveles superiores, pero que si no se medía adecuadamente desde lo pedagógico puede quedar atrapado entre la dependencia y la exigencia.

En cuanto a los resultados transversales por competencias se encontró que la competencia tecnológica resultó ser la más fortalecida, especialmente en su dimensión procedimental, de manera precisa, en los procesos de selección de materiales, secuencia de construcción, y evaluación del funcionamiento, y en sus procesos conceptuales básicos frente a la comprensión de prototipo, diseño y función.

Por su parte, la competencia científica mostró avances sustanciales en la observación, la identificación de variables y el reconocimiento de la necesidad de experimentar, aunque persistieron dificultades para formular y comprobar hipótesis de manera autónoma y para diferenciar con claridad entre los procesos de observación y conclusión. En el caso de la competencia matemática esta apareció como soporte funcional del proceso de diseño, lo que conllevó a que los estudiantes ajustaran medidas, estimaran distancias y realizaran operaciones simples; sin embargo, los vacíos previos en algunos contenidos limitaron el proceso.

El componente actitudinal aparece como eje relevante en Anael desarrollo de la estrategia basada en el proceso de diseño en ingeniería, pues las evidencias codificadas demostraron que, más allá de los aprendizajes conceptuales y procedimentales, los estudiantes desplegaron comportamientos socioemocionales clave para sostener las fases de imaginar, planear, crear y mejorar. Los registros de observación reflejaron cinco grandes categorías actitudinales: participación, colaboración, responsabilidad, perseverancia y regulación emocional. A continuación, se presenta un análisis consolidado de cada una, articulado con lo vivido en aula.

La participación se convirtió en uno de los aspectos más recurrentes en los registros, pues desde el Paso 1 hasta el Paso 5, los estudiantes se mostraron dispuestos a intervenir, opinar, preguntar y socializar sus ideas, de manera tal que en la fase de imaginar, se registró una participación del 95 al 100%, especialmente cuando las actividades estaban conectadas con su entorno rural, como en el caso de la poleas usadas en las fincas, la polinización observada en los cultivos, el manejo de canastillas y el transporte de productos agrícolas. Sin embargo, se encontró que la participación no fue homogénea porque se los estudiantes de grados superiores mostraron iniciativa constante en la discusión, mientras que los menores requirieron de más apoyo para expresarse. Sin embargo, cuando se generaban espacios seguros y preguntas abiertas, se encontró que, incluso, los estudiantes de los grados inferiores lograban aportar ideas válidas y pertinentes,

de lo cual es preciso concluir que reconocieron sentido en las actividades y se involucraron genuinamente con los retos, luego, la motivación surgió del vínculo entre la propuesta y su vida cotidiana.

La colaboración se encontró como un ítem con comportamientos constantes, pero con dinámicas particulares según el grado, que se evidenciaron en casos particulares como en los equipos mixtos, donde los estudiantes de 4° y 5° asumieron roles de liderazgo, guiando y explicando conceptos a sus compañeros menores, este es un liderazgo netamente espontáneo que funcionó en muchos casos como un mecanismo natural de tutoría entre pares. Sin embargo, el protocolo también registró tensiones frente a hechos donde los estudiantes mayores en ocasiones monopolizaban decisiones, los estudiantes menores podían sentirse desplazados o desorientados cuando el ritmo de trabajo aumentaba.

En cuanto a la conformación de equipos con integrantes cuyas edades eran las mismas o muy similares como por ejemplo grados como 1° y 2° tenían mayores dificultades para llegar a acuerdos, mantener el foco de trabajo y distribuir los roles. Pese a esto, la colaboración mejoró significativamente cuando el docente intervino para reorganizar los roles, asignarlas responsabilidades claras y moderar la participación de los mayores. Con estos hallazgos se abre paso a entender que el aula multigrado potencia la colaboración entre pares, pero requiere, de manera indispensable, la regulación pedagógica del docente para que no se generen jerarquías excesivas, de modo que la colaboración aparece como recurso esencial para lograr avances en las fases de ingeniería.

En cuanto a la responsabilidad, las referencias actitudinales mostraron una comprensión creciente del uso responsable de los materiales y las herramientas, con la evidencia de algunos estudiantes que se esforzaron por cuidar los recursos, trabajar con orden y evitar riesgos, especialmente cuando manipulaban palos de balsa, alambres o piezas pequeñas. Sin embargo, la responsabilidad no era estable, sino que fluctuaba según el grado, de modo que en los niveles inferiores requirieron más recordatorios para mantener el puesto organizado, seguir las instrucciones o conservar el material en buen estado, mientras que, en los grados superiores, la responsabilidad se reflejó en la constancia, la organización del equipo, la conservación de la calma y la toma de decisiones frente a los fallos en los prototipos. De esta manera la

responsabilidad emergió como una competencia transversal que se fortaleció conforme avanzaba el proceso, permitiendo sostener actividades prácticas que implicaban la manipulación de materiales.

En relación con la perseverancia y el afrontamiento de la frustración, se encuentra la mayor riqueza de datos en el protocolo, pues durante la fase de crear, en el momento que los prototipo cumplían su función, se observó frustración intensa en los estudiantes de grados iniciales acompañado de un abandono temporal de la tarea y de expresiones de desánimo como “no sirve” o “eso no se puede”; mientras que en los grados superiores se encontró en los estudiantes capacidad para volver al diseño, proponer cambios, identificar errores, probar nuevamente, ajustar materiales y secuencias, buscar alternativas cuando algo no funcionaba, es decir que la perseverancia fue evidente cuando los prototipos debía replantearse, en especial para la elaboración de los molinos eólicos, que fueron los que presentaron mayores desafíos para su construcción y funcionamiento.

En ese sentido, la falla técnica de los prototipos se convirtió en una oportunidad pedagógica significativa en la que los estudiantes, incluso los más frustrados, regresaron a la tarea, manifestando con ello procesos de resiliencia y de pensamiento crítico emergente, como habilidades fundamentales para el aprendizaje basado en diseño en ingeniería. Por último, en la categoría de autonomía y liderazgo, aunque aparece combinada con otras en el protocolo, el análisis mediante NVivo permitió identificarla como un subtema emergente, debido a que los estudiantes mayores asumieron liderazgo al organizar el trabajo, explicar los conceptos, repartir las tareas y motivar a los compañeros menores, mientras que los pequeños mostraron autonomía progresiva cuando lograron asumir roles claros para tareas de recortar, pegar, seleccionar, medir u observar, especialmente cuando los grupos estuvieron bien equilibrados. Aquí se encontró que la autonomía se fortaleció cuando la docente estructuró roles y las responsabilidades, de manera que el liderazgo positivo de los mayores favoreció la construcción colectiva del conocimiento. Los resultados en el componente actitudinal se sintetizan a continuación:

**Tabla 24**

Síntesis del análisis actitudinal según la codificación NVivo

<b>Aspecto actitudinal identificado</b>	<b>Descripción</b>
<b>1. Participación</b>	Altos niveles de participación sostenidos por el vínculo del proyecto con la vida rural.
<b>2. Colaboración</b>	Colaboración activa, con tensiones propias del aula multigrado, pero también con tutoría entre pares.
<b>3. Responsabilidad</b>	Responsabilidad creciente frente al uso de materiales y recursos.
<b>4. Perseverancia</b>	Perseverancia como rasgo dominante, especialmente en la fase de creación y mejora.
<b>5. Autonomía y liderazgo</b>	Procesos emergentes de autonomía y liderazgo, especialmente en estudiantes de grados superiores.
<b>6. Acompañamiento socioemocional</b>	Necesidad de acompañamiento socioemocional, especialmente en los grados inferiores durante situaciones de frustración.

*Nota.* Elaboración propia

### **6.3. Características del estado final de la población tras la propuesta de intervención**

En esta sección se presenta el análisis de resultados obtenidos a partir del post-test con el fin de establecer el desarrollo de las competencias científicas, tecnológicas y matemáticas entre los estudiantes del grupo experimental y el grupo control después de la implementación de una propuesta pedagógica en Educación STEM, con lo cual se da cumplimiento al tercer objetivo de investigación. Es importante aclarar que se incluirá un análisis por grado y por género, pero dado el tamaño reducido de la muestra y la distribución multigrado, estos se presentarán con carácter descriptivo, con el propósito de contextualizar el desempeño de los estudiantes y explorar las posibles tendencias relacionadas con la equidad educativa en entornos rurales multigrado.

#### **6.3.1. Resultados matemáticos**

A continuación, se detallan los resultados en la competencia de matemáticas para las dimensiones conceptual y procedimental.

##### **6.3.1.2. Resultados matemáticas dimensión conceptual – grupo experimental y grupo control**

**Tabla 25**

*Desempeño por grados - matemáticas - dimensión conceptual - grupo experimental*

<b>Estudiante</b>	<b>Grado</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>	<b>Total</b>	<b>Nivel</b>
E1	1°	4	4	4	4	2	18	Alto
E2	1°	4	4	3	3	2	16	Satisfactorio
E3	2°	3	3	3	3	3	15	Satisfactorio
E4	2°	3	2	3	3	3	14	Satisfactorio
E5	2°	3	3	2	3	3	14	Satisfactorio
E6	3°	3	3	3	3	3	15	Satisfactorio
E7	4°	4	3	3	4	3	17	Satisfactorio
E8	4°	3	4	3	3	3	16	Satisfactorio
E9	5°	4	3	4	3	3	17	Satisfactorio
E10	5°	3	3	3	3	3	15	Satisfactorio
E11	5°	3	2	2	2	2	11	Básico

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 26**

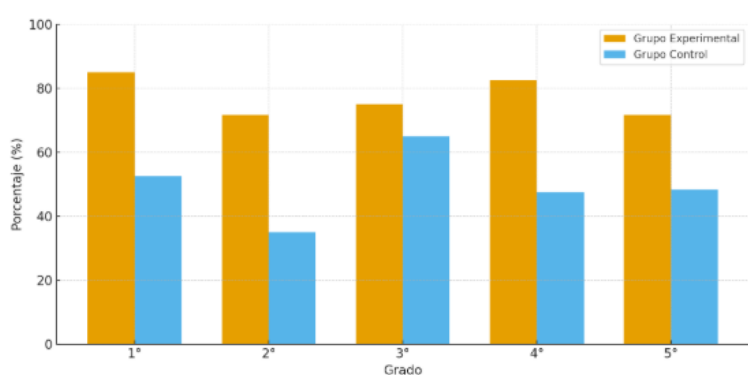
*Desempeño por grados - matemáticas - dimensión conceptual - grupo control*

<b>Estudiante</b>	<b>Grado</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>	<b>Total</b>	<b>Nivel</b>
E1	1°	1	3	2	1	1	8	Bajo
E2	1°	3	3	2	2	3	13	Básico
E3	2°	1	2	1	2	1	7	Bajo
E4	2°	3	1	1	2	1	8	Bajo
E5	2°	1	2	1	1	1	6	Bajo
E6	3°	4	2	3	2	4	13	Básico
E7	4°	4	1	1	3	1	10	Básico
E8	4°	3	1	1	2	2	9	Bajo
E9	5°	1	2	4	1	1	9	Bajo
E10	5°	4	2	1	2	2	11	Básico
E11	5°	4	1	1	2	1	9	Bajo

*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 8**

*Desempeño por grados - matemáticas - dimensión conceptual - grupo experimental y grupo control*



*Nota.* Elaboración propia.

Los resultados cuantitativos muestran una diferencia sustancial entre el grupo experimental y el grupo control, dejando como primer impacto la existencia de un efecto generalizado de la implementación de la propuesta pedagógica basada en el proceso de diseño en ingeniería sobre el grupo experimental además de un cambio en la forma en que los estudiantes procesan, representan y aplican el conocimiento. En el caso del grupo experimental, los promedios generales se ubicaron en un nivel de desempeño satisfactorio, con un puntaje medio de 15.27 sobre 20, lo que equivale a un 76% del máximo posible que contrasta con el grupo control, donde se logró un promedio de 9.36, apenas alcanzando el 47% del total. La diferencia estadística, con un tamaño del efecto cercano a 2.8, señala un impacto significativo que, en términos de niveles, el 82% de los estudiantes del grupo experimental alcanzó un desempeño satisfactorio, un 9% logró un nivel alto y solo un 9% permaneció en nivel básico; mientras que en el grupo control, el 64% se mantuvo en bajo y ningún estudiante logró un nivel satisfactorio o alto.

Esos resultados en el grupo experimental se deben a que los estudiantes no se quedaron en la memorización de conceptos, los comprendieron, los relacionaron entre sí y los aplicaron en contextos diversos, por lo que se valida que existió un aprendizaje significativo matemático, dado que tal como lo plantea Alsina (2004, 2019), este requiere transitar desde los contextos informales donde el estudiante manipula materiales concretos y resuelve problemas cercanos a su

vida cotidiana hacia contextos intermedios y, finalmente, formales, donde el conocimiento se representa de manera simbólica y abstracta. En ese sentido, los resultados evidencian que la estrategia pedagógica implementada en el grupo experimental logró ese tránsito, propiciando que los estudiantes adquirieran un lenguaje matemático más estructurado y funcional.

Así mismo, los ítems del post-test mostraron una mejora generalizada en todos los indicadores, especialmente en los de tipo interpretativo y relacional (P2, P3 y P4), evidenciando, pues, que los estudiantes del grupo experimental aprendieron a usar los conceptos como herramientas para resolver situaciones, identificar equivalencias y justificar respuestas y no como definiciones aisladas. Aquí existe una correspondencia con el enfoque de la OCDE (2018) en PISA, que concibe la competencia matemática como la capacidad para razonar, formular y emplear conceptos en la solución de problemas reales, y con la propuesta de Vivas-García (2017) quien enfatiza que el desarrollo conceptual pasa de la mera apropiación de fórmulas hacia la comprensión de sus condiciones de uso, una habilidad que el grupo experimental demostró haber adquirido con claridad.

El contraste con el grupo control permite apreciar el papel que desempeñaron las metodologías activas en el contexto rural, pues los estudiantes que no participaron de la intervención permanecieron en niveles bajos, con respuestas centradas en la repetición mecánica o en el reconocimiento parcial de nociones, lo cual coincide con lo descrito por Miranda (2020) sobre la modalidad multigrado. En cambio, el grupo experimental parece haberse beneficiado de un entorno más dinámico, donde los tiempos se organizaron por estaciones de trabajo y las actividades fomentaron la tutoría entre pares, permitiendo que los estudiantes mayores apoyaran a los menores y consolidaran sus propios aprendizajes. Aquí conviene mencionar que el aula multigrado, lejos de ser una desventaja, se revela aquí como un espacio de aprendizaje comunitario con el potencial de fortalecer la inclusión y el aprendizaje significativo si se gestionan metodologías flexibles y colaborativas, tal como lo describe la UNESCO (2003, 2023), pues los resultados obtenidos demostraron que la heterogeneidad, más que un obstáculo, se convirtió en un recurso pedagógico que favoreció la comprensión conceptual mediante el diálogo, la cooperación y la aplicación de los saberes en situaciones o problemáticas reales para los niños y niñas..

No obstante, el análisis también permite identificar un punto de atención que se centra en el desempeño del grado quinto en el grupo experimental. Aunque los resultados de este grado son mejores que los del grupo control, con un promedio total de 11 puntos, es inferior al de los grados anteriores, un descenso que podría estar relacionado con el paso hacia contenidos más abstractos, que requieren de un mayor nivel de generalización y simbolización, como la proporcionalidad o las operaciones con fracciones. Según Alsina (2019), este es un momento crítico en el desarrollo cognitivo del estudiante, donde se hace necesario tender puentes representacionales que conecten lo concreto con lo simbólico, de modo que es necesario fortalecer las actividades intermedias que promuevan la traducción entre diferentes representaciones como las gráficas, las numéricas y las verbales, a fin de facilitar la comprensión de los conceptos.

Desde una perspectiva pedagógica más amplia, los resultados del post-test confirman que la enseñanza de las matemáticas mediante el proceso de diseño en ingeniería con la integración de la Educación STEM produce mejoras significativas en el aprendizaje conceptual, puesto potencia la capacidad de los estudiantes para aplicar el conocimiento en contextos reales, favoreciendo la creatividad y la resolución de problemas (Botero, 2018, & Bybee, 2015), pues la intervención desarrollada permitió la construcción de significados al abordar problemáticas reales del entorno de los estudiantes. Estos resultados ratifican que la Educación STEM, puede adaptarse al aula multigrado y lograr eliminar las barreras entre las disciplinas y conectar el conocimiento con la vida cotidiana de los estudiantes, tal como lo proponen Vásquez et al. (2013), pues los niños y niñas del grupo experimental resolvieron ejercicios y razonaron sobre ellos, discutieron estrategias y reconocieron el valor de las matemáticas en su entorno.

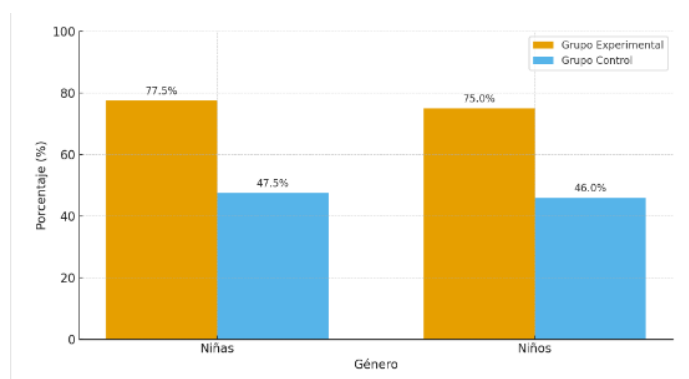
Al comparar el grupo control y el grupo experimental se evidencia, entonces, que la intervención con la propuesta pedagógica permitió movilizar el aprendizaje conceptual matemático dentro del aula multigrado, dado que los estudiantes del grupo experimental demostraron que la apropiación de los conceptos dejó de ser una tarea individual y abstracta para convertirse en una construcción compartida, situada en la realidad y mediada por la interacción entre pares. Con este hallazgo se confirma que la educación en contextos rurales puede alcanzar niveles de alto desempeño cuando se promueven prácticas didácticas inclusivas, activas y contextualizadas, de modo que es posible concebir el aula multigrado como un laboratorio de

innovación pedagógica donde el aprendizaje matemático cobra sentido en la experiencia cotidiana.

En cuanto a la clasificación de los resultados por género, se obtuvo:

### Figura 9

*Resultados por género - matemáticas - dimensión conceptual - grupo experimental y grupo control*



*Nota.* Elaboración propia.

Se evidenció, en el análisis por género que las niñas del grupo experimental obtuvieron el promedio más alto (15.5), superando ligeramente a los niños (15.0), lo que sitúa una diferencia que, aunque leve, sugiere una mayor consolidación conceptual en las niñas, posiblemente asociada con su participación más activa en las dinámicas colaborativas del aula multigrado, donde el diálogo y la argumentación son esenciales para la comprensión de conceptos. En contraste, en el grupo control, tanto niñas como niños presentaron desempeños bajos (9.5 y 9.2 respectivamente). Con estos resultados se confirma que, bajo condiciones pedagógicas y didácticas participativas, la brecha de género prácticamente desaparece y ambos grupos logran aprendizajes conceptuales sólidos, en coherencia con Miranda (2020) y Alsina (2019), quienes afirman que el aula multigrado, cuando se dinamiza con estrategias experienciales y contextualizadas, permite que las diferencias individuales se transformen en oportunidades de cooperación y que la comprensión matemática se desarrolle de manera equitativa entre géneros y grados.

**6.3.1.3. Resultados matemáticas dimensión procedimental – grupo experimental y grupo control**

**Tabla 27**

*Desempeño por grados - matemáticas - dimensión procedimental - grupo experimental*

<b>Estudiante</b>	<b>Grado</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>	<b>Total</b>	<b>Nivel</b>
E1	1°	4	3	3	3	3	16	Satisfactorio
E2	1°	3	3	3	3	3	15	Satisfactorio
E3	2°	4	4	3	3	3	17	Satisfactorio
E4	2°	4	4	2	3	4	17	Satisfactorio
E5	2°	3	3	1	3	3	13	Básico
E6	3°	3	4	4	2	3	16	Satisfactorio
E7	4°	4	3	3	4	3	17	Satisfactorio
E8	4°	4	3	3	3	3	16	Satisfactorio
E9	5°	4	4	4	3	3	18	Alto
E10	5°	4	3	3	4	3	17	Satisfactorio
E11	5°	3	3	4	2	2	14	Satisfactorio

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 28**

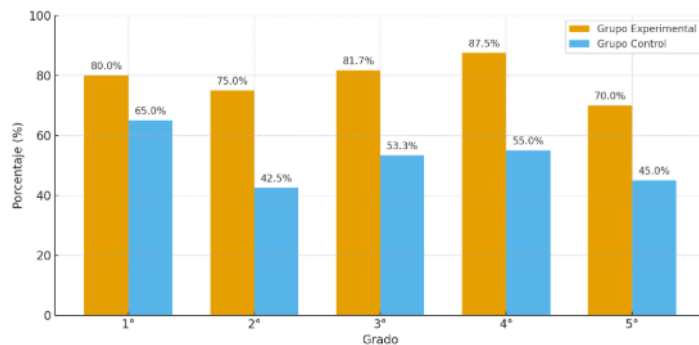
*Desempeño por grados - matemáticas - dimensión procedimental - grupo control*

<b>Estudiante</b>	<b>Grado</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>	<b>Total</b>	<b>Nivel</b>
E1	1°	3	3	3	2	2	13	Básico
E2	1°	3	2	3	2	3	13	Básico
E3	2°	1	4	1	4	3	13	Básico
E5	2°	4	1	0	3	1	9	Bajo
E4	2°	4	1	1	1	1	8	Bajo
E6	3°	2	1	2	4	4	13	Básico
E7	4°	4	1	1	1	3	10	Básico
E8	4°	2	2	2	2	1	9	Bajo
E10	5°	2	4	3	2	2	13	Básico
E9	5°	4	1	1	1	2	9	Bajo
E11	5°	3	2	1	1	2	9	Bajo

*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 10**

*Resultados por grado - dimensión procedimental – grupo experimental y grupo control*



*Nota.* Elaboración propia.

En la dimensión procedimental, los estudiantes del grupo experimental presentaron un desempeño satisfactorio, con promedios que oscilan entre los 15 y los 18 puntos (entre el 75% y el 90%), mientras que el grupo control mantiene puntajes entre los 8 y los 13 puntos (40% y el 65% respectivamente), ubicándose entre los niveles bajo y básico, esta diferencia puede interpretarse como el reflejo de la incidencia de la propuesta pedagógica, que fortaleció la aplicación práctica de los conocimientos matemáticos mediante actividades de exploración, manipulación de materiales y resolución de problemas mediante unos pasos concretos, pues se evidencia que los estudiantes comprendieron y aplicaron los procedimientos con sentido y no de manera mecánica, lo que se consolida en una evolución en la forma de ejecutar las operaciones, seleccionar las estrategias adecuadas y verificar los resultados, lo que muestra una apropiación gradual de la lógica matemática, mientras que, en contraste con el grupo control, sin la mediación de estrategias experienciales, se evidenció un trabajo más fragmentado y memorístico, con errores frecuentes en los pasos de resolución y escasa justificación de los procedimientos empleados.

Esa mejora del grupo experimental se comprende a la luz de los planteamientos de Alsina (2004, 2019), quien señala que el desarrollo de la competencia matemática debe avanzar desde lo informal hasta lo formal, permitiendo al estudiante aprender haciendo y aplicar los procedimientos a situaciones reales de su entorno; esto se tradujo en una práctica pedagógica donde los niños y niñas trabajaron con situaciones y materiales del contexto para representar

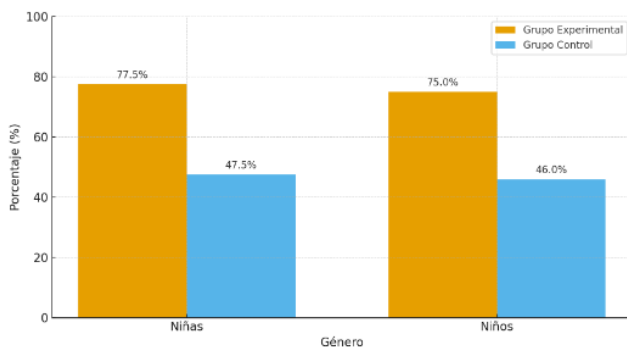
cantidades, fracciones y figuras geométricas, integrando la vivencia con la abstracción. Desde la perspectiva de Cañal (2012) y Pedrinaci et al. (2012), la dimensión procedimental evidencia la capacidad del estudiante para usar el conocimiento científico-matemático en la resolución de problemas, la formulación de estrategias y la interpretación de resultados, y en este caso los estudiantes del grupo experimental ejecutaron los algoritmos y demostraron entendimiento de los pasos seguidos, validando resultados mediante la comparación y el razonamiento colectivo, mientras que en el grupo control se percibe la permanencia de un modelo de enseñanza cuasimonogrado como lo nombra Miranda (2020), caracterizado por tiempos divididos y tareas diferenciadas que reducen la interacción y limitan el aprendizaje cooperativo. Esto explica la dispersión de los resultados donde mientras algunos estudiantes alcanzaron niveles básicos, otros permanecieron en un desempeño bajo debido a la falta de continuidad y acompañamiento en el desarrollo de las habilidades procedimentales.

El aula multigrado, tradicionalmente vista como la mezcla de edades y grados, se convierte, bajo la Educación STEM, en un espacio de aprendizaje interdisciplinar y colaborativo, tal como lo propone Bybee (2015), luego, en el caso de la presente investigación, la combinación de grados permitió que los estudiantes más avanzados apoyaran a los menores, replicando dinámicas de aprendizaje entre, consolidándose así un trabajo cooperativo que facilitó la comprensión de los pasos procedimentales y fortaleció la autorregulación y la argumentación entre los estudiantes. En ese sentido, se evidencia que las actividades implementadas mediante el proceso de diseño en ingeniería posibilitaron que los procedimientos matemáticos se desarrollaran de forma significativa, de modo que los estudiantes identificaban problemas reales, diseñaban modelos o prototipos, realizaban mediciones y comparaciones, y finalmente analizaban los resultados en comunidad, una secuencia práctica teórico-aplicada que coincide con lo que Botero (2018) define como la esencia del aprendizaje interdisciplinar STEM: aprender desde la experiencia para comprender el fenómeno.

Finalmente, los resultados por género se comportaron de la siguiente manera:

**Figura 11**

*Resultados por género - dimensión procedimental – grupo experimental y grupo control*



*Nota.* Elaboración propia.

Tanto las niñas como los niños del grupo experimental presentaron un rendimiento significativamente superior al del grupo control, con promedios de 15.5 (77.5 %) y 15.0 (75 %) frente a 9.5 (47.5 %) y 9.2 (46 %), respectivamente, comportamiento que confirma que la intervención basada en el enfoque STEM permitió fortalecer la aplicación práctica de los conocimientos matemáticos, fomentando la resolución de problemas, el uso de materiales concretos y la verbalización de los procedimientos. Además, la cercanía entre los resultados de niñas y niños refleja un avance equitativo, coherente con lo planteado por Miranda (2020) y la UNESCO (2003) sobre la inclusión en el aula multigrado, donde, para el caso específico de la presente investigación, el aprendizaje colaborativo y las actividades experienciales favorecieron el desarrollo de habilidades sin brechas de género, mostrando que ambos grupos lograron apropiarse de las rutinas procedimentales con comprensión, situación que no se vio reflejada en el grupo control al mantener desempeños bajos y homogéneos

### **6.3.2. Resultados ciencias**

A continuación, se detallan los resultados en el área de ciencias para las dimensiones conceptual y procedimental.

**6.3.2.1. Resultados ciencias – dimensión conceptual – grupo experimental y grupo control**

**Tabla 29**

*Desempeño por grados - ciencias - dimensión conceptual - grupo experimental*

Estudiante	Grado	P1	P2	P3	P4	P5	Total	Nivel
E1	1°	3	3	3	3	2	14	Satisfactorio
E2	1°	3	3	3	3	4	15	Satisfactorio
E3	2°	2	2	3	3	4	14	Satisfactorio
E4	2°	3	4	3	3	3	16	Satisfactorio
E5	2°	3	2	2	3	3	13	Básico
E6	3°	4	3	3	3	4	17	Satisfactorio
E7	4°	2	4	4	3	3	16	Satisfactorio
E8	4°	3	3	3	3	3	15	Satisfactorio
E9	5°	4	4	4	3	3	18	Alto
E10	5°	3	3	3	3	3	15	Satisfactorio
E11	5°	3	3	2	2	2	12	Básico

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 30**

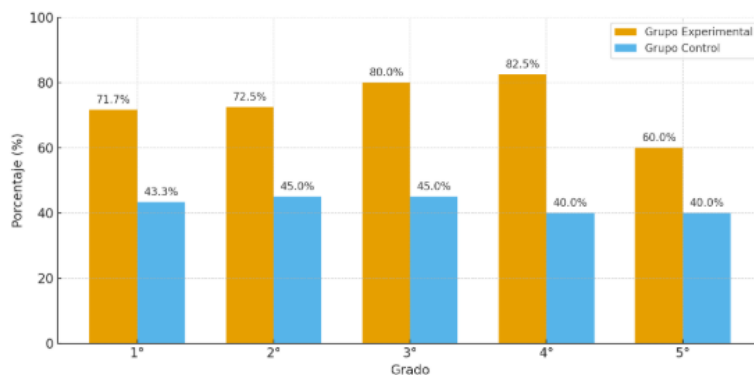
*Desempeño por grados - ciencias - dimensión conceptual - grupo control*

Estudiante	Grado	P1	P2	P3	P4	P5	Total	Nivel
E1	1°	1	2	3	1	2	9	Bajo
E2	1°	1	1	1	1	2	6	Bajo
E3	2°	3	3	2	2	1	11	Básico
E4	2°	1	3	2	2	2	10	Básico
E5	2°	1	2	2	2	1	8	Bajo
E6	3°	1	2	2	2	3	10	Básico
E7	4°	1	2	1	2	2	8	Bajo
E8	4°	3	2	1	2	1	9	Bajo
E9	5°	1	1	2	1	2	7	Bajo
E10	5°	1	2	2	2	2	9	Bajo
E11	5°	2	1	2	1	2	8	Bajo

*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 12**

*Desempeño por grados - ciencias - dimensión conceptual - grupo experimental y grupo control*



*Nota.* Elaboración propia.

Los resultados obtenidos en la dimensión conceptual del área de Ciencias evidencian una diferencia marcada entre el grupo experimental y el grupo control, pues en el grupo experimental, el 82 % de los estudiantes (9 de 11) alcanzó niveles altos de desempeño, con un 72 % en nivel Satisfactorio y un 9 % en el nivel Alto, mientras que el 18 % (2 de 11) se ubicó en el nivel Básico y no hubo ningún estudiante en nivel Bajo. En términos de puntaje, el promedio global del grupo fue de 14,9/20, lo que equivale al 74,5 % de logro conceptual, con un comportamiento no se patrón ascendente entre 1° y 4°, donde en 1° el rendimiento fue de 71,5 % y avanzó en 2° con 72,5 %, en 3° en 80 % y en 4° en 82,5 %.

Estos resultados sugieren que los estudiantes lograron construir explicaciones científicas, relacionar los fenómenos con su contexto rural, utilizar las evidencias para justificar ideas y avanzar de lo concreto a lo conceptual, tal como lo plantean la OCDE (2008), Cañal (2012) y Pedrinaci et al. (2012), con una progresión conceptual que es coherente con las condiciones pedagógicas propias de una intervención con Educación STEM, donde los problemas del entorno se convierten en puntos de partida para observar, preguntar, experimentar y argumentar, lo que permite a los niños movilizar la competencia científica más allá de la memorización.

Contrario a este panorama, el grupo control mostró un comportamiento semejante a los resultados del pre-test. El 73 % de los estudiantes (8 de 11) se ubicó en el nivel Bajo, mientras que el 27 % restante está en el nivel Básico, sin que existieran rendimientos en los desempeños

Satisfactorio ni Alto. El promedio global de este grupo fue de 8,5/20, equivalente al 42,5 % de logro, es decir, 32 puntos porcentuales menos que el grupo experimental, luego, a diferencia del grupo experimental la progresión entre grados no muestra crecimiento conceptual, pues en 1° el rendimiento fue de 43,5 %, en 2° fue de 45 %, en 3° fue de 45 %, en 4° fue de 40 % y en 5° también de 40 %.

En consecuencia, cuando se contrasta la práctica STEM del grupo experimental o grupo muestra con las dinámicas tradicionales del grupo control, surgen evidencias claras de transformación, pues en el caso del grupo experimental, las actividades integradas de observación, manipulación, diseño de prototipos y resolución de problemas permitieron que los niños participaran activamente en la construcción del conocimiento, lo que favorece la significatividad, la integración y la funcionalidad del aprendizaje científico (Cañal, 2012). En ese sentido, la constante interacción entre los estudiantes de diferentes edades, propia del aula multigrado, deja de ser un obstáculo y pasa a convertirse en una oportunidad de aprendizaje cooperativo, donde el maestro guía los procesos y los más pequeños exploran mientras reciben apoyo de los más grandes y del maestro mismo, un fenómeno coherente con el planteamiento de Miranda (2020) sobre el potencial inclusivo del aula rural.

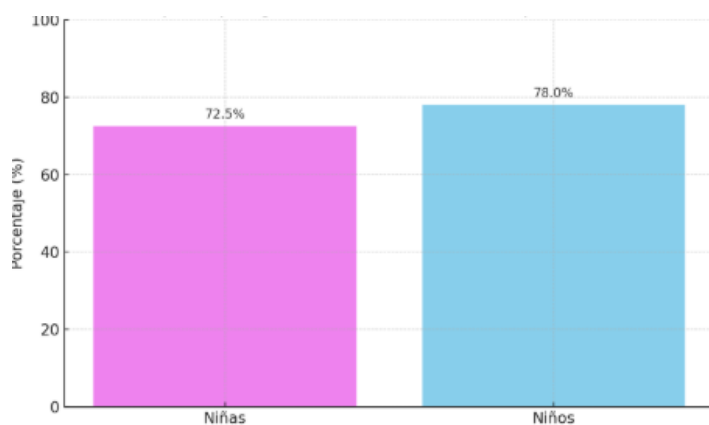
De otro lado, el uso de materiales del entorno y la creación de dispositivos sencillos respondió a la competencia tecnológica planteada por Merchán Basabe (2005), quien señala que diseñar y construir prototipos para resolver situaciones reales permite movilizar procesos cognitivos superiores vinculados al análisis, la innovación y la inventiva. Esta integración entre ciencia, tecnología y entorno fortalece la comprensión conceptual, porque los estudiantes escuchan la explicación para posteriormente experimentar, observar e interpretar resultados, como elementos clave de la competencia científica definida por Pedrinaci et al. (2012).

A modo general se observa que la diferencia porcentual entre ambos grupos demuestra que la implementación del proceso de diseño en ingeniería permitió que el aula multigrado avanzara en ciertas limitaciones que se evidencian en este contexto y se transformara en un entorno activo, interdisciplinar y significativo para a construcción de conocimiento, pues mientras el grupo control permaneció en niveles de desempeño que oscilan entre el 40 % y el 45 % de logro conceptual, el grupo experimental alcanzó entre el 70 % y el 82 %, como evidencia de que una

intervención fundamentada en la Educación STEM y representada en el proceso de diseño en ingería y contextualizada en las realidades del campo favorece la comprensión profunda, la curiosidad científica y la apropiación crítica del conocimiento, lo que permite establecer que el desarrollo de la propuesta mejora el aprendizaje de las ciencias mientras resignifica el aula rural como un espacio pedagógico con un enorme potencial para la formación científica en los primeros años escolares. De otro lado, el rendimiento por género fue así:

**Figura 13**

*Resultados por género - ciencias - dimensión procedimental - grupo experimental y grupo control*



*Nota.* Elaboración propia.

En cuanto al rendimiento por género se observa una diferencia leve pero significativa donde las niñas alcanzaron un puntaje de 14,5/20, equivalente al 72,5 % de logro, mientras que los niños promediaron 15,6/20, equivalente al 78 % de logro, y aunque ambos grupos se ubicaron dentro de niveles satisfactorios, los niños demostraron una ligera ventaja porcentual de alrededor del 5,5 %, que obedece a la frecuencia de actividades relacionadas con manipulación de materiales, diseño de prototipos o ejecución de experimentos, tareas que tienden a fortalecer la comprensión conceptual en ciencias, mientras que las niñas, aunque mantuvieron un desempeño igualmente alto, pudieron mantenerse un poco por debajo en comparación de los niños tal vez porque estos asumieron el liderazgo en el desarrollo de las actividades. No obstante, la paridad en los rendimientos es coherente con la perspectiva de Bybee (2015) y Johnson et al. (2021), quienes

argumentan que la Educación STEM reduce brechas de género al permitir la participación equitativa, el trabajo en equipo, la comunicación y la resolución de problemas contextualizados.

**6.3.2.2. Resultados ciencias – dimensión procedimental – grupo experimental y grupo control**

**Tabla 31**

*Desempeño por grados - ciencias - dimensión procedimental - grupo experimental*

Estudiante	Grado	P1	P2	P3	P4	P5	Total	Nivel
E1	1°	3	3	3	3	3	15	Satisfactorio
E2	1°	3	3	3	4	4	17	Satisfactorio
E3	2°	2	3	2	3	4	14	Satisfactorio
E4	2°	3	4	3	4	3	17	Satisfactorio
E5	2°	2	2	3	3	3	13	Básico
E6	3°	4	3	3	3	3	16	Satisfactorio
E7	4°	3	4	4	4	3	18	Alto
E8	4°	3	4	3	3	3	16	Satisfactorio
E9	5°	1	1	2	2	2	8	Bajo
E10	5°	4	3	3	4	4	18	Alto
E11	5°	3	3	3	3	3	15	Satisfactorio

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 32**

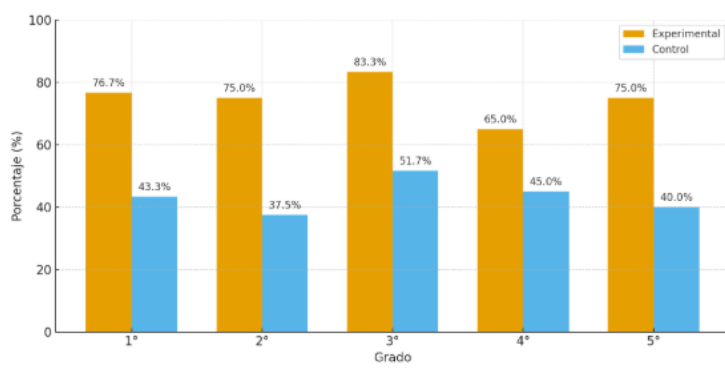
*Desempeño por grados - ciencias - dimensión procedimental - grupo control*

Estudiante	Grado	P1	P2	P3	P4	P5	Total	Nivel
E1	1°	2	3	2	3	2	12	Básico
E2	1°	1	2	1	1	1	6	Bajo
E3	2°	1	1	2	2	2	8	Bajo
E4	2°	1	1	1	2	2	7	Bajo
E5	2°	1	1	2	2	2	8	Bajo
E6	3°	2	3	3	1	1	10	Básico
E7	4°	3	2	1	1	2	9	Bajo
E8	4°	3	2	2	3	2	12	Básico
E9	5°	1	2	1	1	2	7	Bajo
E10	5°	2	2	3	2	2	11	Básico
E11	5°	2	2	1	1	2	8	Bajo

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 33**

*Resultados por grados - ciencias - dimensión procedimental - grupo experimental y grupo control*



*Nota.* Elaboración propia.

Al analizar los resultados de la dimensión procedimental, se evidencia de manera clara que los estudiantes del grupo experimental tuvieron un desempeño muy superior frente al grupo control en todos los grados, una diferencia estadística que es, además, de significativa, confirma que cuando el estudiante manipula, experimenta, predice y verifica, desarrolla habilidades científicas más complejas que no se logran únicamente con instrucción tradicional, así lo confirman estos resultados, para el caso de primer grado, el grupo experimental alcanza un promedio de 15.3 puntos, equivalente al 76.5% del desempeño máximo posible, mientras que el grupo control llega apenas a 8.7 puntos, lo que corresponde al 43.5%. Esto significa que los estudiantes que vivieron la experiencia duplicaron el nivel procedimental de quienes no lo hicieron.

Por su parte, en el grado segundo la tendencia se mantuvo en el grupo experimental con un promedio de 15 puntos (75%), frente a 7.5 puntos (37.5%) del grupo control, mientras que en tercer grado presentó el resultado más alto del grupo experimental, con un promedio de 16.6 puntos (83%), mientras que el control alcanzó 10.3 puntos (51.5%), entre tanto, en cuarto grado, aunque uno de los estudiantes del grupo experimental obtuvo un nivel bajo, el promedio del grupo se mantuvo en 13 puntos (65%), por encima del grupo control, que alcanzó 9 puntos

(45%). Finalmente, en quinto grado se observó un cierre sólido donde el grupo experimental logró un promedio de 15 puntos (75%), frente a 8 puntos (40%) del grupo control.

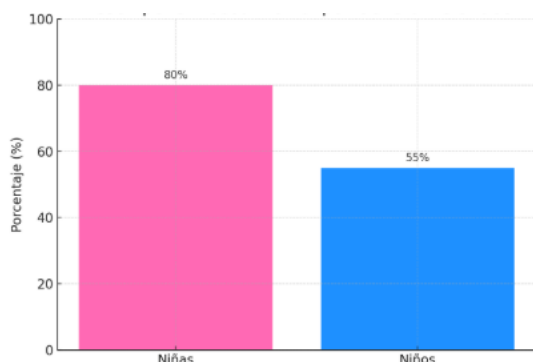
En consecuencia, al observar la progresión, el grupo experimental se mantuvo estable dentro de los rangos satisfactorio–alto, mientras que el grupo control permaneció entre bajo y básico, sin avances significativos, de modo que se demuestra que la dimensión procedimental no se adquiere de manera espontánea, pues requiere de experiencias sistemáticas de experimentación guiada, reflexión, trabajo colaborativo y toma de decisiones, justamente los pilares del enfoque indagatorio y del aprendizaje basado en proyectos, como proponen Bybee (2015) y el NRC (2012).

Las brechas entre los resultados del grupo experimental y el grupo control se explican porque las actividades del proyecto permitieron formular preguntas, explorar materiales, manipular variables y verificar resultados, aspectos esenciales en el desarrollo del pensamiento científico temprano (Harlen, 2010). Así mismo, el aprender haciendo, del que habla Hodson (2014), que permite que los estudiantes no solo sigan instrucciones, sino que comprendan por qué cada procedimiento tiene sentido dentro del fenómeno que investigan, es evidente en el proceso de aprendizaje de los estudiantes y que tuvo repercusiones significativas en el desempeño de los estudiantes, cuyo incremento coincide con un momento en el que, según el NRC (2012), los estudiantes ya diferencian con mayor claridad entre observar, manipular, comparar materiales y justificar procedimientos, de modo que se constata que la intervención fortaleció los procesos de elección de materiales, argumentación de la adecuación técnica y análisis sobre la efectividad de los prototipos.

De otro lado, los resultados analizados desde la perspectiva de género se comportaron de la siguiente manera:

**Figura 14**

*Resultados por género - ciencias - dimensión procedimental - grupo experimental y grupo control*



*Nota.* Elaboración propia.

El resultado visual evidencia una diferencia marcada entre los dos grupos, las niñas alcanzaron un promedio procedimental cercano al 80 % del puntaje máximo, mientras los niños se situaron alrededor del 55 %, un rendimiento que puede explicarse desde el hecho de la frecuencia con que las niñas, especialmente en edades entre los 6 y 11 años, muestran mayor constancia en tareas que implican seguimiento de pasos, organización de materiales y precisión manual, aspectos centrales de la dimensión procedimental. Teniendo en cuenta que la implementación de la propuesta incluyó actividades como la manipulación de prototipos, la elección de materiales adecuados, el armado de poleas o polinizadores manuales, se evidenció que las estudiantes mostraron una ejecución más sistemática y una mayor disposición a seguir instrucciones, lo cual se refleja en puntajes más altos.

Por su parte, los niños, aunque evidenciaron curiosidad y participación, mostraron mayor inclinación a la hora de manipular los materiales, lo que representa una diferencia metodológica clave, porque la competencia procedimental se fortalece cuando el estudiante logra equilibrar exploración libre con toma de decisiones informada, aspecto que la educación STEM promueve activamente y que también favoreció en términos generales el desarrollo procedimental en ambos grupos, pero las niñas consolidaron estas habilidades con mayor consistencia, posiblemente gracias a su tendencia a verbalizar más sus procesos, mantener el orden del espacio de trabajo y justificar la elección de materiales. Vale la pena mencionar que estas diferencias

deben interpretarse no como capacidades innatas, pues en realidad, se trata de expresiones de las dinámicas sociales, emocionales y de participación que emergen en el aula multigrado, donde el acompañamiento docente y la interacción entre pares influyen en la forma en que cada niño y niña se aproxima al trabajo científico.

### 6.3.3. Resultados tecnología

A continuación, se detallan los resultados en el área de tecnología para las dimensiones conceptual y procedimental.

#### 6.3.3.1. Resultados tecnología – dimensión conceptual – grupo experimental y grupo control

**Tabla 34**

*Desempeño por grados - tecnología - dimensión conceptual - grupo experimental*

Estudiante	Grado	P1	P2	P3	P4	P5	Total	Nivel
E1	1°	2	3	3	3	3	14	Satisfactorio
E2	1°	3	3	3	3	3	15	Satisfactorio
E3	2°	4	4	3	3	2	16	Satisfactorio
E4	2°	4	2	3	3	3	15	Satisfactorio
E5	2°	3	2	2	3	3	13	Básico
E6	3°	3	3	4	4	4	18	Alto
E7	4°	4	3	4	4	3	18	Alto
E8	4°	4	4	3	3	3	17	Satisfactorio
E9	5°	4	4	3	3	4	18	Alto
E10	5°	4	4	3	3	3	17	Satisfactorio
E11	5°	4	3	3	3	3	16	Satisfactorio

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 35**

*Desempeño por grados - tecnología - dimensión conceptual - grupo control*

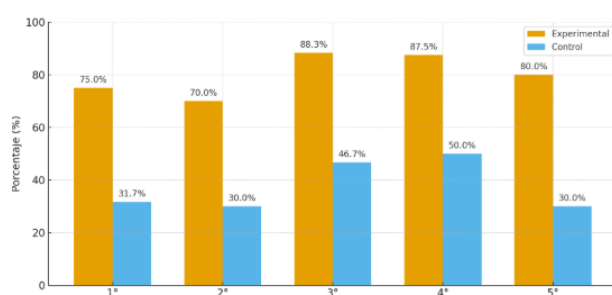
Estudiante	Grado	P1	P2	P3	P4	P5	Total	Nivel
E1	1°	1	1	3	1	1	7	Bajo
E2	1°	1	1	2	1	1	6	Bajo
E3	2°	1	1	1	2	1	6	Bajo
E4	2°	1	1	1	2	1	6	Bajo
E5	2°	1	2	1	1	1	6	Bajo
E6	3°	1	1	2	2	3	9	Bajo

E7	4°	2	2	2	2	2	10	Básico
E8	4°	2	3	2	1	1	9	Bajo
E9	5°	2	3	2	1	1	9	Bajo
E10	5°	1	2	2	3	2	11	Básico
E11	5°	1	1	1	2	1	6	Bajo

*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 15**

*Resultados por grados - tecnología - dimensión conceptual - grupo experimental y grupo control*



*Nota.* Elaboración propia.

Tal como en las demás áreas, y como es de esperarse, en tecnología, se observa una diferencia muy marcada entre el grupo experimental y el grupo control. En el caso del grupo experimental, 7 de los 11 estudiantes (aproximadamente el 64 %) se ubicaron en el nivel satisfactorio y 3 (cerca del 27 %) alcanzaron el nivel alto, dejando solo 1 estudiante (representado en un aproximado del 9 %) en básico. Mientras tanto, en el grupo control, 9 de 11 estudiantes (cerca del 82 %) permanecieron en nivel bajo y solo 2 (equivalente cercano al 18 %) lograron un nivel básico, sin ningún caso en los niveles superiores de satisfactorio o alto. Esto, en términos generales significa que el grupo experimental se movió entre 13 y 18 puntos, con promedios por grado que oscilan aproximadamente entre 14 y 17,7; mientras que el grupo control se mantuvo entre 6 y 11 puntos, con promedios que van de 6 a apenas 10, lo que se sintetiza en que el grupo experimental trabajó la conceptualización tecnológica casi con el doble de solidez que el grupo control en varios grados.

En el grado primero, todos los niños del grupo experimental se ubicaron en nivel satisfactorio, lo que indica que, desde los primeros años, se estaba construyendo un andamiaje conceptual coherente sobre qué es la tecnología, para qué sirve y cómo se enlaza con la solución

de problemas de su entorno; lo cual dialoga con la idea de alfabetización temprana en Educación STEM que defienden Bybee (2015) y Vásquez et al. (2013), quienes consideran que el énfasis está en comprender el mundo a través de la ciencia y la tecnología, más allá del uso de artefactos tecnológicos, entre tanto, en segundo grado, el grupo experimental mantuvo un desempeño medio-alto (15 y 13 puntos, con un estudiante en satisfactorio y otro en básico), mientras que el grupo control se quedó anclado en puntajes de 6 y nivel bajo en toda la cohorte, y este es un hallazgo que constata que al implementarse una propuesta en Educación STEM basada en problemáticas y situaciones del contexto, los estudiantes logran conectar los conceptos tecnológicos con problemas concretos del aula rural, mientras que, en el grupo control, la tecnología como área curricular se siguió trabajando desde una noción instrumental y fragmentada, tal como advierte Merchán Basabe (2005).

En los grados tercero y cuarto se evidencia con mayor presencia la huella de la propuesta, pues en tercer grado del grupo experimental, dos estudiantes alcanzaron nivel alto (18 puntos) y uno satisfactorio (17), con un promedio cerca de 17,7. En cambio, el tercer grado del grupo control manifestó un promedio alrededor de 9,3 puntos, con dos estudiantes en bajo y solo uno en básico (10 puntos), lo que indica que aún se mueven en un nivel muy incipiente de comprensión de conceptos y procesos tecnológicos.

Entre cuarto y quinto grado, el grupo experimental registró puntajes de 18 y 17 (un Alto y un Satisfactorio) en el grado cuarto, y en quinto un 16 en Satisfactorio. Es decir, la ruta formativa con educación STEM y proyectos tecnológicos en el aula multigrado permitió que los estudiantes mayores organizaran los conceptos en esquemas más integrados y transferibles, justamente lo que Merchán Basabe (2005) identifica como dimensión procesual de la competencia tecnológica. De otro lado, en el cuarto grado del grupo control se obtuvieron en puntajes de 9 y 11 (bajo y básico) y en quinto vuelve a caer a 6 puntos (bajo), reflejo de que la conceptualización tecnológica no se consolida en los niveles superiores, e incluso puede estancarse si no existe una mediación pedagógica orientada a proyectos y a la solución de problemas del contexto rural,

**6.3.3.2. Resultados tecnología – dimensión procedimental – grupo experimental y grupo control**

**Tabla 36**

*Desempeño por grados - tecnología - dimensión procedimental - grupo experimental*

<b>Estudiante</b>	<b>Grado</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>	<b>Total</b>	<b>Nivel</b>
E1	1°	4	3	3	4	4	18	Satisfactorio
E2	1°	3	3	3	3	3	15	Satisfactorio
E3	2°	4	3	4	3	4	18	Alto
E4	2°	4	3	4	4	4	19	Alto
E5	2°	3	3	3	3	3	15	Satisfactorio
E6	3°	4	3	4	4	4	19	Alto
E7	4°	4	4	4	3	3	18	Alto
E8	4°	3	3	3	3	3	15	Satisfactorio
E9	5°	4	4	4	3	3	18	Alto
E10	5°	4	3	2	3	3	15	Satisfactorio
E11	5°	3	3	3	4	4	17	Alto

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 37**

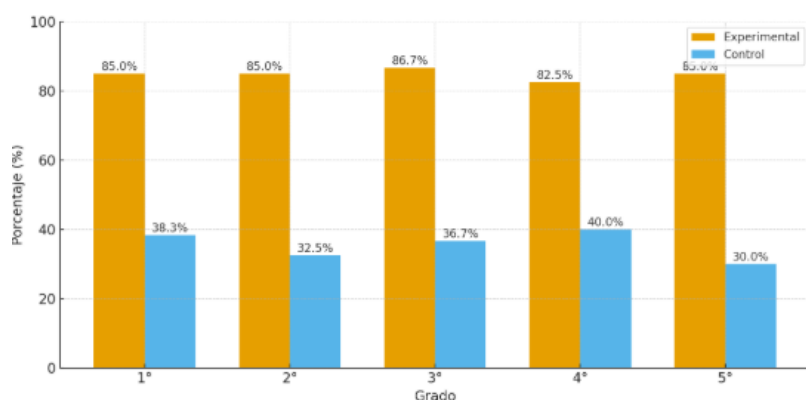
*Desempeño por grados - tecnología - dimensión procedimental - grupo control*

<b>Estudiante</b>	<b>Grado</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>	<b>Total</b>	<b>Nivel</b>
E1	1°	1	3	2	2	1	9	Bajo
E2	1°	2	2	2	2	1	9	Bajo
E3	2°	1	1	1	1	1	5	Bajo
E4	2°	1	1	1	1	2	6	Bajo
E5	2°	2	1	2	1	1	7	Bajo
E6	3°	1	1	3	1	3	9	Bajo
E7	4°	1	2	1	1	1	6	Bajo
E8	4°	1	1	2	1	2	7	Bajo
E9	5°	1	2	1	2	1	7	Bajo
E10	5°	1	2	2	3	1	9	Bajo
E11	5°	1	1	1	2	1	6	Bajo

*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 16**

*Resultados por grado - tecnología - dimensión procedimental - grupo experimental y grupo control*



*Nota.* Elaboración propia.

Los resultados en la dimensión procedimental del grupo experimental y el grupo control se comportaron de manera similar en las demás áreas, por lo que también se evidencia una diferencia estructural y sostenida en todos los grados, como efecto del impacto directo de la propuesta pedagógica basada en Educación STEM en la forma en que los estudiantes se aproximaban al hacer tecnológico. Así, mientras el grupo experimental mantuvo promedios que oscilan entre 16,5 y 17,3 puntos sobre 20 (82,5 % y 86,5 %, respectivamente), el grupo control se mantuvo entre 6 y 8 puntos (25 % y 40 % respectivamente). En los grados inferiores, donde la manipulación concreta y la exploración guiada son esenciales, la distancia es particularmente notable, específicamente, los estudiantes de los grados primero y segundo del grupo experimental lograron niveles cercanos al desempeño alto, con un dominio de acciones específicas como seguir secuencias, experimentar, evaluar fallas y reorganizar materiales, como resultados que responden al planteamiento de Bybee (2015) sobre la potencia del aprendizaje basado en experiencias significativas para fortalecer las primeras nociones procedimentales.

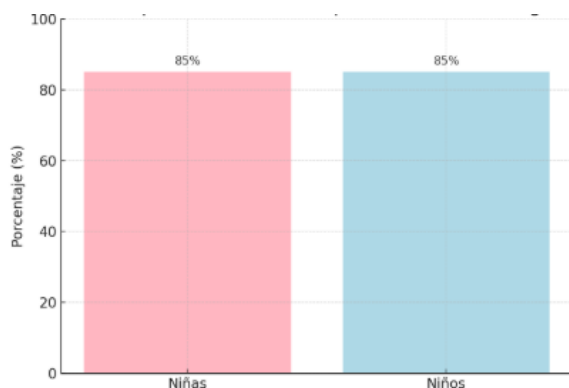
Por su parte, el grupo control se mantuvo en rangos bajos, donde se evidenció que sin mediaciones intencionales, los estudiantes reproducen solo acciones básicas, sin demostrar capacidad para interpretar la finalidad del proceso ni de proyectar mejoras, algo que Merchán Basabe (2005) considera esencial para el desarrollo del pensamiento tecnológico.

Cuando comienzan a evidenciarse habilidades más sólidas hacia los grados tercero y cuarto grado, como organizar el trabajo en pasos, manipular materiales con propósito, registrar cambios y tomar decisiones informadas sobre mejoras, se constata la propuesta de Johnson et al. (2021) quienes afirman que este tipo de desempeños surgen cuando los estudiantes vivencian ciclos completos de diseño, prueba y reajuste, tal como sucedió con los proyectos aplicados dentro de la estrategia en basada en Educación STEM. Por su parte, el grupo control no superó los niveles básicos y continuó mostrando dificultades en comprender la secuencia procedimental, por causa de la práctica tecnológica limitada a instrucciones fragmentadas sin conexión con problemas reales.

En el grado superior, donde existió una diferencia más evidente, el grupo experimental mantuvo un promedio superior, por su autonomía, justificación de decisiones técnicas y un manejo maduro del proceso de creación de prototipos a raíz de la claridad con la que ahora elegían materiales, su habilidad para argumentación funcional y la capacidad para la comprensión del rediseño como parte natural del proceso, elementos que Botero (2018) considera esenciales para la Educación enfoque STEM en contextos rurales debido a su potencial para conectar el aprendizaje con la vida cotidiana y el trabajo comunitario. Por su parte, el grupo control, presentó un rendimiento bajo, lo que evidencia que los estudiantes realizan acciones aisladas sin comprender el propósito global del proceso tecnológico, confirmando lo planteado por Said et al. (2015) sobre la necesidad de experiencias activas y cooperativas para que el saber tecnológico se promueva de manera efectiva.

**Figura 17**

*Resultados por género - tecnología - dimensión conceptual*



*Nota.* Elaboración propia.

El resultado por género, en este caso, fue equivalente y procede de un elemento pedagógico clave que fue la participación equitativa en función de una colaboración natural donde las habilidades procedimentales se desarrollaron de forma colectiva con una dinámica, al sustentada en proyectos prácticos, que, como plantea Miranda (2020), tiende a reducir brechas y a fortalecer la participación equitativa. El dominio procedimental se construye a través del hacer, evaluar, ajustar y mejorar, según Bybee (2015), una secuencia que beneficia a todos los estudiantes por igual, como en este caso específico donde tanto niñas como niños lograron un nivel procedimental alto, cercano al 85 %, sin disparidades relevantes. Así mismo, en coherencia con Vásquez et al. (2013), la enseñanza tecnológica vinculada a situaciones reales como el cargue de agua, la construcción de poleas o el diseño de mecanismos simples, permite que tanto niñas como niños comprendan la utilidad de las soluciones tecnológicas de manera significativa, lo cual se refleja en los puntajes equiparados.

Estos resultados constatan que la propuesta mediante el proceso de diseño en ingeniería a además de beneficiar el desempeño procedimental general de los estudiantes, brindó condiciones para la equidad de género en el aprendizaje tecnológico en un contexto rural donde tradicionalmente existen roles diferenciados, pero que, por causa de la metodología implementada se logró que tanto niñas como niños asumieran responsabilidades en el diseño, la

construcción, la evaluación y la mejora de prototipos, mostrando niveles de logro equivalentes y una apropiación equilibrada del pensamiento tecnológico.

#### **6.3.4. Diferencias en el desarrollo de competencias matemáticas entre el grupo experimental y el grupo control después de aplicar la propuesta**

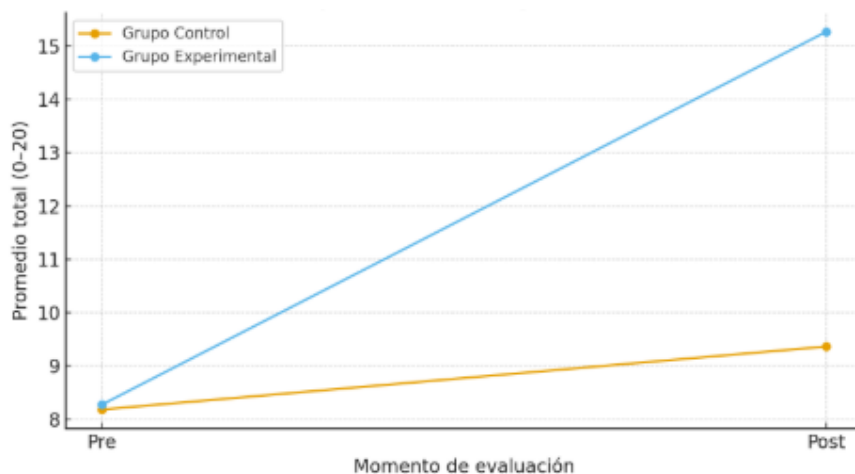
A continuación, se presenta la trazabilidad de los resultados del grupo experimental y el grupo control tanto en el pre como en el post-test.

##### **6.3.4.1. Comparación de resultados pre-test y post-test – matemáticas – dimensión conceptual**

Los resultados del pre-test en la dimensión conceptual de matemáticas muestran que tanto el grupo control como el grupo experimental partieron de condiciones muy similares, pues en ambos casos predominaron los niveles bajos de desempeño, con puntajes totales que oscilaban entre 6 y 10 puntos sobre 20, es decir 30% y 50% respectivamente.

#### **Figura 18**

*Comparación de resultados pre-test y post-test – matemáticas – dimensión conceptual*



*Nota.* Elaboración propia.

Esto indica a que, al inicio, los estudiantes manejaban un conocimiento conceptual fragmentado, más cercano a la repetición mecánica de procedimientos que a la comprensión profunda de las ideas matemáticas. Desde la perspectiva de Alsina (2004, 2019), los datos

iniciales reflejan un estadio en el que las matemáticas no habían alcanzado aún un nivel de funcionalidad, ya que los niños y niñas se percibían con la habilidad de ejecutar acciones puntuales, pero sin una comprensión clara de relaciones, significados o conexiones con situaciones reales, entre tanto, los resultados del post-test revelaron un comportamiento distinto entre los dos grupos, en tanto que, el grupo experimental tuvo un ascenso significativo del desempeño conceptual donde el promedio total pasa de 8 puntos (40%) en el pre-test a más de 15 (75%) en el post-test, lo que indica un avance conceptual cercano a los 7 puntos (35%), generalizada en todos los estudiantes.

Si bien, en principio hay una evidencia cuantitativa de la mejora en el rendimiento conceptual de los estudiantes, existe una transformación cualitativa en la forma en que el estudiantado conceptualiza las matemáticas, pues la mayoría pasa a ubicarse en niveles satisfactorios y uno de ellos alcanza un desempeño alto, de modo que, junto con la desaparición total del nivel bajo y la consolidación del nivel satisfactorio se constituyen señales claras de reorganización cognitiva, tal como plantean Alsina (2019) y Vivas-García (2013) al describir el tránsito hacia una comprensión más profunda, estable y funcional del conocimiento matemático, por lo que los estudiantes parecen haber desarrollado una mayor capacidad para comprender lo que un problema requiere, identificar datos relevantes, establecer relaciones e interpretar situaciones desde un marco conceptual más sólido.

Si se analizan los resultados por grado se puede apreciar los cambios evidentes entre el pre-test y el post-test, por ejemplo, en primer grado el desempeño conceptual se elevó de un promedio de 6 puntos (30%) a más de 16 (80%) y remite a la propuesta de Alsina (2019) quien denomina el paso de contextos informales a intermedios, en el que los niños comienzan a conectar el material concreto y las experiencias del entorno con representaciones matemáticas más elaboradas. En grados intermedios, como tercero y cuarto, también se observa una importante consolidación de la comprensión conceptual, con puntajes que se estabilizan alrededor de niveles satisfactorios y cercanos a 15 (7%) o 16 (80%) puntos. Aunque los estudiantes de quinto grado del grupo experimental muestran un avance menos pronunciado que los demás grados, la mejora sigue siendo relevante en comparación con el punto de partida y revela que,

aunque los procesos de formalización simbólica pueden requerir un mayor tiempo, la propuesta pedagógica ha generado impacto incluso en este nivel.

Por otro lado, el grupo control demostró un progreso modesto que no alcanza a modificar de manera sustancial el perfil de desempeño inicial, porque si bien el promedio total pasó de aproximadamente 8 (40%) a 9 (45%) puntos y algunos estudiantes mostraron incrementos puntuales en su puntaje, el grupo en su conjunto continúa concentrado en los niveles bajo y básico, pues ningún estudiante alcanzó niveles satisfactorios o altos, de modo que los aprendizajes no han logrado consolidarse de manera significativa y que el avance responde más a la exposición natural al currículo que a un proceso sistemático de reorganización conceptual, es decir, efecto del modelo multigrado que nombre Miranda (2020).

La comparación del rendimiento entre los dos grupos permite inferir que la propuesta pedagógica fundamentada en Educación STEM representada en el proceso de diseño en ingeniería implementada en el grupo experimental influyó de manera significativa en las mejoras del rendimiento en los estudiantes del grupo experimental, pues se generó aprendizaje significativo mediante la integración de actividades basadas en problemas reales del contexto, el uso de material concreto, el trabajo colaborativo entre estudiantes de distintos grados y la incorporación de tareas de diseño y experimentación propias de la Educación STEM que favorecieron la consecución de un ambiente donde el conocimiento matemático conceptual se vuelve significativo y funcional, lo que promueve una comprensión más integrada de las matemáticas al situarlas en un entramado interdisciplinario y contextualizado (Bybee, 2015) y (Vásquez et al.,2013). En un entorno rural multigrado, estas características adquieren un valor importante: permiten no solo que los estudiantes participen activamente en tareas que antes eran lideradas por grados superiores, sino que también reducen los tiempos de espera pasiva y potencian la colaboración intergrupala.

La reorganización conceptual que se evidencia en los resultados del grupo experimental puede entenderse como el paso del conocimiento estático hacia la comprensión funcional que permite a los estudiantes interpretar y resolver situaciones cada vez más complejas. Mientras tanto el grupo control reflejó una ausencia de este comportamiento, de modo que el cambio en el grupo experimental no responde a factores externos o a una maduración natural, situándolo como

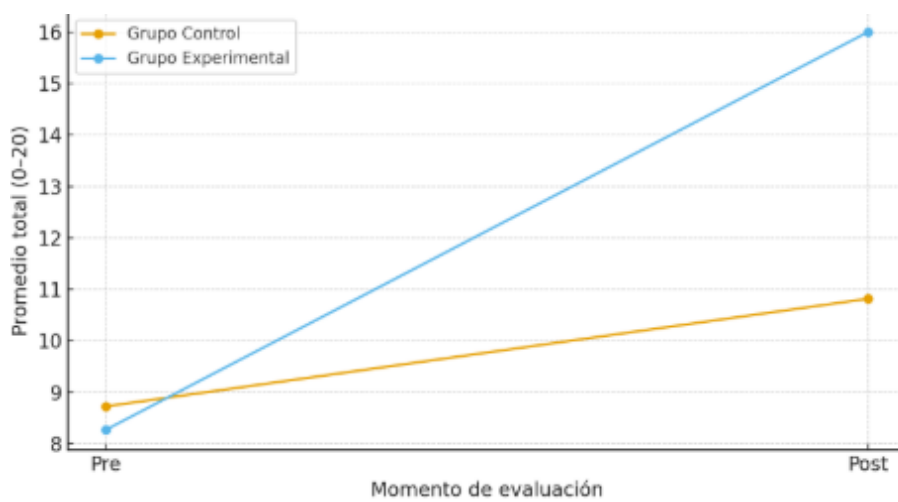
un efecto de la intervención pedagógica. En ese sentido, el patrón de resultados sugiere que la propuesta en Educación STEM articuló de manera adecuada lo planteado por Botero (2018) al promover experiencias auténticas, trabajo interdisciplinario y análisis de problemas reales que permiten que el estudiante construya significados más profundos y duraderos.

#### ***6.3.4.2. Comparación de resultados pre-test y post-test – matemáticas – dimensión procedimental***

Los resultados del pre-test en la dimensión procedimental de matemáticas evidencian que tanto el grupo experimental como el grupo control partieron de niveles muy similares así: en el grupo experimental, la mayoría de los estudiantes se ubicó en el nivel bajo, con puntajes entre 6 (30%) y 11 (55%) puntos, excepto dos estudiantes en nivel básico, mientras que en el grupo control, se observó una distribución paralela con predominio del nivel bajo, algunos estudiantes en nivel básico y un rango de puntajes que apenas supera la mitad de la escala, es decir que los dos grupos iniciaron con desempeños equivalentes, tanto en términos de la ejecución de procedimientos matemáticos como en el manejo de estrategias para resolver problemas y organizar información numérica.

**Figura 19**

*Comparación de resultados pre-test y post-test – matemáticas – dimensión procedimental*



*Nota.* Elaboración propia.

Desde la perspectiva de Vivas-García (2017) y Alsina (2019), este punto de partida refleja que los estudiantes estaban aún inmersos en las fases más elementales del conocimiento procedimental, pues aplicaban técnicas aisladas, realizaban operaciones sencillas, pero sin evidencia clara de selección consciente de estrategias, representación gráfica pertinente, ni capacidad para movilizar diferentes procedimientos según el tipo de problema. En ese sentido, en el momento del pre-test el conocimiento matemático de los estudiantes no aún era flexible ni estratégico, propio de ambientes educativos donde la resolución de problemas no ha sido articulada con contextos reales ni con dispositivos didácticos que faciliten el tránsito entre lo concreto y lo simbólico.

Por su parte, el post-test reveló que, en el grupo experimental, el cambio en la dimensión procedimental es significativo y se mantuvo en todos los grados. Esto lo constata el promedio general que pasó de aproximadamente 8 (40%) o 9 (45%) puntos en el pre-test a alrededor de 16 (80%) puntos en el post-test, es decir, que todos los estudiantes mejoraron y, de manera específica, la mayoría alcanzó el nivel satisfactorio, con un estudiante ubicado incluso en nivel alto, lo que demuestra que esta transición refleja que los estudiantes comenzaron a seleccionar estrategias, a ejecutar procedimientos de manera coherente y a utilizar diferentes representaciones para resolver problemas matemáticos.

Respecto al comportamiento por grado se confirma la tendencia de evolución en la dimensión procedimental. En primer grado, los estudiantes pasaron de puntajes muy bajos (6 puntos o 30%) a resultados que oscilan entre 15 y 17 puntos (75% y 85% respectivamente), una ganancia de casi diez puntos, significativa porque los procedimientos matemáticos en los primeros años dependen fuertemente del uso de material concreto, la verbalización de los pasos y el modelado constante, que son elementos que la Educación STEM facilita gracias a la manipulación de recursos y al trabajo contextualizado.

En segundo y tercer grado, se observó que el desempeño se estabilizó en un rango entre 13 (65%) y 17 (85%) puntos, como evidencia de que la propuesta permitió desarrollar habilidades como la secuenciación de pasos, la verificación de resultados y la representación de datos, en correspondencia con el tipo de experiencias prácticas que el proceso de diseño en ingeniería promueve según Botero (2018). En cuarto grado se destacó un caso en nivel alto que se debe a la

consolidación de procedimientos más complejos, posiblemente asociados a la integración de representaciones múltiples y al diseño de soluciones, elementos también propios de la Educación STEM. Por su parte en el grupo de quinto grado, los estudiantes también alcanzaron niveles satisfactorios, lo cual sugiere que la propuesta logró ir más allá del trabajo meramente manipulativo.

Desde la perspectiva de Vivas-García (2017), los resultados del grupo control muestran que continúan operando en un nivel procedimental básico, con acciones matemáticas que no se articulan con el razonamiento ni con la comprensión estructural del problema, puesto que los resultados reflejaron una mejora leve, heterogénea e inestable, pues, si bien la mayoría de los estudiantes asciende al nivel básico en el post-test, las ganancias en puntajes son modestas y no alcanzan la magnitud observada en el grupo muestra, incluso se observaron casos de retroceso, de inconsistencia en el desempeño entre ítems y la ausencia total de niveles satisfactorios o altos.

La comparación de los resultados entre los grupos permite interpretar que la propuesta en Educación STEM implementada con el grupo experimental permitió la reorganización del conocimiento procedimental de manera más sólida y significativa, a partir del uso de problemas contextualizados, del trabajo colaborativo y de la manipulación de materiales, junto con la integración de tecnología y diseño de prototipos, que permitieron que los estudiantes experimentaran la matemática como una actividad funcional y estratégica, por lo que existieron avances en el cómo hacer y en el por qué elegir un procedimiento y no otro, lo que resulta ser un elemento clave para afirmar que la intervención produjo un cambio en la naturaleza del pensamiento matemático de los estudiantes.

En consecuencia, el análisis de la dimensión procedimental soporta como hallazgo que la intervención basada en STEM produjo un impacto significativo en el grupo experimental porque facilitó el desarrollo de las habilidades procedimentales, mientras que el grupo control se mantuvo en niveles básicos, sin evidencias de reorganización profunda del conocimiento procedimental, lo que indica que la mejora observada en este grupo responde más al avance natural del calendario académico que a una transformación cognitiva significativa.

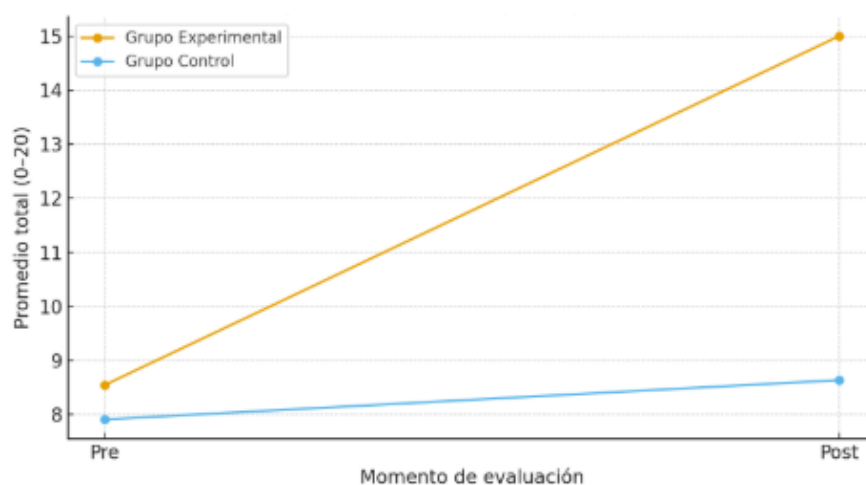
### 6.3.5. Diferencias en el desarrollo de competencias en ciencias entre el grupo experimental y el grupo control después de aplicar la propuesta

#### 6.3.5.1. Comparación de resultados pre-test y post-test – ciencias – dimensión conceptual

En el grupo experimental, los estudiantes oscilaron entre 6 (30%) y 11 puntos (55%), con concentración marcada en el nivel bajo y con solo algunos estudiantes de grados superiores que alcanzaron niveles básicos, especialmente en cuarto y quinto grado, sin evidencias de que estos tuvieran en realidad una comprensión sólida de los conceptos científicos. En el grupo control se observó una distribución semejante por lo que ambos grupos tuvieron un punto de partida similar en conocimiento científico limitado y fragmentado.

**Figura 20**

*Comparación de resultados pre-test y post-test – ciencias – dimensión conceptual*



*Nota.* Elaboración propia.

Los resultados del post-test se ubicaron mayoritariamente en el nivel satisfactorio, con puntajes que van desde los 14 (70%) hasta los 18 puntos (90%), con mejoras en todos los grados donde los estudiantes de primer grado pasaron de 6 a 11 puntos (30%–55%) a 14 y 15 puntos (70%–75%), lo que indica una reestructuración profunda de sus esquemas conceptuales; los de segundo y tercer grado alcanzaron puntajes entre 13 y 17 (65%–85%), como reflejo de una comprensión mucho más integrada; los de cuarto grado mostraron los resultados más altos, con

un estudiante en nivel alto, por causa de un arraigado dominio conceptual que supera ampliamente el punto de partida. En quinto grado también se observó un avance significativo, aunque con menor intensidad que en los grados inferiores, que puede explicarse por la creciente complejidad de los contenidos científicos y a la necesidad de más tiempo para afianzar la abstracción conceptual.

En el grupo control algunos estudiantes pasaron del nivel bajo al básico, aunque con la mayoría en los niveles bajos, con puntajes que oscilan entre 6 y 11 puntos (30%–55%), sin que ninguno alcanzara el nivel satisfactorio, que coincide con el rendimiento normal que se experimenta en el aula sin uso de estrategias innovadoras, pues cuando no existe una mediación intencionada y sostenida orientada al desarrollo de las competencias científicas, los estudiantes suelen mantener un aprendizaje memorístico y poco funcional (Miranda, 2020). Si se hace la comparación entre los dos grupos se evidencia que la intervención con la Educación STEM favoreció al grupo experimental ya que los estudiantes pasaron de reconocer elementos aislados a comprender fenómenos desde un sentido más amplio, integrando explicaciones, modelos y relaciones, por causa de la experimentación, la interacción con el entorno rural y la integración explícita de ciencia, tecnología y matemáticas.

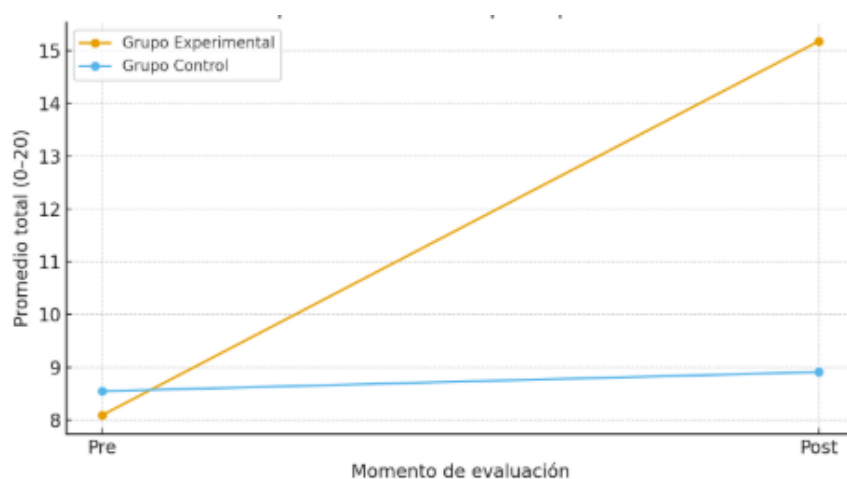
#### ***6.3.5.2. Comparación de resultados pre-test y post-test – ciencias – dimensión procedimental***

Tanto en el grupo experimental como el en grupo control existió una debilidad procedimental cuyos resultados fueron similares a los de las demás áreas, un punto de partida aproximado en el 30%–55% de rendimiento en los niveles medios- superiores, y que se debe a un desempeño centrado en la acción aislada sin vinculación entre habilidades y contenidos, de modo que los estudiantes ejecutaban pasos manuales sin una comprensión metodológica del procedimiento científico ni una visión clara de propósito, que según Miranda (2020) es un comportamiento recurrente en contextos rurales multigrado donde existen metodologías de corte tradicional que mantiene las mismas estrategia de las modalidades educativas monogrado, las cuales limitan la experimentación, la indagación y el aprendizaje activo porque en ellas domina la presencia de tareas repetitivas y explicaciones frontales acompañadas de tiempo reducido para desarrollar actividades prácticas con acompañamiento continuo.

Los resultados de post-test del grupo experimental presentó un avance al nivel satisfactorio, con puntajes que oscilan entre el 70% y el 90% de rendimiento, con casos en el nivel alto que se logró gracias al cambio en la naturaleza de las habilidades procedimentales de los estudiantes, evidente en el control, ahora mayor, que tuvieron sobre los pasos del trabajo científico, al identificar variables, observar con criterio, registrar la información, justificar interpretaciones y organizar los datos de forma coherente y pertinente, lo que evidencia que el estudiantado logró comprender el procedimiento científico como un proceso sistemático más que como una secuencia mecánica.

### Figura 21

*Comparación de resultados pre-test y post-test – ciencias – dimensión procedimental*



*Nota.* Elaboración propia.

Estos resultados por grado son aún más consistentes si se analizan por grados, pues en el primer nivel los estudiantes que iniciaron con desempeños mínimos pasaron a niveles satisfactorios donde demostraron que pudieron apropiarse de las rutinas experimentales simples, del registro de observaciones y de la explicación de las observaciones. Por su parte, en segundo y tercer grado, los estudiantes mostraron avances consistentes en la toma de decisiones durante los procedimientos científicos porque existió una maduración metodológica acorde con las expectativas de los estándares internacionales. Por último, en cuarto y quinto grado los resultados aunque fueron mixtos porque se mantuvieron resultados bajos pero con algunos satisfactorios, se encontró una tendencia positiva al identificar que mientras un estudiante de cuarto grado mantuvo

un puntaje bajo, evidencia de la necesidad de analizar factores específicos, otro niño alcanzó el nivel alto, evidenciando que la propuesta sí permitió potenciar los aprendizajes, aunque con variabilidad individual. Por su parte, en quinto grado se alcanzó el nivel satisfactorio, reflejando que los estudiantes ya logran manejar procedimientos más complejos y justificar sus observaciones con mayor claridad.

Por su parte, los resultados del grupo control en el post-test muestran fluctuaciones leves con una ausencia clara de progresión conceptual en términos procedimentales, pues aunque algunos estudiantes ascienden al nivel básico, la mayoría permaneció en los niveles bajos, replicándose así los patrones de respuesta similares a los del pre-test, de modo que no se observaron casos de nivel satisfactorio ni alto. Esto se constata desde la propuesta de la OCDE (2008) cuando afirma que la competencia científica procedimental no se desarrolla de manera espontánea por exposición a información, sino mediante experiencias prácticas intencionadas que permitan la observación, el diseño experimental, la recolección de datos y el análisis, de modo que al existir un trabajo independiente sin acompañamiento continuo, como describe Miranda (2020), los estudiantes tienden a permanecer en los niveles bajos, sin oportunidad de desarrollar habilidades de pensamiento científico auténtico.

En consecuencia, la mejora del grupo experimental superó la progresión del grupo control exponiendo la existencia de una brecha clara entre el aprendizaje mecánico y el aprendizaje auténtico, situado y profundo, cuya mejora es atribuible a la intervención STEM, que permitió que los estudiantes, independientemente de su grado, trabajaran frente a problemas reales del entorno, con manipulación de materiales, formulación de preguntas, pruebas de hipótesis simples, registro y análisis de resultados.

### ***6.3.6. Diferencias en el desarrollo de competencias en tecnología entre el grupo experimental y el grupo control después de aplicar la propuesta***

#### ***6.3.6.1. Comparación de resultados pre-test y post-test – tecnología – dimensión conceptual***

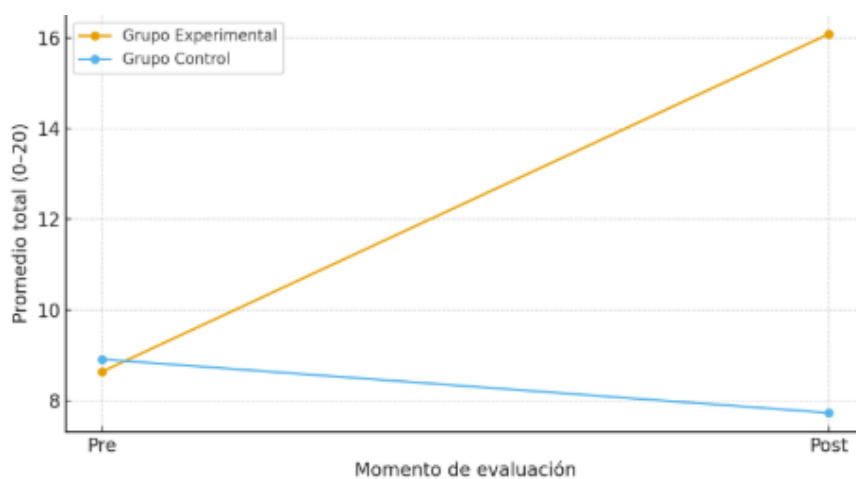
Como es de esperarse, al igual que en las demás áreas, el punto de partida registrado en el pre-test mantuvo un comportamiento similar en ambos grupos, con rendimientos de

aproximadamente 30% en los niveles superiores, y con el 70% en el nivel bajo, por lo que se ratifica que, antes de la intervención, no existían diferencias significativas en términos de apropiación conceptual del área tecnológica, que pueden asociarse a un conocimiento tecnológico centrado en descripciones aisladas de artefactos o procedimientos, sin una comprensión profunda de los principios, procesos y propósitos que subyacen al quehacer tecnológico.

Si se toma en cuenta la propuesta de Merchán Basabe (2005), quien menciona que la competencia tecnológica implica, además de manejar información y reconocer elementos del entorno, comprender la estructura, la función y la lógica de los sistemas tecnológicos, es preciso mencionar que en el pre-test, los estudiantes evidenciaron un conocimiento fragmentado y memorizado, más asociado al saber declarativo que al saber estructural o funcional que debería caracterizar el pensamiento tecnológico, que se ajusta a la normalidad de las dinámicas del aula multigrado descritas por Miranda (2020), en las que el tiempo, los recursos y las metodologías mecánicas limitan la construcción conceptual y reduce la tecnología a actividades mecánicas o repetitivas.

### Figura 22

*Comparación de resultados pre-test y pots-stest – tecnología – dimensión conceptual*



*Nota.* Elaboración propia.

El grupo experimental durante el post-test demostró que todos los estudiantes superaron los niveles bajos reportados en el pre-test, ya que la mayoría (70%) avanzó al nivel satisfactorio, con

puntajes entre 14 y 17 puntos (70% - 85% respectivamente), mientras que el 30% especialmente en grados tercero y cuarto, alcanzó niveles altos con puntajes entre 18 y 19 puntos (90% - 95% respectivamente), es decir que lograron cambios significativos en el nivel conceptual alcanzado, ya comprendieron la tecnología como un sistema estructurado, con funciones interrelacionadas y ligado a procesos de diseño, uso, transformación e innovación, tal como lo propone Merchán Basabe (2005), de modo que los estudiantes ahora comprenden que la tecnología no se reduce a manejar herramientas, sino a analizar problemas, proponer soluciones, anticipar resultados y seleccionar recursos en función de la problemática que se desea resolver.

La evolución se evidenció desde primer grado, por ejemplo, pasaron de puntajes entre 6 y 11 en el pre-test a valores entre 14 y 15 en el post-test, por causa de la capacidad adquirida para apropiarse de un pensamiento tecnológico básico, integrando conceptos como función, uso, necesidad y diseño. Por su parte, los grados segundo y tercero, el incremento estuvo hacia los 15 y 16 puntos, es decir, más notorio que en primero grado. Aquí los estudiantes demostraron la adquisición de un dominio conceptual manifestados en explicaciones funcionales más precisas y en la capacidad para comparar y clasificar artefactos o sistemas según su propósito. En cuarto grado el 30% de los estudiantes alcanzó el nivel alto y 70% el satisfactorio, como evidencia de una comprensión más avanzada de los principios tecnológicos y su relación con el entorno, igual que en quinto grado con una consolidación del pensamiento tecnológico interpretativo y analítico.

El enfoque interdisciplinario propuesto por Vásquez et al. (2013) permite que los estudiantes comprendan la tecnología en relación con la ciencia, las matemáticas y la ingeniería, lo cual sumado a las actividades basadas en diseño, tal como lo plantea Bybee (2015), favorecen que los estudiantes construyan significados más sólidos sobre los procesos tecnológicos, de modo que logren una comprensión integral, de la misma manera que se reflejó en los resultados del post-test. Luego, la intervención pedagógica en Educación STEM permitió que los estudiantes formularan preguntas, exploraran materiales, identificaran necesidades del entorno, analizaran soluciones posibles y se enfrentaran a procesos reales de diseño y prototipado.

De otro lado, el grupo control mantuvo los resultados del pre-test con resultados entre los 6 y los 11 puntos en el nivel bajo y solo dos estudiantes en el nivel básico. De hecho, algunos estudiantes incluso disminuyeron su puntaje respecto al pre-test, por falta de una consolidación

conceptual y una posible dependencia de estrategias de repetición sin comprensión ni vinculación con situaciones reales, tanto que no existieron casos en los niveles satisfactorio ni alto, lo que sugiere que los estudiantes no lograron integrar o profundizar en conocimientos tecnológicos durante este periodo de tiempo.

La comparación del progreso de los grupos permite identificar que la brecha en el desarrollo conceptual es amplia y claramente atribuible a la intervención con Educación STEM, pues mientras el grupo experimental logró reorganizar sus estructuras conceptuales y comprender la tecnología como un sistema funcional y de diseño, el grupo control se mantuvo en el estado inicial sin evidenciar una evolución significativa, de modo que es un hecho que la intervención permitió que los estudiantes del grupo experimental trascendieran del uso instrumental de la tecnología a un pensamiento tecnológico reflexivo, creativo y fundamentado, lo cual responde a la noción de alfabetización tecnológica propuesta por ISTE (2007).

#### ***6.3.6.2. Comparación de resultados pre-test y post-test – tecnología – dimensión procedimental***

Los resultados del pre-test, tanto para el grupo experimental como para el grupo control oscilaron, entre 7 y 11 puntos, siendo el nivel bajo el desempeño preponderante en los estudiantes con ningún desempeño en básico, satisfactorio o alto. Así, se consolida que antes de la intervención, los estudiantes eran rudimentarios en sus habilidades procedimentales, de modo que su trabajo tecnológico se centraba en ejecutar instrucciones sin comprender los procesos subyacentes. Ambas poblaciones demostraron una aproximación instrumental y mecánica a las tareas tecnológicas, sin evidencias de planificación, toma de decisiones, evaluación de alternativas o comprensión secuencial de los pasos técnicos, lo cual es consistente con los planteamientos de Merchán Basabe (2005) respecto a la función estructural del conocimiento tecnológico y la necesidad de desarrollar habilidades procesuales que permitan pensar, diseñar y actuar con intención.

En los resultados del post-test del grupo experimental se evidenció un avance hacia los niveles satisfactorio y alto, con puntajes entre 15 y 19 puntos. En los primeros grados se evidenciaron avances en la capacidad para planificar acciones, seleccionar materiales adecuados,

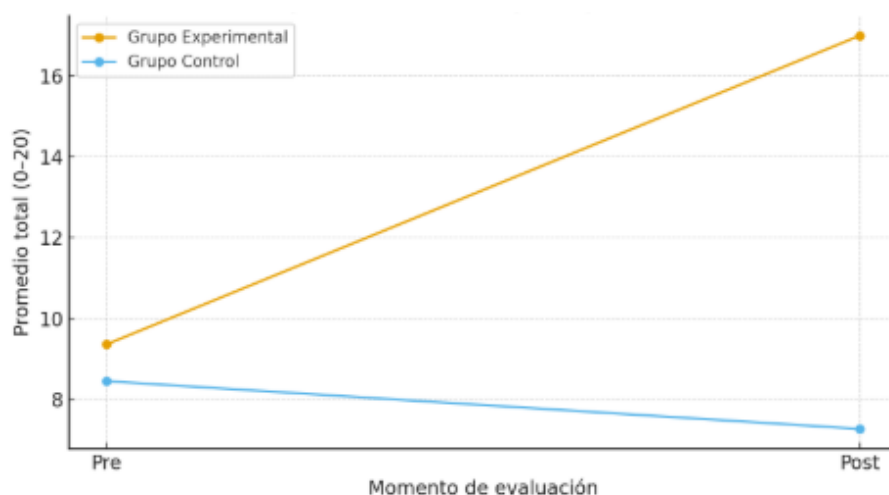
justificar decisiones técnicas, organizar sus procedimientos y evaluar resultados. En los grados segundo y tercero se observó que los estudiantes alcanzaron niveles altos con una comprensión del proceso de diseño tecnológico como un ciclo que implica idear, construir, probar, hacer mejoras y volver a probar. En los grados cuarto y quinto se encontró que los estudiantes en el pre-test habían mostrado una ejecución limitada y en el post-test lograron desempeños procedimentales en los que se evidenció que ahora comprendían la lógica detrás del proceso tecnológico. Estos hallazgos conviene analizarlos a la luz de la propuesta de Bybee (2015) donde se considera que el pensamiento de ingeniería constituye el núcleo de la Educación STEM y se apoya en procesos iterativos de diseño, prototipado, prueba y mejora, pues es esta la secuencia procedimental que se evidencia en el grupo experimental, cuyos estudiantes no solo ejecutan, sino que interpretan, justifican, modifican y perfeccionan sus acciones.

Los resultados del grupo experimental responden de manera directa a los principios del enfoque STEM, pues la intervención permitió a los estudiantes, al integrar ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas desarrollar habilidades que abarcan desde observar y analizar situaciones problemáticas hasta diseñar prototipos, manipular materiales, utilizar herramientas de modo seguro y evaluar resultados, procesos propios de la competencia tecnológica que, según ISTE (2009) promueven que el estudiante logre desempeñarse como el diseñador, solucionador de problemas y creador de soluciones tecnológicas relevantes para su entorno. En ese sentido, la intervención favoreció a los estudiantes desde los grados iniciales, lo que demuestra que los procesos procedimentales pueden desarrollarse con éxito en aulas multigrado toda vez que existan metodologías activas, significativas y con acompañamiento continuo.

Los resultados del grupo control en el post- test muestran una tendencia completamente opuesta a los obtenidos por el grupo experimental, al observar que los resultados se ubicaron en el nivel bajo por la ausencia de experiencias prácticas significativas y de oportunidades para estructurar el pensamiento procedimental generada por la repetición mecánica de instrucciones y el aprendizaje centrado en la ejecución aislada, sin contexto ni diseño, que impidieron la consolidación de procesos tecnológicos funcionales. Esto es un resultado que coincide con lo que señala Said et al. (2015) al mencionar que sin proyectos, sin problemas auténticos, sin interacción con el entorno y sin toma de decisiones, las habilidades procedimentales no logran desarrollarse.

**Figura 23**

*Comparación de resultados pre-test y post-test – tecnología – dimensión procedimental*



*Nota.* Elaboración propia.

La gráfica que contrasta los resultados de los dos grupos en el pre y el post demuestran que el grupo experimental tuvo un ascenso importante y sostenido, mientras que el grupo control se mantuvo en un nivel sin progresión que, de lo contrario tuvo un descenso. Este comportamiento en los resultados permite afirmar que la intervención basada en proyectos de diseño, construcción de prototipos, análisis del entorno y resolución de problemas tuvo un impacto directo y decisivo en la formación procedimental tecnológica que corresponde a que los estudiantes cambiaron la forma en que conciben y ejecutan los procesos tecnológicos, mediante experiencias activas y contextualizadas que hacen visible la utilidad y el sentido de la tecnología en su entorno, de la misma manera en que lo plantea Bybee (2015).

#### **6.4. Comprobación de hipótesis**

Una vez analizados los resultados del pre-test y el post-test para cada área y dimensión, tanto para el grupo experimental, como para el grupo control, se procede con la comprobación de hipótesis para lo cual se realizará una prueba t de Student para muestras independientes sobre las ganancias y el cálculo del tamaño del efecto de Cohen (d) usando la desviación estándar combinada (pooled), para así reportar la significancia y la magnitud del efecto.

Para ello, es necesario, primero, calcular la puntuación de ganancia, por lo que se sistematizan en tablas los resultados pre-test y post-test de los grupos para cada dimensión en cada área, con sus respectivas ganancias por estudiantes, así:

**Tabla 38**

*Ganancias - Matemáticas – Dimensión Conceptual*

Estudiante	Pre EXP	Pre CON	Pos EXP	Pos CON	Ganancia EXP	Ganancia CON
E1	6	6	18	8	12	2
E2	6	6	16	13	10	7
E3	7	7	15	7	8	0
E4	9	9	14	8	5	-1
E5	7	7	14	6	7	-1
E6	10	10	15	13	5	3
E7	9	9	17	10	8	1
E8	10	9	16	9	6	0
E9	9	9	17	9	8	0
E10	10	10	15	11	5	1
E11	8	8	11	9	3	1

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 39**

*Ganancias - Matemáticas – Dimensión Procedimental*

Estudiante	Pre EXP	Pre CON	Pos EXP	Pos CON	Ganancia EXP	Ganancia CON
E1	6	6	16	13	10	7
E2	6	10	15	13	9	3
E3	7	7	17	13	10	6
E4	9	10	17	9	8	-1
E5	7	7	13	8	6	1
E6	9	10	16	13	7	3
E7	9	9	17	10	8	1
E8	11	10	16	9	5	-1
E9	9	9	18	13	9	4
E10	10	10	17	9	7	-1
E11	8	8	14	9	6	1

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 40***Ganancias - Ciencias – Dimensión Conceptual*

Estudiante	Pre EXP	Pre CON	Pos EXP	Pos CON	Ganancia EXP	Ganancia CON
E1	11	6	14	9	3	3
E2	6	6	15	6	9	0
E3	7	10	14	11	7	1
E4	8	11	16	10	8	-1
E5	7	7	13	8	6	1
E6	10	7	17	10	7	3
E7	9	10	16	8	7	-2
E8	9	9	15	9	6	0
E9	9	9	18	7	9	-2
E10	10	6	15	9	5	3
E11	8	6	12	8	4	2

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 41***Ganancias - Ciencias – Dimensión Procedimental*

Estudiante	Pre EXP	Pre CON	Pos EXP	Pos CON	Ganancia EXP	Ganancia CON
E1	11	11	15	12	4	1
E2	6	6	17	6	11	0
E3	7	7	14	8	7	1
E4	8	8	17	7	9	-1
E5	7	7	13	8	6	1
E6	8	10	16	10	8	0
E7	9	9	18	9	9	0
E8	9	9	16	12	7	3
E9	9	9	8	7	-1	-2
E10	7	10	18	11	11	1
E11	8	8	15	8	7	0

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 42***Ganancias - Tecnología – Dimensión Conceptual*

Estudiante	Pre EXP	Pre CON	Pos EXP	Pos CON	Ganancia EXP	Ganancia CON
E1	11	11	14	7	3	-4
E2	6	6	15	6	9	0
E3	7	7	16	6	9	-1
E4	8	8	15	6	7	-2
E5	7	10	13	6	6	-4
E6	10	7	18	9	8	2
E7	9	10	18	10	9	0
E8	10	10	17	9	7	-1
E9	9	9	18	9	9	0

E10	8	10	17	11	9	1
E11	10	10	16	6	6	-4

*Nota.* Elaboración propia.

**Tabla 43**

*Ganancias - Tecnología – Dimensión Procedimental*

Estudiante	Pre EXP	Pre CON	Pos EXP	Pos CON	Ganancia EXP	Ganancia CON
E1	9	11	18	9	9	-2
E2	10	6	15	9	5	3
E3	7	10	18	5	11	-5
E4	8	8	19	6	11	-2
E5	11	9	15	7	4	-2
E6	10	11	19	9	9	-2
E7	9	7	18	6	9	-1
E8	10	7	15	7	5	0
E9	11	11	18	7	7	-4
E10	8	6	15	9	7	3
E11	10	7	17	6	7	-1

*Nota.* Elaboración propia.

Una vez identificadas las listas de ganancias para cada grupo, se calcularon las medias y la desviación estándar por área y dimensión.

Para la media, la fórmula fue:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

Dónde:  $X_i$  es la ganancia individual,  $n=11$  es estudiantes por grupo.

Para la desviación estándar la fórmula fue:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Los resultados se registran a continuación:

**Tabla 44**

Resultados media y desviación estándar por cada área y dimensión para grupo experimental y grupo control

Área – Dimensión	Media Ganancia EXP	DE EXP	Media Ganancia CON	DE CON
Matemáticas – Conceptual	7.000	2.569	1.182	2.272
Matemáticas – Procedimental	7.727	1.679	2.091	2.773
Ciencias – Conceptual	6.455	1.916	0.727	1.902
Ciencias – Procedimental	7.091	3.390	0.364	1.286
Tecnología – Conceptual	7.455	1.916	-1.182	2.089
Tecnología – Procedimental	7.636	2.378	-1.182	2.483

*Nota.* Elaboración propia.

De acuerdo con los resultados logrados hasta este punto y consignados en la tabla se halló que en todas las áreas y dimensiones, el grupo experimental mostró medias de ganancia altas, registradas entre 6.45 y 7.73 puntos, con desviaciones estándar moderadas, lo que indica homogeneidad y consistencia en el efecto de la intervención. Por su parte, el grupo control presentó medias de ganancia entre -1.18 y 2.09, en su mayoría cercanas a cero o negativas, con desviaciones estándar similares o más grandes, indicando variabilidad sin un patrón educativo consistente, luego, se consolida que las diferencias experimentales frente al control fueron de gran magnitud y coherentes en todas las áreas evaluadas, tanto en la dimensión conceptual como en la dimensión procedimental.

Posteriormente, se calculó la varianza y desviación estándar combinada ( $s_p$ ), la prueba t de Student para muestras independientes y el tamaño del efecto d de Cohen. Las fórmulas utilizadas fueron:

Para varianza y desviación estándar combinada ( $s_p$ ):

$$s_p^2 = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

$$s_p = \sqrt{s_p^2}$$

Para t de Student para muestras independientes:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{s_p \cdot \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

Con grados de libertad:

$$df = n_1 + n_2 - 2 = 20$$

Donde  $X_1$  y  $X_2$  son las medias de las ganancias (experimental y control).

Los resultados para cada área por dimensión fueron:

**Tabla 45**

*Resumen de resultados por cada área dimensión - t Student y d de Cohen*

Área – Dimensión	t(20)	p	d de Cohen
Matemáticas – Conceptual	5.626	p < .001	2.399
Matemáticas – Procedimental	5.767	p < .001	2.459
Ciencias – Conceptual	7.035	p < .001	3.000
Ciencias – Procedimental	6.154	p < .001	2.624
Tecnología – Conceptual	10.104	p < .001	4.308
Tecnología – Procedimental	8.507	p < .001	3.628

*Nota.* Elaboración propia.

De acuerdo con los resultados de la prueba t Student y para el tamaño del efecto d de Cohen, consignados en la tabla, se tiene que todos los **t** son muy altos con  $p < .001$ , y los **d** oscilan entre ~2.4 y ~4.3, lo que indica efectos significativos de la intervención STEM en las aulas multigrado frente al grupo control.

La interpretación global de los resultados logrados a partir de la prueba de hipótesis revela que en todos los casos, la media de ganancia del grupo experimental fue considerablemente superior a la del grupo control, lo que significa que los estudiantes expuestos a la propuesta pedagógica en Educación STEM reflejada en la estrategia de diseño en ingeniería lograron mayores avances reales entre la medición pret-test y post-test, mientras que el grupo control, que siguió desarrollando sus actividades habituales, presentó una diferencia con avances mínimos e incluso retroceso en algunas áreas.

Frente a las desviaciones estándar combinadas de las ganancias ( $sp$ ) se encontró que para todas las áreas oscilaron entre 1.9 y 2.5, indicando que, primero, los estudiantes del grupo experimental avanzaron de forma homogénea sin casos extremos positivos ni negativos, de modo que la intervención fue equitativa, es decir, favoreció a todos los estudiantes, independientemente

del grado o nivel inicial; y segundo, que el grupo control presentó variabilidad mayor en algunos casos, debido a que unos pocos estudiantes progresaron mínimamente, algunos permanecieron igual y otros retrocedieron, de modo que esta estabilidad en los avances del grupo experimental es un indicador adicional que incluye a la Educación STEM como una estrategia pertinente para abordar las aulas multigrado.

En cuanto a la prueba t de Student se encontró que en todas las combinaciones área  $\times$  dimensión los valores t estuvieron entre 5.6 y 10.1, con grados de libertad  $df = 20$ , y con  $p < 0.001$ , lo que evidencia estadísticamente que la diferencia entre los grupos no es producto del azar, sino del efecto de la intervención pedagógica, por lo cual es posible afirmar que la propuesta en Educación STEM generó un cambio que no puede explicarse como apenas una fluctuación natural del aprendizaje y las variaciones de pre a post del grupo experimental no se parecen a las del grupo control, pues son mucho mayores y estadísticamente diferentes, con valores entre 5 y 10, lo que indica que la probabilidad de que estas diferencias se hayan producido por azar es prácticamente cero.

Respecto al tamaño del efecto Cohen, los valores d oscilaron entre 2.39 y 4.30, luego todos corresponden a efectos muy superiores, según Cohen (1988), pues se trata de  $d > 1.2$ . Desde el punto de vista pedagógico, esto significa que el impacto de la intervención es significativo en estadística y magnitud, pues el desempeño del grupo experimental fue entre 2 y 4 desviaciones estándar superior al del grupo control. Los hallazgos al interpretar estos resultados por áreas se relacionan a continuación:

**Tabla 46**

*Hallazgos por áreas - tamaño d de Cohen*

Área / Dimensión	d (tamaño del efecto)	Interpretación	Explicación
Tecnología – Conceptual	4.308	Muy grande	La Educación STEM (diseño, experimentación y herramientas concretas) potencia directamente las capacidades tecnológicas.
Tecnología – Procedimental	3.628	Muy grande	Alto impacto al trabajar procesos, diseño, prototipado y ejecución práctica.
Ciencias – Conceptual	3.0	Muy grande	La experimentación práctica y el vínculo teoría–acción facilitaron mejoras significativas.
Ciencias – Procedimental	2.62	Muy grande	La práctica experimental fortaleció procesos y métodos científicos.

Matemáticas – Conceptual	2.39	Muy grande	Aunque suele ser un área más resistente, la Educación STEM favoreció aprendizaje por descubrimiento y comprensión significativa.
Matemáticas – Procedimental	2.45	Muy grande	La resolución de problemas reales, el trabajo interdisciplinario y las actividades prácticas generaron mejoras profundas.

*Nota.* Elaboración propia.

En consecuencia, de acuerdo con los resultados de las diferentes pruebas estadísticas a las que fueron sometidos los resultados del pre-test y el post-test, donde en todos los casos, los valores de  $p$  fueron menores a .001, lo que indica que las diferencias entre las ganancias del grupo experimental y el grupo control son altamente significativas y los tamaños del efecto ( $d$ ) se ubican entre 2.39 y 4.30, se acepta  $H_1$ : existen diferencias entre el estado inicial y final de las competencias científicas, tecnológicas y matemáticas de estudiantes de aulas multigrado de la zona rural luego de la implementación de la propuesta pedagógica en Educación STEM, y se rechaza  $H_0$ : no existen diferencias entre el estado inicial y final de las competencias científicas, tecnológicas y matemáticas de estudiantes de aulas multigrado de la zona rural luego de la implementación de la propuesta pedagógica en Educación STEM.

### 6.5. Triangulación de resultados

En primer lugar, los resultados cuantitativos del post-test demostraron que los estudiantes del grupo experimental alcanzaron niveles de logro superiores que oscilan entre el 72 % y el 82 %, en contraste con los porcentajes del grupo control, que se mantuvieron alrededor del 40 %. Esta diferencia se reflejó de manera paralela en las listas de chequeo, donde la progresión entre los tres proyectos evidenció un desplazamiento desde los desempeños básicos y los bajos en el Proyecto 1 hacia desempeños mayoritariamente satisfactorios y altos en el Proyecto 3.

Ante esa correspondencia de resultados cuantitativos y cualitativos, Alsina (2019) y Vivas-García (2017) mencionan que el aprendizaje profundo ocurre cuando el estudiante transita de lo informal a lo intermedio y luego a lo formal, es decir, cuando manipula, representa y simboliza progresivamente los conceptos hasta alcanzar los niveles superiores de comprensión. En ese sentido, la evolución registrada en la lista de chequeo y las mejoras en el post-test coinciden precisamente con este itinerario, por causa de las experiencias concretas con materiales del entorno rural y la resolución de problemas reales que se transformaron en las bases para la

abstracción y la formalización y la consolidación de las habilidades conceptuales y procedimentales tanto en lo matemático como en lo científico.

En segundo lugar, la triangulación muestra que la mejora conceptual y procedimental fue de índole integral teniendo en cuenta que los estudiantes que lograron mejores puntajes en el post-test son los mismos que, según las listas de chequeo, avanzaron con mayor claridad en la formulación de preguntas científicas, la comprensión de la hipótesis, la distinción entre observación y conclusión, la verificación sistemática de resultados y el uso de vocabulario científico. Asimismo, las rutinas observadas en el aula sobre qué, por qué y cuándo funciona, el error comentado, los registros diferenciados entre observación y conclusión y los registros de la ficha de trabajo se traducen directamente en la consolidación conceptual y procedimental identificada en los puntajes de mejora. La capacidad de interpretar y evaluar procesos es un indicador epistémico de alto nivel; en esta investigación, dicho indicador emergió progresivamente en los grados superiores y se relacionó con el uso más preciso del lenguaje científico.

Por otro lado, la triangulación permite identificar que el aula multigrado, puede pasar de ser un escenario que se relaciona directamente con la dificultad estructural y pedagógica, a ser un ambiente pedagógico enriquecido con múltiples posibilidades para la construcción de experiencias de aprendizaje significativo, pues tanto las observaciones como las mejoras registradas en los puntajes sugieren que la tutoría entre pares y el trabajo en estaciones contribuyeron al desarrollo de competencias, dado que cuando se gestionan mediante metodologías activas, las aulas multigrado favorecen la diversidad cognitiva, la inclusión y el aprendizaje colaborativo (Miranda, 2020) y UNESCO (2023). En el caso de esta investigación, las dinámicas descritas en la observación, donde aparecen estudiantes mayores acompañando a los menores en el proceso de construcción de aprendizaje; el trabajo en equipo con roles definidos tiempos rotativos y construcción colectiva de prototipos, son evidencia de lo afirmado por (Miranda, 2020) y UNESCO (2023), de modo que se constata que el aula multigrado puede convertirse en un motor pedagógico cuando se articulan estrategias concebidas para la particularidad del aula multigrado.

Del mismo modo, la integración entre ciencias, matemáticas y tecnología se reflejó en los puntajes y también en el proceso, pues se evidenció una selección consciente de los materiales, la comprensión del funcionamiento de prototipos, análisis de fuerza, fricción, resistencia o equivalencias en el contexto de proyectos reales, es decir, una convergencia entre áreas que valida lo propuesto por Bybee (2015), Vásquez et al. (2013) y Botero (2018), quienes señalan que la educación basada en educación STEM es eficaz cuando genera conexiones interdisciplinarias que permiten comprender fenómenos desde múltiples perspectivas. Es por eso, justamente que las listas de chequeo dieron cuenta de esta integración al mostrar que los estudiantes explicaban fenómenos científicos usando representaciones matemáticas o justificaban sus decisiones tecnológicas con argumentos científicos. A continuación, se presenta la matriz de triangulación, como apoyo para el reconocimiento de los hallazgos.

**Tabla 47**

*Matriz de triangulación*

<b>Categoría / Evidencia</b>	<b>Post-test (cuantitativo)</b>	<b>Listas de Chequeo (P1–P3)</b>	<b>Protocolo de Observación</b>	<b>Interpretación Triangulada (con referentes)</b>
<b>1. Progreso conceptual (matemáticas, ciencias, tecnología)</b>	Puntajes del grupo experimental entre <b>72–82%</b> vs. control <b>40–48%</b> . Mayor comprensión en interpretativos y relacionales.	Evolución clara: P1 = básico/bajo → P2 = satisfactorio → P3 = alto. Crece precisión conceptual y vocabulario.	Mayor verbalización, preguntas pertinentes, uso de términos como hipótesis, fricción, mitad/doble.	La progresión coincide con Alsina (2004, 2019) y Vivas-García (2017): transición informal → intermedio → formal. La comprensión crece a través de manipulación, representación y simbolización.
<b>2. Desarrollo procedimental</b>	Grupo experimental con puntajes entre <b>75–83%</b> , control entre <b>40–52%</b> . Mayor selección de estrategias y verificación.	En P1 no verifican; en P2 seleccionan estrategias; en P3 justifican, verifican y comparan. Aumenta precisión y orden.	Los estudiantes explican pasos, siguen secuencias, revisan resultados, comparan procedimientos.	Coincide con Pedrinaci et al. (2012), OCDE (2008) y Cañal (2012): el desempeño procedimental surge cuando hay indagación, experimentación y reflexión sistemática.
<b>3. Competencia epistémica (uso de hipótesis, observación, conclusión, argumentación)</b>	Mejores puntajes en ítems que exigen justificar, comparar, inferir.	En P1 confusión; en P2 mejora; en P3 explican hipótesis, vinculan resultados y realizan conclusiones básicas.	Se observan discusiones, explicaciones causales, correcciones basadas en evidencias.	Coincide con Jiménez-Aleixandre (2003): la relación hipótesis–evidencia es progresiva y requiere andamiaje y práctica experimental.
<b>4. Resolución de problemas y</b>	Alto desempeño en ítems que integran cálculo,	En P3, estudiantes relacionan materiales con	Trabajo colectivo para diseñar,	Bybee (2015) y Vásquez et al. (2013) señalan que el pensamiento STEM emerge

<b>pensamiento STEM</b>	representación y análisis.	función, identifican variables relevantes y ajustan prototipos.	comparar y optimizar prototipos (poleas, polinizadores, mecanismos).	cuando el estudiante diseña, prueba, predice y ajusta con sentido. Aquí se observa plenamente.
<b>5. Habilidades socioemocionales vinculadas al desempeño</b>	Mejoras de desempeño asociadas a menor ansiedad, mayor autonomía (según post-test).	Mayor persistencia, autorregulación, cuidado de materiales y uso progresivo del error como oportunidad.	Cooperación, tutoría entre pares, disminución de frustración, mayor tiempo en tarea.	Coincide con Harlen (2010): la indagación promueve autorregulación, resiliencia, cooperación y comunicación científica.
<b>6. Rol del aula multigrado</b>	El grupo experimental supera ampliamente al control en todos los grados.	Los mayores apoyan a menores; se afianzan rutinas compartidas.	Estaciones, roles, apoyo entre estudiantes, interacción continua.	Miranda (2020) y UNESCO (2023): el multigrado potencia la inclusión y el aprendizaje cuando se trabaja con metodologías activas. Se confirma su valor pedagógico.
<b>7. Uso de materiales, prototipos y experimentación</b>	Altos puntajes en procedimientos ligados a manipulación y análisis de prototipos.	Justifican materiales, mejoran precisión de manipulación, registran resultados.	Observada manipulación cuidadosa, experimentación guiada, ajustes a prototipos.	Hodson (2014) y Harlen (2010) afirman que la experimentación organizada desarrolla pensamiento científico; la evidencia triangulada lo confirma.
<b>8. Equidad de género</b>	Niñas y niños obtienen puntajes similares en el experimental (brecha <5%). Control mantiene brechas.	Las niñas muestran tendencia a mayor constancia y precisión en procedimientos; los niños en manipulación inicial.	Participación equitativa en discusión, prototipos y roles.	Coincide con Johnson et al. (2021) y Bybee (2015): las metodologías STEM disminuyen brechas de género al promover participación equitativa y colaboración.

*Nota.* Elaboración propia.

La triangulación permitió reconocer la coherencia global entre las fuentes de datos que constituyen esta investigación, al analizar los puntajes del post-test, los avances documentados en las listas de chequeo y las prácticas observadas en el aula convergieron en un mismo patrón de mejora en el grupo experimental frente al grupo control, lo que evidencia una asociación consistente entre la implementación de la propuesta en educación STEM, basada en el proceso de diseño en ingeniería, y los cambios observables en la manera en que los estudiantes del grupo experimental comprendieron, aplicaron y explicaron el conocimiento, mientras que el grupo control mantuvo patrones de aprendizaje más dependientes del docente, como lo describen Miranda (2020) y Ames (2004) al referirse a la práctica tradicional que se imparte en las aulas

multigrado. Sin embargo, en esta sección el énfasis se sitúa en la articulación entre las fuentes y no en la argumentación exhaustiva sobre la magnitud o las implicaciones de dichos cambios. Por consiguiente, los alcances, la efectividad y la pertinencia de la propuesta, así como el potencial pedagógico del aula multigrado orientada mediante metodologías activas, colaborativas e interdisciplinarias, se abordan con mayor detenimiento en el apartado de discusión de resultados.

## **6.6. Discusión de los resultados**

La discusión de los resultados permite la interpretación crítica de los hallazgos del post-test, las listas de chequeo y las observaciones, para situarlos en un diálogo con los marcos teóricos y la literatura especializada en Educación STEM y en aulas multigrado revisada durante el desarrollo de esta investigación. De manera general, los resultados demostraron que la propuesta pedagógica basada en el proceso de diseño en ingeniería propuesto por Cunningham (2018) con adaptaciones para el contexto multigrado generó mejoras significativas en el grupo experimental, tanto en su desempeño conceptual como en su desempeño procedimental, en contraste con el grupo control, donde se mantuvieron patrones de aprendizaje más tradicionales, con lo cual se evidencia una diferencia que implica, más que una mejora cuantitativa, una transformación cualitativa en la manera de pensar, actuar y justificar los procesos matemáticos, científicos y tecnológicos, por parte de los estudiantes.

En primer momento, de manera específica, conviene mencionar que existió una transformación conceptual que fue del conocimiento aislado a la comprensión integrada, en tanto que, los resultados del post-test evidenciaron que los estudiantes del grupo experimental lograron niveles de logro entre el 72 % y el 82 %, en contraste con los puntajes del grupo control, ubicados alrededor del 40 %, una diferencia que confirma que la comprensión conceptual no fue producto de la repetición o de la memorización, sino que obedeció al tránsito por experiencias de diseño, indagación y manipulación guiada.

Este hallazgo dialoga con la propuesta de Alsina (2019) y Vivas-García (2017) quienes señalan que el aprendizaje profundo emerge cuando el estudiante avanza desde el nivel informal hacia el intermedio y luego hacia el formal, que es un proceso donde se requiere manipular materiales, representar ideas y finalmente simbolizar. En esta investigación, ese tránsito fue

observable en la evolución de las listas de chequeo P1 → P2 → P3, donde los estudiantes pasaron de reconocer conceptos de manera superficial a emplear un vocabulario técnico con precisión y a justificar sus decisiones.

Asimismo, la integración de ciencias, matemáticas y tecnología, registrada tanto en los puntajes como en el desempeño observado, coincide con Bybee (2015) y Vásquez et al. (2013), quienes afirman que la Educación STEM integrada genera conexiones interdisciplinarias que permiten comprender un fenómeno desde múltiples perspectivas. Ante esto, se obtuvo que los estudiantes del grupo experimental lograron, en los proyectos finales, explicar los fenómenos físicos con apoyo de representaciones matemáticas y justificar elecciones tecnológicas mediante argumentos científicos, lo que evidencia una articulación conceptual entre las tres áreas.

De otro lado, se encontró una transformación del desarrollo procedimental que se movilizó del hacer mecánico al hacer reflexivo. Aquí existieron mejoras contundentes en el grupo experimental con desempeños entre el 75% y el 83 %, mientras que el grupo control mantuvo desempeños entre el 40% y el 52 %, donde se evidenció un contraste que reafirma que la simple ejecución de pasos no representa el desarrollo procedimental, luego, lo que realmente importa es la comprensión del propósito de cada acción dentro del proceso. De acuerdo con Pedrinaci et al. (2012) y la OCDE (2008), el desempeño procedimental surge cuando el estudiante desarrolla prácticas de indagación, experimentación y verificación sistemática, de manera que en diálogo con estas propuestas, en la presente investigación, se observó que los estudiantes del grupo experimental avanzaron en su capacidad de planear, ejecutar, revisar y mejorar en sus prototipos, demostrando con ello una apropiación del método científico y del proceso tecnológico más coherente.

Así mismo, las observaciones demostraron que, mientras en el Proyecto 1 los estudiantes actuaban por ensayo-error, en el Proyecto 3 justificaban por qué elegir cierto material, cómo registrar un resultado o por qué repetir un experimento, de manera que se estableció un avance que refleja el paso de un hacer operativo a un hacer fundamentado, coherente con las recomendaciones de Harlen (2010) respecto a la indagación guiada. Uno de los hallazgos más relevantes es la emergencia de habilidades epistémicas frente a formular hipótesis, comparar resultados, argumentar, explicar causas y efectos, diferenciar observación de conclusión y

justificar decisiones. Esto puede analizarse según Jiménez-Aleixandre (2003) quien considera que estas competencias no aparecen de manera espontánea; requieren práctica sostenida en torno a problemas reales, evidencia y diálogo científico y, en el caso de la presente investigación, las mejoras epistémicas observadas en el grupo experimental pueden considerarse un indicador de alfabetización científica en progreso, al observar que los estudiantes iniciaron a resolver con criterios de verificación y no solo a partir de sus ideas, lo que consolidó un avance es especialmente significativo en contextos rurales y en aulas multigrado, donde las oportunidades para la experimentación suelen ser limitadas.

De otro lado, se lograron hallazgos frente al impacto pedagógico del aula multigrado cuando se orienta con metodologías activas, pues, a diferencia de lo que documenta Miranda (2020) sobre las dificultades estructurales del aula multigrado, los resultados de esta investigación demostraron que, cuando se trabaja integrando áreas, se vincula la progresión de aprendizajes, el trabajo entre otros aspectos ya mencionados, el aula multigrado se convierte en un entorno con alto potencial pedagógico y didáctico. Esto puede interpretarse a la luz de lo que propone UNESCO (2023) quien sostiene que la organización multigrado favorece la inclusión, la diversidad cognitiva y el aprendizaje colaborativo cuando se articula con metodologías activas, es por eso que, en los proyectos desarrollados, se evidenció que los estudiantes mayores apoyaron a los menores en la identificación de variables, en la selección de materiales, en la manipulación cuidadosa y en la verificación de resultados, de manera que se constató que el aula multigrado, lejos de ser un dilema, puede convertirse en un espacio donde se generen procesos STEM cuando se estructuran de manera coherente y sostenida elementos pedagógicos y didácticos.

El análisis de los resultados permite identificar la relevancia de la Educación STEM integrada donde sus áreas pueden y deben entenderse como una totalidad y no como la suma de disciplinas. Los resultados mostraron que los estudiantes del grupo experimental lograron integrar conceptos de ciencias, como fuerza, fricción y resistencia; representaciones matemáticas, como equivalencias, comparación y secuencias; y razonamiento tecnológico como el prototipado, la evaluación y la mejora, como parte del proceso natural de diseñar soluciones a problemas reales y no como una integración aislada, lo cual valida los postulados de Botero (2018), Bybee (2015) y Vásquez et al. (2013) acerca del carácter holístico del enfoque STEM. En consecuencia,

el hecho de que los estudiantes justificaran sus prototipos utilizando argumentos científicos y cálculos matemáticos es evidencia del inicio del pensar de manera interdisciplinar, una de las metas centrales de la educación STEM.

De otro lado, es posible identificar una relación directa entre las habilidades socioemocionales y el desempeño académico, al identificar en los registros mejoras en la persistencia, la autorregulación emocional, el reconocimiento del error como una oportunidad, el trabajo en equipo y la verbalización de ideas, tal como lo menciona Harlen (2010) cuando subrayan que la indagación y el aprendizaje basado en proyectos fortalecen estas habilidades, además de mejorar el desempeño académico, luego, en esta investigación, las habilidades socioemocionales no fueron un efecto colateral, pues en realidad aparecieron como un componente central para que el aprendizaje conceptual y procedimental se consolidara, especialmente la persistencia, la gestión de la frustración y el compromiso con la tarea.

Por último, es posible presentar los hallazgos frente a la equidad de género, si bien el diagnóstico inicial mostró diferencias leves, en el post-test el grupo experimental presentó brechas menores al 5 % entre niñas y niños. Si se estos resultados se leen a la luz de la propuesta de Johnson et al. (2021) y Bybee (2015) quienes afirman que las metodologías STEM inclusivas reducen las brechas de género al promover la participación equitativa, la colaboración y la toma de decisiones conjuntas, se justifica que en esta investigación, la equidad se fortaleció por encima de los puntajes, para llegar a la dinámica de participación, lo que demuestra que el enfoque STEM contribuye a disminuir las desigualdades persistentes en las áreas científico-tecnológicas.

En consecuencia, el análisis crítico de los resultados permite confirmar que la propuesta pedagógica en Educación STEM reflejada en el proceso de diseño en ingeniería de Cunningham (2018) con adaptaciones para las dinámicas del aula multigrado presentó un impacto positivo en el grupo experimental, porque generó avances conceptuales, procedimentales, epistémicos, socioemocionales y colaborativos que no se presentaron en el grupo control, luego, en coherencia con la literatura, estos avances evidencian que la Educación STEM constituye una respuesta pertinente, eficaz y contextualizada para fortalecer las competencias científicas, tecnológicas y matemáticas en el aula multigrado.

## 5. Conclusiones

La presente investigación tuvo como propósito evaluar los cambios ocurridos entre el estado inicial y final de las competencias científicas, tecnológicas y matemáticas en un grupo de estudiantes de aula multigrado a partir de la implementación de una propuesta pedagógica basada en Educación STEM, para lo cual se propusieron tres objetivos específicos.

El primer objetivo se encargó de caracterizar el estado inicial de las competencias científicas, tecnológicas y matemáticas en estudiantes de dos sedes rurales, grupo experimental y control, de acuerdo con sus grados escolares, antes de la implementación de una propuesta pedagógica en Educación STEM. Aquí fue posible concluir, con evidencia cuantitativa y cualitativa, que un alto porcentaje de estudiantes de ambos grupos iniciaron el proceso con un desempeño bajo. En matemáticas, los estudiantes mostraron un dominio conceptual insuficiente con dificultades para justificar procedimientos, con evidencias de debilidad en el razonamiento proporcional y la escasa comprensión del valor posicional. Por su parte, en el área de ciencias, se identificó la ausencia de pensamiento experimental, el desconocimiento del propósito de la hipótesis, una confusión entre observación y conclusión y una mínima comprensión del método científico. Por último, en el área de tecnología, la línea de base mostró dificultad en el pensamiento de diseño, además de un bajo reconocimiento del papel que juegan los materiales para el cumplimiento de objetivos y la función del prototipo.

Los análisis iniciales demostraron que ningún estudiante alcanzaba niveles satisfactorios o altos, y que los desempeños procedimentales eran no intencionales, sin planificación, verificación ni mejora. A ello se sumaron bajos niveles de autonomía, dependencia del docente y dificultades para sostener procesos de indagación y resolución de problemas. En consecuencia, desde el primer objetivo se concluye que ambos grupos presentaban un estado inicial equivalente, caracterizado por vacíos conceptuales, procedimentales y epistémicos en ciencias, matemáticas y tecnología, así como aspectos socioemocionales asociadas al aprendizaje, luego, esta línea de base justifica plenamente la pertinencia y necesidad de la intervención que se propuso mediante la propuesta en Educación STEM.

El segundo objetivo se planteó para describir el desarrollo de las competencias científicas, tecnológicas y matemáticas del grupo de estudiantes muestra, a partir del diseño e implementación de una propuesta pedagógica en Educación STEM. Los resultados evidenciaron que la implementación de la propuesta pedagógica basada en el proceso de diseño en ingeniería generó transformaciones progresivas y verificables en las competencias del grupo experimental, las cuales se manifestaron en tres planos articulados. Primero, en el desarrollo conceptual, donde los estudiantes avanzaron desde las definiciones memorísticas hacia las comprensiones funcionales, por lo que lograron explicar fenómenos, interpretar datos, usar un vocabulario científico y matemático y lograron reconocer la importancia de llevar registros, así como relacionar conceptos con situaciones reales del entorno rural.

Segundo, el desarrollo procedimental, donde los estudiantes pasaron de actuar por ensayo-error a diseñar, planificar, ejecutar y verificar procedimientos de manera estructurada, debido a la adquisición de habilidades para formular preguntas pertinentes, seleccionar materiales justificados, comprobar estrategias y justificar decisiones, cumpliendo con las fases del método científico y del proceso tecnológico como prácticas deliberadas.

Tercero, el desarrollo epistémico, donde se encontró que la propuesta fortaleció las habilidades de razonamiento científico tales como la formulación y la verificación de hipótesis, la argumentación causal, la diferenciación entre observación y la conclusión y evaluación de resultados, que son habilidades consideradas como indicadores de alfabetización científica, emergieron con claridad en el tercer proyecto.

Por último, en cuanto al aspecto actitudinal asociado al desempeño, se concluye que la persistencia, la autorregulación, el uso del error como oportunidad, la participación colaborativa y la tutoría entre pares se fortalecieron significativamente, a partir del desarrollo de los tres proyectos planteados en la propuesta de intervención, y se encontró que estas habilidades impulsaron la consolidación conceptual y procedimental observada en las listas de chequeo y en el post-test. En conclusión, el Objetivo 2 confirma que la propuesta STEM produjo un desarrollo integral y ascendente en las competencias científicas, tecnológicas y matemáticas del grupo experimental, avanzando desde lo informal hacia lo intermedio y lo formal, en coherencia con la propuesta de Alsina (2004) y Vivas-García (2017).

Finalmente, el tercer objetivo de la investigación pretendió establecer las diferencias en el desarrollo de las competencias científicas, tecnológicas y matemáticas entre los estudiantes del grupo experimental y el grupo control después de la implementación de la propuesta pedagógica en Educación STEM; frente al cual los hallazgos mostraron que, tras la intervención, las diferencias entre los grupos fueron amplias, consistentes y estadísticamente significativas, tanto en lo conceptual como en lo procedimental y actitudinal.

Así, en cuanto a las diferencias cuantitativas se encontró que el grupo experimental alcanzó puntajes entre 72% y 82%, mientras que el grupo control se mantuvo entre el 40% y 48% en las tres áreas, luego, los tamaños del efecto ( $d$  y  $t$ ) fueron grandes y muy grandes, que confirman que la propuesta produjo mejoras significativas y no atribuibles al azar ni a progresos naturales del aprendizaje. Respecto a las diferencias cualitativas el grupo experimental mostró desempeños avanzados en cuanto a la formulación de preguntas, la elaboración y la explicación de hipótesis, la verificación sistemática de procedimientos, la construcción y mejora de prototipos funcionales y la argumentación científica, mientras que el grupo control mantuvo en su mayoría los mismos resultados obtenidos en la aplicación de la primera prueba.

En cuanto a las diferencias de género, en el grupo experimental las brechas de género se cerraron por completo, lo que demuestra que la Educación STEM permitió una participación equitativa, pues en el grupo control, las brechas sí se mantuvieron sin cambios respecto al pre-test. De esta manera, se concluye que, en cuanto al objetivo tres se demuestra de manera contundente que la propuesta pedagógica tuvo un efecto diferencial favorable sobre el grupo experimental, mientras que el grupo control permaneció en patrones tradicionales de aprendizaje sin avances significativos. Es así como se confirma, a partir de esta investigación, que una propuesta pedagógica en Educación STEM, adaptada al aula multigrado, es pertinente para transformar las competencias científicas, tecnológicas y matemáticas de los estudiantes, y también promueve el cierre de brechas educativas y de género en los contextos rurales.

La evaluación formativa, mediante el uso de instrumentos como listas de chequeo y observaciones cualitativas, se convierten en elementos esenciales para hacer seguimiento permanente al progreso de los estudiantes con evidencias de aprendizajes planificados y concretas, así se pudo verificar durante el desarrollo de los tres proyectos donde se logró valorar

el avance de los estudiantes durante las actividades y a la vez identificar aspectos que se debían ajustar. Este tipo de evaluación permitió el registro de los aspectos conceptuales, procedimentales y actitudinales de cada estudiante y así consolidar una base con información concreta que permitió llegar a conclusiones que aportaron a la consecución de los objetivos de la investigación.

Dentro de los aspectos que funcionaron durante la implementación de la propuesta, se destaca la relación de las situaciones del mundo real en cada uno de los pasos de la propuesta pedagógica. Esto permitió dar sentido a los conceptos, integrar de manera estratégica las competencias de las tres áreas y promover el rol ingenieril, lo que facilitó el diseño y el prototipado como soluciones a la situación planteada. Vale la pena resaltar el paso de la construcción del prototipo, ya que es un momento que genera una alta expectativa en los estudiantes, quienes desean utilizar los materiales para construir una estructura funcional. Además, es un punto crucial para el docente, ya que representa una oportunidad para evidenciar en la práctica los aprendizajes que se establecieron desde la concepción del proyecto, de esta manera, el docente puede considerar la posibilidad de regresar a pasos anteriores para fortalecer en los niños y niñas aspectos que considere pertinentes.

Otro elemento funcional durante el desarrollo de la propuesta se centra en reconocer la necesidad de abordar los aprendizajes mediante el método del “currículo en espiral”, tal como lo mencionan Jiménez et al. (2022) en su libro autoguiado. En este enfoque, el mismo tema se aborda con la complejidad que requiere cada grado, sin embargo, se implementaron ciertas actividades que compartieron todos los grupos; al momento de tratar aspectos conceptuales y prácticos, se tuvo en cuenta el nivel que requería cada grupo, lo que facilitó el tránsito de saberes durante el proceso y evitar lo que cotidianamente ocurre durante la enseñanza en la ruralidad al tratar de abordar una temática distinta en cada grado.

También se identificaron áreas de mejora dentro del proceso, uno de los principales desafíos fue promover un enfoque colaborativo, en especial en los primeros grados, ya que mostraron dificultades para llegar a acuerdos, proponer y argumentar ideas, y avanzar de manera autónoma a lo largo del proceso. Esto sugiere un mayor andamiaje y apoyo para fomentar la independencia en las distintas actividades. Además, algunos estudiantes de grados superiores presentan dificultades en conceptos básicos que deben ser abordados en los primeros grados lo

que podría limitar su capacidad para aplicar el pensamiento crítico en situaciones futuras. Por otra parte, se identifican aspectos que deben abordarse de manera muy específica y de acuerdo a las edades, como lo es el caso de procesos científicos como la generación de hipótesis y su diferencia con la observación, de igual manera, asuntos relacionados con el diseño y el prototipado.

Finalmente, los hallazgos de esta investigación reafirman la necesidad de la formación docente en metodologías activas y en Educación STEM, ya que es crucial que los educadores comprendan que hay otras formas de concebir la enseñanza en el aula multigrado, lo que coadyuvaría a dar respuestas a tantas inquietudes acerca de cómo abordar la heterogeneidad de grados, cómo gestionar de mejor forma los tiempos, cómo abordar la cantidad de temáticas contempladas en los planes de área y, sobre todo, cómo lograr el desarrollo de habilidades y aprendizajes que requieren los niños y niñas, y prepararlos para las exigencias actuales. Al fortalecer la formación docente, se puede garantizar que las propuestas pedagógicas, ya sean en educación STEM u otras configuraciones metodológicas, sean efectivas y sostenibles, beneficiando así a las comunidades estudiantiles de los contextos rurales.

## 6. Recomendaciones

En primer lugar, se considera pertinente consolidar la Educación STEM como un eje articulador del currículo en la institución educativa a la que pertenecen las dos sedes rurales que participaron en la investigación, dado que demostró ser un medio eficaz para promover aprendizajes significativos e interdisciplinarios en el aula multigrado, para lo cual es necesario orientar la planificación institucional hacia el desarrollo de proyectos contextualizados que integren ciencias, tecnología y matemáticas de forma coherente con las realidades del entorno rural, de manera que los estudiantes continúen vinculando los conceptos escolares con los fenómenos y situaciones de su vida cotidiana.

En la misma dirección, se recomienda sostener en el aula las rutinas de pensamiento científico y matemático que emergieron durante la intervención, tales como la explicitación de hipótesis fundamentadas, la verificación sistemática de resultados, y la diferenciación entre observación y conclusión, puesto que resultaron ser prácticas que se consolidaron como estrategias significativas para avanzar hacia los niveles formales de razonamiento. También es importante continuar con el fortalecimiento del trabajo entre pares como una estrategia natural del aula multigrado, a partir de dinámicas de trabajo cooperativo donde los estudiantes asuman roles complementarios, acompañen los procesos de experimentación de sus pares y aprendan a explicar y justificar sus decisiones frente a otros compañeros.

Implementar el prototipado es otro aspecto a tener presente, donde se lleve a cabo todo el proceso ingenieril, se parta de problemáticas del entorno y recurra a materiales que estén a disposición de los niños y niñas y vaya de la mano con la dimensión tecnológica, pues estas experiencias permitieron a los estudiantes avanzar desde la manipulación intuitiva hacia la reflexión razonada sobre el funcionamiento de los objetos y los sistemas, mostrando niveles de comprensión que difícilmente se logran mediante metodologías exclusivamente expositivas.

Se considera necesario que se avance hacia un plan de formación docente continuo y situado que prepare a los maestros para liderar procesos en Educación STEM contextualizados y sostenibles, por lo se sugiere que las instituciones integren líneas de formación en pensamiento científico, diseño tecnológico, evaluación formativa y gestión pedagógica del aula multigrado, así

como espacios de trabajo colaborativo entre docentes que permitan construir comunidades de práctica. Asimismo, es recomendable que las instituciones generen las condiciones organizativas que permitan la continuidad del enfoque STEM, destinando tiempos específicos para el desarrollo de los proyectos, desde la flexibilidad curricular y desde el fortalecimiento de la infraestructura mínima necesaria para la experimentación.

Desde una perspectiva de investigación y proyección académica, se recomienda expandir esta experiencia a otras instituciones educativas para analizar la réplica del modelo, sus adaptaciones al contexto de la comunidad y sus límites. Igualmente, sería pertinente realizar estudios longitudinales que permitan medir la permanencia de los aprendizajes, la evolución de las competencias relacionadas con las áreas STEM a lo largo del tiempo y el impacto del modelo en las trayectorias educativas posteriores. A la par se recomienda profundizar en el estudio del rol docente, especialmente en las transformaciones pedagógicas que ocurren cuando un maestro adopta prácticas STEM en un aula multigrado, entender estos procesos permitiría fortalecer la formación inicial y continua del profesorado en zonas rurales.

## Referencias

- Abero, L., Berardi, L., Capocasale, A., García, M., & Rojas, R. (2015). *Metodología de la investigación educativa: Abordajes teórico-prácticos*. Ediciones de la Universidad de la República.
- Agüero-Calvo, E., Meza-Cascante, L. G., & Suárez-Valdés-Ayala, Z. (2019). Attitude toward usefulness of mathematics of Costa Rican high students. *Modern Journal of Language Teaching Methods (MJLTM)*. *Revista Electronica Educare*, 23(1).  
<https://doi.org/10.15359/REE.23-1.3>
- Asrizal, A. et al. (2022). Physics electronic teaching material-integrated STEM education to promote 21<sup>st</sup>-century skills. *Cypriot Journal of Educational Sciences*, 17(8).  
<https://doi.org/10.18844/cjes.v17i8.7357>
- Asilevi, M. et al. (2024). A comparison of science learning skills in the teacher-centered approach and inquiry-based science fieldwork: Primary school students' perceptions. *International Journal of Education in Mathematics, Science, and Technology (IJEMST)*, 12(1), 1-19. <https://doi.org/10.46328/ijemst.3146>
- Al Sultán, A., & Alasif, H. (2021). The Effect of Thinking Aloud Pair Problem Solving (TAPPS) Strategy on Developing Scientific Concepts and Habits of Mind among Middle School Students. *Psychology and Education*, 58(5), 7146-7169.  
[https://www.researchgate.net/publication/356840040\\_The\\_Effect\\_of\\_Thinking\\_Aloud\\_Pair\\_Problem\\_Solving\\_TAPPS\\_Strategy\\_on\\_Developing\\_Scientific\\_Concepts\\_and\\_Habits\\_of\\_Mind\\_among\\_Middle\\_School\\_Students](https://www.researchgate.net/publication/356840040_The_Effect_of_Thinking_Aloud_Pair_Problem_Solving_TAPPS_Strategy_on_Developing_Scientific_Concepts_and_Habits_of_Mind_among_Middle_School_Students)
- Alsina, Á. (2004). *Desarrollo de Competencias Matemáticas con Recursos Lúdico-Manipulativos - Google Books*. Narcea.  
[https://www.google.com.co/books/edition/Desarrollo\\_de\\_Competiciones\\_Matem%C3%A1ticas/1mz3RI7b-G8C?hl=es-419&gbpv=0](https://www.google.com.co/books/edition/Desarrollo_de_Competiciones_Matem%C3%A1ticas/1mz3RI7b-G8C?hl=es-419&gbpv=0)
- Alsina, Á. (2019). *Itinerarios didácticos para la enseñanza de las matemáticas (6-12 años)*. Graó.

[https://books.google.com/books/about/Itinerarios did%C3%A1cticos para la ense%C3%B1an.html?hl=es&id=xEAgEAAAQBAJ](https://books.google.com/books/about/Itinerarios_did%C3%A1cticos_para_la_ense%C3%B1an.html?hl=es&id=xEAgEAAAQBAJ)

Amaya, M. & Velázquez, O. J. R. (2022). La enseñanza y aprendizaje de las matemáticas en el aula multigrado de primaria: Una caracterización. *Revista Venezolana de Investigación en Educación Matemática*, 2(3), e202208-e202208. <https://doi.org/10.54541/reviem.v2i3.35>

Ames, P. (2004). *Las escuelas multigrado en el contexto educativo actual: desafíos y posibilidades*. Ministerio de Educación. <http://www.grade.org.pe/creer/archivos/Ames-Patricia.-2004-Las-escuelas-multigrado-en-el-contexto-educativo-actual-1>

Arabit, J., & Prendes, M. P. (2020). Metodologías y Tecnologías para enseñar STEM en Educación Primaria: análisis de necesidades. *Pixel-Bit, Revista de Medios y Educacion*, 57, 107-128. <https://doi.org/10.12795/PIXELBIT.2020.I57.04>

Ardianto, D., Windiyani, T., Suwarma, I. R., Karmilasari, K., & Nurul, N. (2024). Analysis of physics learning in elementary schools and the need for professional development: Is STEM education training necessary for elementary school teachers?. *Momentum: Physics Education Journal*, 8(1), 84-94.

Bárcena, A. I. M., & Martínez-Aznar, M. (2022). Indagar sobre las reacciones químicas y desarrollo de la competencia científica. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 40(2), 5-23. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3409>

Beltrán, L. et al. (2024). El docente de ciencias naturales y la educación en desarrollo sostenible para la escuela rural multigrado. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (55), 318-321.

Bernal-Pinzón, M. L. (2017). ¿Qué escriben los niños?, una mirada desde el modelo escuela nueva. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 7(2), 255-268. <https://doi.org/10.19053/20278306.V7.N2.2017.6069>

Bertrand, M. G., & Namukasa, I. K. (2023). A pedagogical model for STEAM education. *Journal of Research in Innovative Teaching & Learning*, 16(2), 169-191. <https://doi.org/10.1108/JRIT-12-2021-0081>

- Bobadilla Asenjo, C. L. (2021). Buenas prácticas en TICs para desarrollar competencias de ciencia y tecnología del tercer grado-secundaria, Javier Arabit
- Botero, J. (2018). *Educación STEM: Introducción a una nueva forma de enseñar y aprender* | *Compartir Palabra maestra*. Palabra Maestra.  
<https://www.compartirpalabramaestra.org/recursos/libros/educacion-stem-introduccion-una-nueva-forma-de-ensenar-y-aprender>
- Bustamante-Meza, L. Y., Torres-Oliveros, S., & Salcedo-Ospino, J. (2022). Desarrollo de habilidades STEM para docentes de educación infantil. *Praxis*, 18(2), 344-363.  
<https://doi.org/10.21676/23897856.3755>
- Bybee, R. (2015). The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities. En *The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities*. National Science Teachers Association. <https://doi.org/10.2505/9781936959259>
- Cano, L., & Ángel, I. (2020). Medellín Territorio STEM+H: Un diagnóstico de la Secretaría de Educación de Medellín sobre el desarrollo del enfoque en las instituciones educativas de la ciudad. Universidad Pontificia Bolivariana.  
<https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/6205/Medellin%20Territorio%20STEM%20H.pdf?sequence=1>
- Cañal, P. (2012). ¿Cómo evaluar la competencia científica? *Revista Investigación en la Escuela*, 78, 5-17. <https://idus.us.es/handle/11441/59927>
- Castro et al. (2023). “Educación en robótica en unidades STEM: rompiendo barreras en escuelas rurales multigrado” *Sensores* 23, no. 1: 387. <https://doi.org/10.3390/s23010387>
- Carrete-Marin, N., & Domingo-Penafiel, L. (2021). Los recursos tecnológicos en las aulas multigrado de la escuela rural: Una revisión sistemática. *Revista Brasileira de Educação do Campo*, 1-31. <https://doi.org/10.20873/UFT.RBEC.E13452>
- Casa, M., Huatta, S., & Mancha, E. (2019). Problem Based Learning as strategy for the development of competences in secondary education students. *Comuni@cción: Revista de*

*Investigación en Comunicación y Desarrollo*, 10(2), 111-121.

<https://doi.org/10.33595/2226-1478.10.2.383>

Chávez, A., Moscoso, K. M., & Cadillo, J. R. (2021). Método activo en el desarrollo de competencias matemáticas en niños de la cultura Awajún, Perú. *Uniciencia*, 35(1), 55-70.  
<https://doi.org/10.15359/ru.35-1.4>

Choque, R. (2010). *Nuevas competencias tecnológicas en información y comunicación*. Ministerio de Educación del Perú.  
<https://repositorio.minedu.gob.pe/handle/20.500.12799/10702>

Cifuentes, A. P., & Caplan, M. (2019). Experiencias de educación STEM en el ámbito formal y rural. *Educación STEM/STEAM: Apuestas hacia la formación, impacto y proyección de seres críticos*, 27-39.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8093331&info=resumen&idioma=ENG>

Colbert, V. (2017). Una nueva escuela para el siglo XXI. *Caminos educativos*, 4(4), 9-23.  
<https://doi.org/10.36436/22564527.100>.

Cunningham, C. M. (2018). *Engineering in Elementary STEM Education – Curriculum Design, Instruction, Learning, and Assessment*. Boston – New York: Teachers College press.

De la Vega, L. F. (2020). Multilateral Education: Key Words for Educational Quality and Professional Development. *Revista latinoamericana de educación inclusiva*, 14(2), 153-175. <https://doi.org/10.4067/S0718-73782020000200153>

Departamento Administrativo de Ciencia, T. e I. (2016). *Visión Colombia 2019 Visión ciencia, tecnología e innovación, Ct+I*. En ADELMAN, Irma. 2001. “Fallacies in Development Theory and Their Implications for Policy” en Meier, G. y Joseph Stiglitz editores, *Frontiers of Development Economics. The Future in Perspective*. Oxford University Press. Colciencias. <http://repositorio.minciencias.gov.co/handle/11146/736>

Departamento Nacional de Planeación. (2014). *Misión para la transformación del campo: Definición de Categorías de Ruralidad*. DNP.

- Dewey, J. (2007). *Experience and education*. Touchstone. (Trabajo original publicado en 1938).
- diSessa, A. A. (2004). Metarepresentation: Native competence and targets for instruction. *Cognition and Instruction*, 22(3), 293–331. [https://doi.org/10.1207/s1532690xci2203\\_2](https://doi.org/10.1207/s1532690xci2203_2)
- Domènech-Casal, J. (2018). Aprendizaje Basado en Proyectos en el marco STEM. Componentes didácticas para la Competencia Científica. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 2(2), 29-42. <https://doi.org/10.17979/arec.2018.2.2.4524>
- Domènech-Casal, J. (2020). Diseñando un simulador de ecosistemas. Una experiencia STEM de enseñanza de dinámica de los ecosistemas, funciones matemáticas y programación. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 17(3), 1-17. [https://doi.org/10.25267/REV\\_EUREKA\\_ENSEN\\_DIVULG\\_CIENC.2020.V17.I3.3202](https://doi.org/10.25267/REV_EUREKA_ENSEN_DIVULG_CIENC.2020.V17.I3.3202)
- Domingo, A. (2021). La Práctica Reflexiva: un modelo transformador de la praxis docente. *Zona Próxima*, 34, 3-21. <https://doi.org/10.14482/ZP.34.370.71>
- Dúo Terrón, P. (2023). STEAM en Educación Primaria: impacto en las competencias y motivación del alumnado de Ceuta. <https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/80679/101591%281%29.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Enríquez Ramírez, C., Raluy Herrero, M., & Vega Sosa, L. M. (2021). Desarrollo del pensamiento computacional en niñas y niños usando actividades desconectadas y conectadas de computadora. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 12(23), 293. <https://doi.org/10.23913/RIDE.V12I23.1079>
- Eshaq, H. (2024). El efecto del uso de la educación STEM en el rendimiento matemático de los estudiantes. *Revista de Investigaciones Pedagógicas*, 8 (1), 75-82. <https://doi.org/10.33902/JPR.202423476>
- Espigares-Gámez, M. J., Fernández-Oliveras, A., & Oliveras, M. L. (2020). Instrumento para evaluar competencias matemáticas y científicas del alumnado que inicia educación primaria, mediante juegos. *Revista Paradigma*, 41, 326-359. <http://funes.uniandes.edu.co/22198/>

- Ferrada, C. (2021). Diseño e implementación de actividades STEM a partir del trabajo en robótica, con metodologías activas en 3º ciclo de Educación Primaria [Tesis]. Universidad de Granada, 2021. <https://digital.csic.es/handle/10261/267127>
- Ferro, J. (2018). *Aprendizajes digitales en la escuela rural* [Tesis doctoral, Universidad de Barcelona]. <https://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/134279>
- Fuentes-Hurtado, M., & González, J. (2019). Evaluación inicial del diseño de unidades didácticas STEM gamificadas con TIC. *EduTec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 70, 1-17. <https://doi.org/10.21556/edutec.2019.70.1469>
- García, C. C., Ramírez, M. H., & Arriaga, C. A. (2022). ¿Cómo viaja la luz? La actividad experimental para desarrollar competencias científicas en la infancia. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 13(25). <https://doi.org/10.23913/RIDE.V13I25.1252>
- García-Fuentes, O., Raposo-Rivas, M., & Martínez-Figueira, M. E. (2023). El enfoque educativo STEAM: una revisión de la literatura. *Revista Complutense de Educación*, 34(1), 191-202. <https://doi.org/10.5209/RCED.77261>
- Galván Mora, L. (2020). Educación rural en América Latina Escenarios, tendencias y horizontes de investigación. *Márgenes Revista De Educación De La Universidad De Málaga*, 1(2), 48–69. <https://doi.org/10.24310/mgnmar.v1i2.8598>
- Giraldo, R. (2021). El enfoque STEM: Desarrollo de competencias matemáticas y mecánicas en estudiantes de género femenino de educación básica secundaria [Tesis doctoral, Universidad UMECIT]. <https://doi.org/10.1/JQUERY.MIN.JS>
- González, V. M. (2017). *Análisis documental de la investigación en enseñanza multigrado : ¿un campo de reflexión para la didáctica de las ciencias?* Universidad Internacional de Andalucía. <https://dspace.unia.es/handle/10334/3880>
- Harlen, W. (2010). *Principles and big ideas of science education*. Association for Science Education.

- Han, J., Kelley, T., & Knowles, J. G. (2023). Building a sustainable model of integrated stem education: investigating secondary school STEM classes after an integrated STEM project. *International Journal of Technology and Design Education*, 33(4).  
<https://doi.org/10.1007/s10798-022-09777-8>
- Herce-Palomares, M. P., Román González, M., & Jiménez Fernández, C. (2022). STEM talent in k-10: a systematic review. *Revista de Educacion*, 2022(396), 63-93.  
<https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2022-396-530>
- Hernández. (2005). *¿Qué son las «competencias científicas»?* Universidad Nacional de Colombia.  
[https://acofacien.org/images/files/ENCUENTROS/DIRECTORES\\_DE\\_CARRERA/I\\_REUNION\\_DE\\_DIRECTORES\\_DE\\_CARRERA/ba37e1\\_QUE%20SON%20LAS%20COMPETENCIAS%20CIENTIFICAS%20-%20C.A.%20Hernandez.PDF](https://acofacien.org/images/files/ENCUENTROS/DIRECTORES_DE_CARRERA/I_REUNION_DE_DIRECTORES_DE_CARRERA/ba37e1_QUE%20SON%20LAS%20COMPETENCIAS%20CIENTIFICAS%20-%20C.A.%20Hernandez.PDF)
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6.<sup>a</sup> ed.). Mc Graw Hill.
- Hodson, D. (1994). *Teaching and learning science: Towards a personalized approach*. Open University Press.
- Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. A. (Eds.). (2014). *STEM integration in K–12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. National Academies Press.  
<https://doi.org/10.17226/18612>
- Huertas, V. (2021). Modelo de integración curricular con enfoque STEM para desarrollar competencias científicas en estudiante del colegio Militar Elías Aguirre de Pimentel [Tesis doctoral]. Universidad César Vallejo.
- Ibarra, E. (2022). Necesidades de capacitación de profesionales unidocentes costarricenses para el desarrollo del pensamiento científico en el estudiantado. *Actualidades Investigativas en Educación*, 22(2), 66-99. <https://dx.doi.org/10.15517/aie.v22i2.48843>

Icfes. (2023). *Estudio Pruebas Saber 3º, 5º, 7º y 9º - Trayectorias Escolares Región Centro Oriente*. Youtube [video].

[https://www.youtube.com/watch?v=L5gG1fERC5g&ab\\_channel=Icfes](https://www.youtube.com/watch?v=L5gG1fERC5g&ab_channel=Icfes)

Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación. (2022). Herramientas de análisis para docentes sobre las competencias de los estudiantes en los grados 3º, 5º y 9º 2022: Aprendizajes en el área Matemáticas de grado 3º. ICFES.

[https://www.icfes.gov.co/documents/39286/6158201/26\\_01\\_23\\_Matematicas3\\_3579.pdf/58b204ad-fcda-fc6b-492f-6a8c18065cce?version=1.0&t=1675273050776](https://www.icfes.gov.co/documents/39286/6158201/26_01_23_Matematicas3_3579.pdf/58b204ad-fcda-fc6b-492f-6a8c18065cce?version=1.0&t=1675273050776)

ISTE. (2007). *National Educational Technology Standards for Students (NETS·S), Second Edition*. International Society for Technology in Education

Izagirre, A., Caño, L., & Arguiñano, A. (2020). La competencia matemática en Educación Primaria mediante el aprendizaje basado en proyectos. *Educación matemática*, 32(3), 241-262. <https://doi.org/10.24844/EM3203.09>

Jiménez-Aleixandre, M. P. (2003). *Enseñar ciencias*. Editorial Graó.

Jiménez-Villaruel, R., Medina-Paredes, J., Castro-Inostroza, A., Chávez-Herting, D., & Castrelo-Silva, N. (2022). Valoración de docentes multigrado sobre un marco que orienta el diseño de unidades STEM integradas. *Revista científica*, 45(45), 328-344.

<https://doi.org/10.14483/23448350.19294>

Jiménez, R. et al. (2022). Diseño autoguiado de unidades didácticas STEM en contextos multigrado. [https://www.crearural.cl/wp-content/uploads/2023/04/Diseno-de-Unidades-STEM-de-aulas-multigrado\\_compressed\\_compressed.pdf](https://www.crearural.cl/wp-content/uploads/2023/04/Diseno-de-Unidades-STEM-de-aulas-multigrado_compressed_compressed.pdf)

Johnson, C. C., Peters-Burton, E. E., & Moore, T. J. (2021). *STEM road map 2.0 : a framework for integrated STEM education in the innovation age*. Routledge.

<https://www.routledge.com/STEM-Road-Map-20-A-Framework-for-Integrated-STEM-Education-in-the-Innovation/Johnson-Peters-Burton-Moore/p/book/9780367467524>

- Kaur, T., McLoughlin, E., & Grimes, P. (2022). Mathematics and science across the transition from primary to secondary school: a systematic literature review. *International Journal of STEM Education*, 9(1), 1-23. <https://doi.org/10.1186/S40594-022-00328-0>
- Kolb, D. A. (2015). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development* (2nd ed.). Pearson Education.
- Koul, R., Fraser, B., & Nastiti, H. (2018). Transdisciplinary Instruction: Implementing and Evaluating a Primary-School STEM Teaching Model. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education (IJISME)*, 26(8).  
<https://openjournals.library.sydney.edu.au/index.php/CAL/article/view/13189>
- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. En S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831–879). Lawrence Erlbaum Associates.
- Lemke, J. L. (1990). *Talking science: Language, learning, and values*. Ablex Publishing Corporation.
- Ley 1951. (2019). *Diario Oficial: 50.846*. Congreso de la República. (Colombia). Obtenido 30 de junio del 2023. [http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_1951\\_2019.html](http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1951_2019.html)
- Little, A. (2001). Multigrade teaching: towards an international research and policy agenda. *International Journal of Educational Development*, 21(6), 481-497.  
[https://doi.org/10.1016/S0738-0593\(01\)00011-6](https://doi.org/10.1016/S0738-0593(01)00011-6)
- López Niño, L. (2019). Los retos del aula multigrado y la escuela rural en Colombia. Abordaje desde la formación inicial de docentes. *Revista de la Universidad de La Salle*, (79), 91-109 <https://doi.org/10.19052/ruls.vol11.iss79>.
- Lupión-Cobos, T., Franco-Mariscal, A. J., & Gambero, J. R. G. (2019). Predictores de vocación en Ciencia y Tecnología en jóvenes: Estudio de casos sobre percepciones de alumnado de secundaria y la influencia de participar en experiencias educativas innovadoras. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 16(3), 3102.  
[https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2019.v16.i3.3102](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i3.3102)

- Marqués Flores, J., & Iaqchan Ryokiti Homa, A. (2022). Educación STEM y robótica educativa como propuesta de enseñanza y aprendizaje en primaria. *Unión: revista iberoamericana de educación matemática*, 66, 6.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8752691&info=resumen&idioma=ENG>
- Mateos, M. (2021). Diseño y validación de metodologías didácticas aplicadas en el aula de Educación Primaria para mejorar el dominio co.pdf - Google Drive [Tesis doctoral, Universidad de Extremadura]. <https://drive.google.com/file/d/1x2-Ht-BnauTGXoSi4p4CGkWzSGg4EmdD/view>
- Mercader, J., Presentación, M.-J., Siegenthaler, R., Molinero, V., & Miranda, A. (2017). Motivation and Mathematics Performance: A Longitudinal Study in Early Educational Stages. *Revista de Psicodidáctica (English ed.)*, 22(2), 157-163.  
<https://doi.org/10.1016/J.PSICOE.2017.05.008>
- Merchán Basabe, C. A. (2005). Las competencias para el área de tecnología e informática. *Revista Cuestiones*, 2(2), 72-89.  
<https://repository.unab.edu.co/handle/20.500.12749/14517>
- Ministerio de Educación Nacional. (2006). Estándares Básicos de Competencias en Lenguaje, Matemáticas, Ciencias y Ciudadanas: Guía sobre lo que los estudiantes deben saber y saber hacer con lo que aprenden. Ministerio de Educación Nacional.  
[https://www.mineduacion.gov.co/1621/articles-340021\\_recurso\\_1.pdf](https://www.mineduacion.gov.co/1621/articles-340021_recurso_1.pdf)
- Ministerio de Educación Nacional. (2017, septiembre 25). '*Aulas multigrado*' permite que avancemos en el cierre de brechas en la educación rural: ministra Yaneth Giha. MEN.  
<https://www.mineduacion.gov.co/portal/salaprensa/Noticias/363091:Aulas-multigrado-permite-que-avancemos-en-el-cierre-de-brechas-en-la-educacion-rural-ministra-Yaneth-Giha>
- Ministerio de Educación Nacional. (2018). *Plan especial de Educación rural: Hacia el desarrollo rural y la construcción de paz*. MEN.  
[https://www.mineduacion.gov.co/1759/articles-385568\\_recurso\\_1](https://www.mineduacion.gov.co/1759/articles-385568_recurso_1)

- Ministerio de Educación Nacional. (2019). *Marco para pruebas de Matemáticas PISA 2021*. MinEducación. <https://www.educacionyfp.gob.es/dam/jcr:b7f0ba60-38ec-4523-af38-5b4d752fec96/pisa-2021-mr-matem-ticas-es.pdf>
- Ministerio de Educación Nacional. (2019b). *Misión internacional de sabios para el avance de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación*. Gobierno de Colombia. [https://minciencias.gov.co/sites/default/files/libro\\_mision\\_de\\_sabios\\_digital\\_1\\_2\\_0.pdf](https://minciencias.gov.co/sites/default/files/libro_mision_de_sabios_digital_1_2_0.pdf)
- Ministerio de Educación Nacional. (2020<sup>a</sup>). *Visión STEM+: Educación expandida para la vida*. MEN.
- Ministerio de Educación Nacional. (2020b, mayo 15). *Plan Nacional Decenal de Educación 2016-2026*. MEN. <https://www.mineducacion.gov.co/portal/micrositios-institucionales/Plan-Nacional-Decenal-de-Educacion-2016-2026/>
- Ministerio de salud. (04 de octubre de 1993). Resolución 008430. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/RESOLUCION-8430-DE-1993.PDF>
- Ministerio de protección social. (27 de junio de 2008). Resolución 2378. <https://www.ins.gov.co/Normatividad/Resoluciones/RESOLUCION%202378%20DE%202008.pdf>
- Miranda, C., Goñi, Julian, Fuenzalida, H., & Pickenpack, A. (2019). Por una Ingeniería más Diversa: Incorporando a Minorías desde un Programa de Pre-Ingeniería. *SOCHEDI Sociedad Chilena de Educación en Ingeniería 2019*. [https://www.researchgate.net/publication/337063630\\_Por\\_una\\_Ingenieria\\_mas\\_Diversa\\_Incorporando\\_a\\_Minorias\\_desde\\_un\\_Programa\\_de\\_Pre-Ingenieria](https://www.researchgate.net/publication/337063630_Por_una_Ingenieria_mas_Diversa_Incorporando_a_Minorias_desde_un_Programa_de_Pre-Ingenieria)
- Miranda, L. (2020). La educación multigrado: debates, problemas y perspectivas. En *Repositorio institucional - GRADE*. Proyecto CREER. <https://repositorio.grade.org.pe/handle/20.500.12820/568>
- Nesmith, S. M., & Cooper, S. (2020). Elementary STEM learning. En *Handbook of Research on STEM Education* (pp. 101-114). Taylor and Francis Inc.

<https://doi.org/10.4324/9780429021381-11/ELEMENTARY-STEM-LEARNING-SUZANNE-NESMITH-SANDI-COOPER>

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la C. y la C. (2003). Escuelas multigrados: ¿cómo funcionan? Reflexión a partir de la experiencia evaluativa del Proyecto Escuelas Multigrado Innovadas. UNESCO.

<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000137497>

Organización de las Naciones Unidas. (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. ONU. <https://sdgs.un.org/2030agenda>

Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura. (2023, abril 20). *Educación rural: lecciones y desafíos hacia el 2021*. UNESCO.

<https://www.unesco.org/es/articles/educacion-rural-lecciones-y-desafios-hacia-el-2021>

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2008). *PISA 2006: Competencias científicas para el mundo del mañana*. Santillana.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2018). *Programme for international student assesment (PISA) results from PISA 2018*.

[https://www.oecd.org/pisa/publications/PISA2018\\_CN\\_COL\\_ESP.pdf](https://www.oecd.org/pisa/publications/PISA2018_CN_COL_ESP.pdf)

Ortiz-Revilla, J. (2020). *El desarrollo competencial en la Educación Primaria: efectos de una propuesta STEAM integrada* [Tesis doctoral, Universidad de Burgos].

<https://riubu.ubu.es/handle/10259/5521>

Ortiz-Revilla, J., Greca, I. M., & Arriasecq, I. (2022). A Theoretical Framework for Integrated STEM Education. *Science and Education*, 31(2), 383-404.

<https://doi.org/10.1007/S11191-021-00242-X/METRICS>

Osborne, J., & Patterson, A. (2011). Scientific argument and explanation: A necessary distinction? *Science Education*, 95(4), 627–638. <https://doi.org/10.1002/sc.20438>.

Parra, M. (2024). Modelo pedagógico MULTI-CREA, para la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas en el aula multigrado de primaria contextualizado a los oficios.

- Pedrinaci, E., Aureli, C., Cañal, P., & de Pro, A. (2012). *El desarrollo de la competencia científica*. GRAO.  
[https://play.google.com/books/reader?id=iXHdm7DF3hoC&pg=GBS.PA4&hl=es\\_419](https://play.google.com/books/reader?id=iXHdm7DF3hoC&pg=GBS.PA4&hl=es_419)
- Petrie, C., García-Millán, C., & Díaz, M. M. (2021). *Spotlight: habilidades del siglo XXI en América Latina y el Caribe*. Inter-American Development Bank.  
<https://doi.org/10.18235/0003343>
- Poma-Santivañez, Y., Patricio-Gamboa, R., Acuña, S., & Alanya-Beltrán. (2021). Desarrollo de competencias matemáticas en la educación básica regular Revisión sistemática. *Centrosur*.  
[https://www.researchgate.net/publication/355207587\\_Desarrollo\\_de\\_competencias\\_matematicas\\_en\\_la\\_educacion\\_basica\\_regular\\_Revision\\_sistemica](https://www.researchgate.net/publication/355207587_Desarrollo_de_competencias_matematicas_en_la_educacion_basica_regular_Revision_sistemica)
- Pontificia Universidad Javeriana. (2022). *Laboratorio de economía de la educación*. LEE.  
<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiMGEyZGFhOGQtZDUzYy00Y2FiLTg5ZDIhZmJjYzk4OGUxZTliIiwidCI6ImRhZjc5OTBILThhM2YtNDA5Yy05Yjc2LTJhNTQ3NTA5ODAwMCI6ImMiOjR9>
- Pontificia Universidad Javeriana. (2023). *Laboratorio de economía de la educación*. LEE.  
<https://www.javeriana.edu.co/recursosdb/5581483/8102914/INF.73+EFICIENCIA-DESERCION-Y-REPROBACION-COL%28F2%29.pdf>
- Programa De Las Naciones Unidas Para El Desarrollo. (2023). *Objetivos de Desarrollo Sostenible* . PNUD. <https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals>
- Ramos-Lizcano, C., Ángel-Uribe, I.-C., López-Molina, G., & Cano-Ruiz, Y.-M. (2022). Elementos centrales de experiencias educativas con enfoque STEM. *Revista científica*, 45(45), 345-357. <https://doi.org/10.14483/23448350.19298>
- Reyes-Salvador, J. (2017). La planeación de clase; una tarea fundamental en el trabajo docente. *Maestro y Sociedad*, 14(1), 87-96.  
<https://maestrosociedad.uo.edu.cu/index.php/MyS/article/view/2048>

- Rivera, J., & Ahumada, F. (2019). El método Singapur. Una estrategia para favorecer competencias matemáticas en niños de educación primaria. *Educando para educar*, 37, 51-69.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7186600&info=resumen&idioma=SPA>
- Rodríguez Mora, F., & Blanco López, Á. (2021). Diseño de una secuencia de enseñanza-aprendizaje para el desarrollo de competencias científicas en el contexto del consumo de agua envasada. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(1), 1803. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2021.v18.i1](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1).
- Rozo Reyes, A. I. (2017). *Fortaleciendo competencias científicas en estudiantes de tercer grado, haciendo uso de herramientas tecnológicas* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/59072>
- Said, E. et al. (2015). *Hacia el fomento de las TIC en el sector educativo en Colombia*. Universidad del Norte.  
<https://manglar.uninorte.edu.co/bitstream/handle/10584/5705/9789587416329%20eHacia%20el%20fomento%20de%20las%20TIC.pdf?sequence=1>
- Sanabria-Totaitive, I. A., & Arango-Martínez, A. V. (2021). El método de estudio de casos en la enseñanza de las ciencias naturales. *Praxis & Saber*, 12(31), e11426.  
<https://doi.org/10.19053/22160159.V12.N31.2021.11426>
- Sanders, M. E. (2008). *STEM, STEM Education, STEMmania*. Technology Teacher.  
<https://vtechworks.lib.vt.edu/handle/10919/51616>
- Santiani, N. P. E., Parmiti, D. P., & Werang, B. R. . (2024). 21<sup>st</sup> Century Skills Oriented Science Learning Worksheets for Elementary Schools . *International Journal of Elementary Education* Volume 8, Number 1, Tahun 2024, pp. 101-111P-ISSN: 2579-7158E-ISSN: 2549-6050 <https://doi.org/10.23887/ijee.v8i1.62868>
- Shahbazloo, F., & Abdullah, R. (2023). Investigating the effect of 5E-based STEM education in solar energy context on creativity and academic achievement of female junior high school students. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2023.101336>

- Silva-Hormazábal, M., & Alsina, Á. (2023). STEAM para la sostenibilidad: integrando la educación estadística y científica en un contexto rural. *Revista Innovaciones Educativas*, 25(39), 188-204. <http://dx.doi.org/10.22458/ie.v25i39.4728>
- Sosa, J., & Dávila, D. (2019). La enseñanza por indagación en el desarrollo de habilidades científicas. *Educación y Ciencia*, 23, 605-624. <https://doi.org/10.19053/0120-7105.EYC.2019.23.E10275>
- Suárez, C. del P., León-Lomelí, L. R. de, Gamboa-León, M. R. de los M., & Zamora-Pedraza, C. (2021). Formación científica STEM, experiencias de aprendizaje a partir de clubes de ciencias. *REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática*, 9(1). <https://doi.org/10.26571/REAMEC.V9I1.11192>
- Thomas, A., & Falls, Z. (2019). Rural Elementary Teachers' Access to and Use of Technology Resources in STEM . *Society for Information Technology & Teacher Education International Conference*, 2019(1), 2549-2553. <https://www.learntechlib.org/primary/p/207900/>
- Valdez-Rojo, E., & Tobón, S. (2018). Diseño de situaciones de aprendizaje para la resolución de problemas con base en las matemáticas desde la socioformación Design of learning situations for solving problems based on mathematics from the socioformation. *Espacios*, 39(53).
- Vargas-Velandia, C. J., Morales-Silva, T. A., Vargas-Velandia, C. J., & Morales-Silva, T. A. (2021). Análisis de habilidades científicas en la enseñanza de las ciencias: caso comparativo entre profesores de Chile y Colombia. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 50, 57-75. <https://doi.org/10.17227/TED.NUM50-11129>
- Vásquez, J. A., Comer, M., & Saneider, C. (2013). *STEM lesson essentials, grades 3-8 : integrating science, technology, engineering, and mathematics*. Heinemann. <https://www.heinemann.com/products/e04358.aspx>

- Veloza, R., & Hernández, H. (2018). Valoración de las estrategias adoptadas por docentes en la enseñanza de la ciencia desde la perspectiva de los estudiantes de educación básica. *Ánfora*, 25, 43-69. <https://doi.org/10.30854/ANF.V25.N45.2018.512>
- Vivas-García, J. (2017). Competencias matemáticas a través del estudio de las funciones reales en los estudiantes del I ciclo de la Escuela de Ingeniería de Sistemas UCV, Piura, 2016 [Tesis de maestría, Universidad de Piura]. [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3275/MAE\\_EDUC\\_371](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3275/MAE_EDUC_371)
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
- Wahono, B., Lin, P. L., & Chang, C. Y. (2020). Evidence of STEM enactment effectiveness in Asian student learning outcomes. *International Journal of STEM Education*, 7(1), 1-18. <https://doi.org/10.1186/S40594-020-00236-1/TABLES/4>
- Wahono, B., Husna, A., Hariyadi, S., Anwar, Y., & Meilinda, M. (2023). Development of integrated STEM education learning units to access students' systems thinking abilities. *Jurnal Inovasi Teknologi Pendidikan*, 10(1). <https://doi.org/10.21831/jitp.v10i1.52886>
- Zamorano, T., García, Y., & Reyes, D. S. (2018). Educación para el sujeto del siglo XXI: principales características del enfoque STEAM desde la mirada educacional. *Contextos: Estudios de humanidades y ciencias sociales*, ISSN-e 0719-1014, N°. Extra 41, 2018 (Ejemplar dedicado a: Especial Educación y Tecnologías), 8 págs., 41, 8-8. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6985006&info=resumen&idioma=SPA>
- Zhou, D., Gomez, R., Davis, J., & Rittenbruch, M. (2023). Engaging solution-based design process for integrated STEM program development: an exploratory study through autoethnographic design practice. *International Journal of Technology and Design Education*, 33(2). <https://doi.org/10.1007/s10798-022-09745-2>

## **Anexos**

### **Anexo 1**

Carta de Consentimiento para Padres de Familia de grupo experimental

#### **Carta de Consentimiento para Padres de Familia de grupo experimental**

Título del estudio: Cambios entre el estado inicial y final de las competencias científicas tecnológicas y matemáticas en estudiantes de aula multigrado de la zona rural del municipio de Lebrija - Santander que participan de la implementación de una propuesta pedagógica en educación STEM.

#### **Nombre del Investigador:**

Claudia Patricia Cañón Romero

#### **Nombre de la universidad:**

Universidad Pontificia Bolivariana

Cordial saludo.

Invito a su hijo(a) a participar en una investigación cuyo objetivo es identificar los cambios en las competencias científica, tecnológicas y matemáticas en estudiantes de escuelas rurales con una sola docente como en la que estudia tu hijo, las clases se realizarán mediante una nueva propuesta pedagógica en educación STEM, estas siglas significan Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas por tanto, tu hijo(a) participará en actividades donde se trabajarán temáticas de estas áreas de una manera diferente, entretenida y significativa. Este es un estudio que será desarrollado por la docente investigadora Claudia Patricia Cañón Romero de la Universidad Pontificia Bolivariana.

**Si acepta que su hijo(a) participe en este estudio, se le realizará las siguientes actividades:**

- A. Se le aplicará tres pruebas escritas de 25 preguntas cada una, con 5 preguntas cada grado y por cada área de Matemáticas, Ciencias y Tecnología, lo que significa que cada estudiante diligenciará 15 preguntas, esto, con el propósito de conocer cómo está el nivel de su hijo(a) en cada área. Las preguntas estarán relacionadas con las temáticas que ven en el grado en

el que se encuentra el estudiante. Cada prueba dura una hora aproximadamente y su hijo(a) las resolverá en el salón dentro de la jornada normal de clases. La profesora titular de la escuela estará atenta para mantener la disciplina y atender cualquier necesidad de su hijo(a) pero no intervendrá cuando se presenten dudas con las preguntas, ya que no tiene acceso a las pruebas.

- B. A la semana siguiente de aplicar las pruebas su hijo(a) iniciará a participar del desarrollo de cuatro proyectos en educación STEM dirigidos al desarrollo de las competencias en Ciencias, Tecnología y Matemáticas, tales proyectos se trabajarán dentro del horario de clases con una duración aproximada de dos horas cada sección tres veces a la semana que serán dirigidos por la docente investigadora, estos proyectos consisten en actividades prácticas, allí los estudiantes construirán dispositivos tales como, un panel solar casero, un mini generador eólico, entre otros, al tiempo que irán resolviendo problemas matemáticos, analizando problemas ambientales y comprendiendo asuntos tecnológicos.
- C. Durante el desarrollo de los cuatro proyectos su hijo(a) participará de evaluaciones para hacer seguimiento al desarrollo de las competencias en Ciencias, Tecnología y Matemáticas, estas evaluaciones serán de manera escrita, también se valorará el desempeño al momento de diseñar o ensamblar dispositivos o al responder preguntas orales, las notas serán de 0.0 a 5.0 y se registrarán en una planilla que la docente investigadora tiene diseñada, además, se harán descripciones de asuntos relevantes que se observe del desempeño de su hijo(a).
- D. Al finalizar los cuatro proyectos se volverá a aplicar a su hijo(a) las tres pruebas en Ciencias, Tecnología e Informática que presentó al inicio del estudio, estas pruebas serán exactamente las mismas y bajo iguales condiciones en tiempos y espacios. Los resultados de estas pruebas finales se compararán con los resultados de las pruebas iniciales y de esta manera se comprobará si hubo cambios en las competencias científicas, tecnológicas y matemáticas de su hijo(a).

### **Riesgos y Molestias:**

Este estudio no representará ningún riesgo ya que no interviene en aspectos físicos, legales, económicos o sociales de su hijo(a). Sólo se involucrarán aspectos dentro de la clase relacionados

con las pruebas y los proyectos que serán dirigidos únicamente por la docente investigadora, quien tendrá especial cuidado en no exponer a su hijo(a) a materiales o sustancias que representen algún tipo de amenaza, también dará especial tratamiento para proteger los datos personales y los resultados que obtengan de las pruebas los cuales no afectarán las notas que tenga la docente titular de la escuela, así como de no utilizar expresiones o comentarios que puedan provocar malestar e indisposición, en todo caso, estará por sobre todo el garantizar los derechos de su hijo(a).

### **Beneficios**

Su hijo(a) tendrá la oportunidad participar de una estrategia innovadora, contextualizada y con material concreto que le va brindar la posibilidad de desarrollar competencias científicas, tecnológicas y matemáticas, despertar el interés por esas áreas, reforzar aprendizajes o inclusive anticiparse a temáticas que vaya a abordar la docente titular y por supuesto, tener la posibilidad de desarrollar habilidades, conocimientos y actitudes necesarias para desempeñarse mejor a nivel académico en las tres áreas ya mencionadas. Los costos de todos los materiales serán cubiertos por el estudio y no le ocasionarán gasto alguno.

### **Carácter voluntario:**

Si decide que su hijo(a) participe en este estudio, tendrás la libertad de retirar tu consentimiento en cualquier momento, ya que no habrá afectaciones de ningún tipo, ni en sus registros académicos o comportamentales.

### **Confidencialidad**

Toda la información personal o datos que se obtenga de las pruebas, los registros en las planillas y desempeños durante el desarrollo de los proyectos será confidencial y se utilizará únicamente para este estudio.

**Devolución posterior de los resultados a los participantes:** una vez se haya analizado toda la información que se recopile a lo largo de la investigación te presentaré un informe donde encontrarás descripciones y notas que darán cuenta del desempeño de su hijo(a), dicho informe se brindará personalmente y se dejará constancia por escrito que el reporte fue socializado y

entregado en físico con la aclaración que tales resultados serán registrados en un documento final para la lectura y análisis de docentes de la universidad y de otros investigadores interesados en conocer este estudio.

**Gastos Adicionales:** todo gasto relacionado con esta investigación tales, como fotocopias o implementos para la elaboración de los productos serán cubiertos por la docente investigadora, por tanto, al padre de familia no le corresponde pagar ningún material.

**Contacto:** Si tiene preguntas, puede contactarse al 3175318677

### **Declaración de Consentimiento:**

Manifiesto que he sido informado(a) de los propósitos de esta investigación, que he podido preguntar y aclarar las dudas y por ello he decidido de manera voluntaria que mi hijo(a) participe de todas las actividades que la docente investigadora proponga. Tengo conocimiento que puedo retirar a mi hijo(a) de la investigación cuando lo considere oportuno. Para constancia de ello firmo a continuación:

Nombre del padre de familia: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Nombre del testigo: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_

Relación del testigo con el padre de familia que autoriza:

\_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

**Investigador:** certifico que he dado la información y explicación al padre de familia del estudiante participante acerca del estudio y de la información contenida en el consentimiento informado de la presente investigación, respondiendo las preguntas y sin ejercer ninguna presión para su participación.

Nombre: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_

CC: \_\_\_\_\_

El presente consentimiento se firma en el Municipio de Lebrija\_ (día/mes/año)

## **Anexo 2**

Carta de asentimiento para el estudiante del grupo experimental

### **Carta de asentimiento para el estudiante del grupo experimental**

**Documento de Asentimiento Informado para:** Los estudiantes de la Escuela --- Sedes --- de la IE

#### **Explicación**

Este documento corresponde a un asentimiento informado para niños y niñas de primero, segundo, tercero, cuarto y quinto de primaria de la sede --- de la IE ---, a quienes se les invita a participar en la investigación relacionada con los cambios en las competencias científica, tecnológicas y matemáticas en estudiantes de escuelas rurales mediante una nueva propuesta pedagógica en educación STEM.

#### **Nombre del Investigador:**

Claudia Patricia Cañón Romero

#### **Nombre de la universidad:**

Universidad Pontificia Bolivariana

**Título del estudio: Cambios entre el estado inicial y final de las competencias científicas tecnológicas y matemáticas en estudiantes de aula multigrado de la zona rural del municipio de Lebrija - Santander que participan de la implementación de una propuesta pedagógica en educación STEM.**

#### **Explicación:**

Hola, soy la profesora Claudia Patricia Cañón Romero y lo invito a participar en una investigación que voy a realizar en su escuela para saber si hay cambios en las competencias científicas, tecnológicas y matemáticas en estudiantes del campo que tiene una docente para todos en un mismo salón como en su caso, las clases se realizarán mediante STEM que significa Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas, esto quiere decir que vas a trabajar al tiempo estas áreas pero de una manera diferente, entretenida y utilizando diferentes materiales. Me gustaría que hiciera parte de esta experiencia, pero es usted quien puede elegir si participar o no.

Sus padres están enterados, así que puede dialogar con ellos y tomar una decisión. Si va a participar en la investigación, sus padres también deben estar de acuerdo.

Si encuentra palabras o algo que no comprenda o que esté interesado(a) en que explique mejor puede decirme que estaré atenta para despejar sus dudas.

### **¿Para qué hago esta investigación?**

Quiero saber si estudiantes de todos los grados reunidos en un mismo salón con única docente presentan cambios en sus competencias Matemáticas, Científicas y Tecnológicas después haber participado en diferentes actividades STEM.

### **¿Por qué fue elegido(a)?**

Mi estudio está diseñado para escuelas del campo como la suya, donde usted y todos sus compañeros tienen sólo una profesora para que dicte sus clases, pero esto no ocurre en otros colegios que tienen más estudiantes y un profesor para cada grado, por eso su grupo ha sido elegido.

### **¿Es obligatoria la participación?**

No es obligatoria tu participación, usted decide si quiere hacer parte de las actividades que voy de desarrollar, lo que defina no va a afectar sus notas. Si acepta participar del estudio podrá retirarse cuando lo desee.

### **Procedimientos:**

#### **Si acepta participar en este estudio, realizará las siguientes actividades:**

Responderá tres pruebas de 25 preguntas cada una, con 5 preguntas cada grado y por cada área de Matemáticas, Ciencias y Tecnología, lo que significa que cada estudiante diligenciará 15 preguntas. Cada prueba dura una hora aproximadamente y la resolverá en el salón dentro de la jornada normal de clases. Su profesora estará atenta para ayudarle ante cualquier necesidad que tenga pero no lo podrá orientar con las preguntas ya que las pruebas sólo las tiene la investigadora.

A la semana siguiente de aplicar las pruebas podrá participar del desarrollo de distintas actividades en educación STEM para el desarrollo de las competencias en Ciencias, Tecnología y Matemáticas. Las actividades se trabajarán dentro del horario de clases con una duración aproximada de dos horas tres veces a la semana que serán dirigidos por la docente investigadora. Durante las actividades podrás construir distintos elementos tales como, un panel solar casero, un mini generador eólico entre otros, al tiempo que irás resolviendo problemas matemáticos, analizando problemas ambientales y comprendiendo temas tecnológicos.

Durante el desarrollo de las actividades participará de distintas evaluaciones, las notas serán de 0.0 a 5.0 y se registrarán en una planilla de la docente investigadora, también se escribirá cómo desarrolla las actividades.

Al finalizar las actividades volverá responder las tres pruebas en Ciencias, Tecnología e Informática que presentaste al inicio, estas pruebas serán exactamente las mismas, con igual tiempo para responderlas y en su salón. Los resultados de estas pruebas finales se compararán con los resultados de las pruebas que presentó al inicio y de esta manera sabremos si tuvo cambios en las competencias científicas, tecnológicas y matemáticas.

**He preguntado a los niños y entienden las actividades en las que van a participar.**

---

**¿Representa algún riesgo o molestia participar en esta investigación?**

Lo que la investigadora va a proponer que realice no es peligroso, en ningún momento se propondrá alguna situación que te cause dolor, no debes consumir nada ni tampoco exponer tu cuerpo. La investigadora tendrá especial cuidado en no usar materiales o sustancias que hagan daño, se tratará con respeto y se evitarán burlas o situaciones que le hagan sentir incomodo(a) sin embargo, si algo le molesta no dude en decirle a la investigadora para que lo resuelva.

**He preguntado al niño/a y entiende los riesgos y molestias \_\_\_\_\_ (inicial)**

**¿Hay algo bueno que vaya a ocurrirme?**

Va a participar de actividades diferentes y entretenidas con materiales distintos que harán que comprenda mejor la Ciencia, la Tecnología y las Matemáticas mediante STEM que es una forma

diferente de aprender, también tendrá la posibilidad de desarrollar actividades en equipo para el diseño y ensamble de artefactos, comprenderá alguna situaciones que están afectando el medio ambiente y cómo se podría ayudar para evitar que empeore.

**He preguntado al niño/a y entiende los beneficios \_\_\_\_\_**

**¿Van a saber todos acerca de esto?**

No se compartirá entre sus compañeros u otras personas de la institución sus datos personales, tampoco los resultados de las pruebas o su desempeño en las distintas actividades.

**¿Me informará de los resultados?**

Cuando la investigación finalice, me reuniré con usted y tus padres para presentarles un informe de cómo le fue en todo el proceso, ¿cuáles fueron los resultados de las pruebas?, ¿cómo fue su desempeño en las actividades prácticas? y ¿qué aprendió? Después la información pasará a un documento final para que sea conocida por docentes de la universidad y de otros investigadores interesados en este tema.

**¿Con quién puedo hablar para hacer preguntas?**

Puede hacerme preguntas en el momento que desee, si algo no queda claro o si tal vez le cuesta construir algún objeto que le proponga en clases, no dude en comentarme que estaré atenta a ayudarlo.

**Si elige ser parte de esta investigación, también le daré una copia de esta información para usted. Puede pedir a sus padres que lo lean si quieres.**

### **Declaración de Asentimiento**

Expreso que he sido informado(a), comprendo lo que voy a hacer en esta la investigación, que he podido preguntar y aclarar las dudas y por eso he decidido de manera voluntaria participar de todas las actividades que la docente investigadora propone. Sé que puedo retirarme de la investigación cuando quiera sin que me afecte en nada. Para constancia de lo que he decidido firmo a continuación:

**“Acepto participar en la investigación”. \_\_\_\_\_**

**“Yo no deseo participar en la investigación y no he firmado el asentimiento que sigue”.**

\_\_\_\_\_ (iniciales del niño/menor)

**Solo si el niño/a asiente:**

**Nombre del niño/a** \_\_\_\_\_

**Firma del niño/a:** \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

**Día/mes/año**

**“He sido testigo de la lectura exacta del documento de asentimiento al estudiante y ha tenido la oportunidad de hacer preguntas. Confirмо que ha dado su asentimiento libremente”.**

**Nombre del testigo (diferente de los padres)**

\_\_\_\_\_

**Firma del testigo** \_\_\_\_\_

**Fecha** \_\_\_\_\_

**Investigador:** certifico que he dado la información y explicación al estudiante acerca del estudio y de la información contenida en el consentimiento informado de la presente investigación, respondiendo las preguntas y sin ejercer ninguna presión para su participación.

**Nombre:** \_\_\_\_\_

**Firma:** \_\_\_\_\_

**CC:** \_\_\_\_\_

El presente consentimiento se firma en el Municipio de Lebrija\_ (día/mes/año)

### **Anexo 3**

Carta de Consentimiento para Padres de Familia de grupo control

#### **Carta de Consentimiento para Padres de Familia de grupo control**

Título del estudio: Cambios entre el estado inicial y final de las competencias científicas tecnológicas y matemáticas en estudiantes de aula multigrado de la zona rural del municipio de Lebrija - Santander que participan de la implementación de una propuesta pedagógica en educación STEM.

#### **Nombre del Investigador:**

Claudia Patricia Cañón Romero

#### **Nombre de la universidad:**

Universidad Pontificia Bolivariana

Cordial saludo.

Invito a su hijo(a) a participar en una investigación cuyo objetivo es identificar los cambios en las competencias científica, tecnológicas y matemáticas en estudiantes de escuelas rurales con una sola docente. Tu hijo(a) sólo debe participar de la aplicación de dos pruebas, una al inicio del proceso y otra al finalizar. Este es un estudio que será desarrollado por la docente investigadora Claudia Patricia Cañón Romero de la Universidad Pontificia Bolivariana.

**Si acepta que su hijo(a) participe en este estudio, se le realizará las siguientes actividades:**

1. Se le aplicará tres Se le aplicará tres pruebas escritas de 25 preguntas cada una, con 5 preguntas cada grado y por cada área de Matemáticas, Ciencias y Tecnología, lo que significa que cada estudiante diligenciará 15 preguntas, con el propósito de conocer cómo está el nivel de su hijo(a) en cada área. Las preguntas estarán relacionadas con las temáticas que ven en el grado en el que se encuentra el estudiante. Cada prueba dura una hora aproximadamente y su hijo(a) las resolverá en el salón dentro de la jornada normal de clases. La profesora titular de la escuela estará atenta para mantener la disciplina y atender

cualquier necesidad de su hijo(a) pero no intervendrá cuando se presenten dudas con las preguntas, ya que no tiene acceso a las pruebas.

2. Después de la aplicación de las pruebas tu hijo(a) deberá esperar alrededor de mes y medio mientras la investigadora desarrollará los proyectos en la otra sede.
3. Una vez la investigadora haya finalizado el proceso en la escuela del grupo experimental, su hijo(a) volverá a presentar la misma prueba que resolvió al inicio de la investigación.

### **Riesgos y Molestias:**

Este estudio no representará ningún riesgo ya que no interviene en aspectos físicos, legales, económicos o sociales de su hijo(a). Sólo se involucrarán aspectos dentro de la clase relacionados con las pruebas dirigidas únicamente por la docente investigadora, quien tendrá especial cuidado en no exponer a su hijo(a) a materiales o sustancias que representen algún tipo de amenaza, también dará especial tratamiento para proteger los datos personales y los resultados que obtengan de las pruebas los cuales no afectarán las notas que tenga la docente titular de la escuela, así como de no utilizar expresiones o comentarios que puedan provocar malestar e indisposición, en todo caso, estará por sobre todo el garantizar los derechos de su hijo(a).

### **Carácter voluntario:**

Si decide que su hijo(a) participe en este estudio, tendrás la libertad de retirar tu consentimiento en cualquier momento, ya que no habrá afectaciones de ningún tipo, ni en sus registros académicos o comportamentales.

### **Confidencialidad**

Toda la información personal o datos que se obtenga de las pruebas, los registros en las planillas y desempeños durante el desarrollo de los proyectos será confidencial y se utilizará únicamente para este estudio.

**Devolución posterior de los resultados a los participantes:** una vez se haya analizado toda la información que se recopile a lo largo de la investigación le presentaré un informe donde encontrarás descripciones y notas que darán cuenta del desempeño de su hijo(a), dicho informe se brindará personalmente y se dejará constancia por escrito que el reporte fue socializado y

entregado en físico con la aclaración que tales resultados serán registrados en un documento final para la lectura y análisis de docentes de la universidad y de otros investigadores interesados en conocer este estudio.

**Gastos Adicionales:** todo gasto relacionado con esta investigación tales, como fotocopias o implementos para la elaboración de los productos serán cubiertos por la docente investigadora, por tanto, al padre de familia no le corresponde pagar ningún material.

**Contacto:** Si tiene preguntas, puede contactarse al 3175318677

### **Declaración de Consentimiento:**

Manifiesto que he sido informado(a) de los propósitos de esta investigación, que he podido preguntar y aclarar las dudas y por ello he decidido de manera voluntaria que mi hijo(a) participe de todas las actividades que la docente investigadora proponga. Tengo conocimiento que puedo retirar a mi hijo(a) de la investigación cuando lo considere oportuno. Para constancia de ello firmo a continuación:

Nombre del padre de familia: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Nombre del testigo: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_

Relación del testigo con el padre de familia que autoriza:

\_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

**Investigador:** certifico que he dado la información y explicación al padre de familia del estudiante participante acerca del estudio y de la información contenida en el consentimiento informado de la presente investigación, respondiendo las preguntas y sin ejercer ninguna presión para su participación.

Nombre: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_

CC: \_\_\_\_\_

El presente consentimiento se firma en el Municipio de Lebrija\_ (día/mes/año)

#### **Anexo 4**

Carta de asentimiento para el estudiante del grupo control

#### **Carta de asentimiento para el estudiante del grupo control**

**Documento de Asentimiento Informado para:** Los estudiantes de la Escuela --- Sedes --- de la IE

#### **Explicación**

Este documento corresponde a un asentimiento informado para niños y niñas de primero, segundo, tercero, cuarto y quinto de primaria de la sede --- de la IE ---. Lo invito a participar en una investigación para identificar los cambios en las competencias científica, tecnológicas y matemáticas en estudiantes de escuelas rurales con una sola docente. Usted sólo debe participar de la aplicación de dos pruebas, una al inicio del proceso y otra al finalizar. Este es un estudio que será desarrollado por la docente investigadora Claudia Patricia Cañón Romero de la Universidad Pontificia Bolivariana.

#### **Nombre del Investigador:**

Claudia Patricia Cañón Romero

#### **Nombre de la universidad:**

Universidad Pontificia Bolivariana

**Título del estudio: Cambios entre el estado inicial y final de las competencias científicas tecnológicas y matemáticas en estudiantes de aula multigrado de la zona rural del municipio de Lebrija - Santander que participan de la implementación de una propuesta pedagógica en educación STEM.**

#### **Explicación:**

Hola, soy la profesora Claudia Patricia Cañón Romero y lo invito a participar en una investigación que voy a realizar en su escuela para saber si hay cambios en las competencias científicas, tecnológicas y matemáticas en estudiantes del campo que tiene una docente para todos en un mismo salón como en su caso. Me gustaría que hiciera parte de esta experiencia, pero es usted quien puede elegir si participar o no. Sus padres están enterados, así que puede dialogar

con ellos y tomar una decisión. Si va a participar en la investigación, sus padres también deben estar de acuerdo.

Si encuentra palabras o algo que no comprenda o que esté interesado(a) en que explique mejor puede decirme que estaré atenta para despejar sus dudas.

**Si acepta participar en este estudio, se le realizará las siguientes actividades:**

1. Se le aplicará tres Se le aplicará tres pruebas escritas de 25 preguntas cada una, con 5 preguntas cada grado y por cada área de Matemáticas, Ciencias y Tecnología, lo que significa que cada estudiante diligenciará 15 preguntas, con el propósito de conocer cómo está el nivel de su hijo(a) en cada área. Las preguntas estarán relacionadas con las temáticas que ven en el grado en el que se encuentra el estudiante. Cada prueba dura una hora aproximadamente y su hijo(a) las resolverá en el salón dentro de la jornada normal de clases. La profesora titular de la escuela estará atenta para mantener la disciplina y atender cualquier necesidad de su hijo(a) pero no intervendrá cuando se presenten dudas con las preguntas, ya que no tiene acceso a las pruebas.
2. Después de la aplicación de las pruebas deberá esperar alrededor de mes y medio mientras la investigadora desarrollará los proyectos en la otra sede.
3. Una vez la investigadora haya finalizado el proceso en la escuela del grupo experimental, volverá a presentar la misma prueba que resolvió al inicio de la investigación.

**¿Para qué hago esta investigación?**

Quiero saber si estudiantes de dos escuelas diferentes presentan cambios en sus competencias Matemáticas, Científicas y Tecnológicas después haber participado en las actividades propuestas por la investigadora.

**¿Por qué fue elegido(a)?**

Mi estudio está diseñado para escuelas del campo como la suya, donde usted y todos sus compañeros tienen sólo una profesora para que dicte sus clases, pero esto no ocurre en otros colegios que tienen más estudiantes y un profesor para cada grado, por eso su grupo ha sido elegido.

### **¿Es obligatoria la participación?**

No es obligatoria tu participación, usted decide si quiere hacer parte de las actividades que voy de desarrollar, lo que defina no va a afectar sus notas. Si acepta participar del estudio podrá retirarse cuando lo desee.

### **Procedimientos:**

#### **Si acepta participar en este estudio, realizará las siguientes actividades:**

1. Presentará tres pruebas escritas de 25 preguntas cada una, con 5 preguntas cada grado y por cada área de Matemáticas, Ciencias y Tecnología, lo que significa que cada estudiante diligenciará 15 preguntas, con el propósito de conocer cómo está su nivel en cada área. Las preguntas estarán relacionadas con las temáticas que ve en el grado en el que se encuentra estudiante. Cada prueba dura una hora aproximadamente y las resolverá en su salón dentro de la jornada normal de clases. La profesora titular de la escuela estará atenta para mantener la disciplina y atender cualquier necesidad, pero no intervendrá cuando se presenten dudas con las preguntas, ya que no tiene acceso a las pruebas.
2. A la semana siguiente de aplicar las pruebas su hijo(a) iniciará a participar del desarrollo de cuatro proyectos en educación STEM dirigidos al desarrollo de las competencias en Ciencias, Tecnología y Matemáticas, tales proyectos se trabajarán dentro del horario de clases con una duración aproximada de dos horas cada sección tres veces a la semana que serán dirigidos por la docente investigadora, estos proyectos consisten en actividades prácticas, allí los estudiantes construirán dispositivos tales como, un panel solar casero, un mini generador eólico, entre otros, al tiempo que irán resolviendo problemas matemáticos, analizando problemas ambientales y comprendiendo asuntos tecnológicos.
3. Durante el desarrollo de los cuatro proyectos su hijo(a) participará de evaluaciones para hacer seguimiento al desarrollo de las competencias en Ciencias, Tecnología y Matemáticas, estas evaluaciones serán de manera escrita, también se valorará el desempeño al momento de diseñar o ensamblar dispositivos o al responder preguntas orales, las notas serán de 0.0 a 5.0 y se registrarán en una planilla que la docente investigadora tiene

diseñada, además, se harán descripciones de asuntos relevantes que se observe del desempeño de su hijo(a).

4. Al finalizar los cuatro proyectos se volverá a aplicar a su hijo(a) las tres pruebas en Ciencias, Tecnología e Informática que presentó al inicio del estudio, estas pruebas serán exactamente las mismas y bajo iguales condiciones en tiempos y espacios. Los resultados de estas pruebas finales se compararán con los resultados de las pruebas iniciales y de esta manera se comprobará si hubo cambios en las competencias científicas, tecnológicas y matemáticas de su hijo(a).

**He preguntado a los niños y entienden las actividades en las que van a participar.**

**¿Representa algún riesgo o molestia participar en esta investigación?**

Lo que la investigadora va a proponer que realice no es peligroso, en ningún momento se propondrá alguna situación que te cause dolor, no debes consumir nada ni tampoco exponer tu cuerpo. La investigadora tendrá especial cuidado en no usar materiales o sustancias que hagan daño, se tratará con respeto y se evitarán burlas o situaciones que le hagan sentir incomodo(a) sin embargo, si algo le molesta no dude en decirle a la investigadora para que lo resuelva.

**He preguntado al niño/a y entiende los riesgos y molestias \_\_\_\_\_ (inicial)**

**¿Hay algo bueno que vaya a ocurrirme?**

Va a participar de actividades diferentes y entretenidas con materiales distintos que harán que comprenda mejor la Ciencia, la Tecnología y las Matemáticas mediante STEM que es una forma diferente de aprender, también tendrá la posibilidad de desarrollar actividades en equipo para el diseño y ensamble de artefactos, comprenderá algunas situaciones que están afectando el medio ambiente y cómo se podría ayudar para evitar que empeore.

**He preguntado al niño/a y entiende los beneficios \_\_\_\_\_**

**¿Van a saber todos acerca de esto?**

No se compartirá entre sus compañeros u otras personas de la institución sus datos personales, tampoco los resultados de las pruebas o su desempeño en las distintas actividades.

### **¿Me informará de los resultados?**

Cuando la investigación finalice, me reuniré con usted y tus padres para presentarles un informe de cómo le fue en todo el proceso, ¿cuáles fueron los resultados de las pruebas?, ¿cómo fue su desempeño en las actividades prácticas? y ¿qué aprendió? Después la información pasará a un documento final para que sea conocida por docentes de la universidad y de otros investigadores interesados en este tema.

### **¿Con quién puedo hablar para hacer preguntas?**

Puede hacerme preguntas en el momento que desee, si algo no queda claro o si tal vez le cuesta construir algún objeto que le proponga en clases, no dude en comentarme que estaré atenta a ayudarle.

**Si elige ser parte de esta investigación, también le daré una copia de esta información para usted. Puede pedir a sus padres que lo lean si quieres.**

### **Declaración de Asentimiento**

Expreso que he sido informado(a), comprendo lo que voy a hacer en esta la investigación, que he podido preguntar y aclarar las dudas y por eso he decidido de manera voluntaria participar de todas las actividades que la docente investigadora propone. Sé que puedo retirarme de la investigación cuando quiera sin que me afecte en nada. Para constancia de lo que he decidido firmo a continuación:

**“Acepto participar en la investigación”. \_\_\_\_\_**

**“Yo no deseo participar en la investigación y no he firmado el asentimiento que sigue”.**

\_\_\_\_\_ **(iniciales del niño/menor)**

**Solo si el niño/a asiente:**

**Nombre del niño/a** \_\_\_\_\_

**Firma del niño/a:** \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

**Día/mes/año**

**“He sido testigo de la lectura exacta del documento de asentimiento al estudiante y ha tenido la oportunidad de hacer preguntas. Confirmo que ha dado su asentimiento libremente”.**

**Nombre del testigo (diferente de los padres)**

\_\_\_\_\_

**Firma del testigo** \_\_\_\_\_

**Fecha** \_\_\_\_\_

**Investigador:** certifico que he dado la información y explicación al estudiante acerca del estudio y de la información contenida en el consentimiento informado de la presente investigación, respondiendo las preguntas y sin ejercer ninguna presión para su participación.

**Nombre:** \_\_\_\_\_

**Firma:** \_\_\_\_\_

**CC:** \_\_\_\_\_

El presente consentimiento se firma en el Municipio de Lebrija\_ (día/mes/año)

## Anexo 5

### Prueba matemáticas - conceptual – pre-test

#### Prueba de matemáticas - conceptual

Aspecto	Descripción
<b>Contexto común</b>	El bazar de la escuela
<b>Total estudiantes</b>	11 (grados 1° a 5°)
<b>Tipo de preguntas</b>	Situacionales con enfoque conceptual
<b>Objetivo</b>	Evaluar el dominio conceptual matemático a partir de una situación compartida, con preguntas ajustadas al nivel de cada grado.
<b>Competencia</b>	El estudiante comprende, sabe con cuáles datos dispone, qué información necesita, aplica una estrategia para resolver el ejercicio y obtiene el resultado.
<b>Situación compartida</b>	Imagina que en la escuela se está organizando un bazar y cada grado va a participar con una venta de productos como jugos, galletas, manualidades y juegos. Los estudiantes deberán organizar los materiales, contar lo que tienen, repartir tareas y hacer carteles con precios. La profesora les pidió pensar cómo usar las matemáticas para preparar el bazar.
<b>Grado</b>	<b>Preguntas (Dimensión Conceptual, situacionales)</b>
<b>Primero</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Por qué es importante contar bien los vasos antes de servir los jugos?</li> <li>2. ¿Cómo puedes saber si tienes más galletas que tu compañero sin contarlas una por una?</li> <li>3. Si recortas una figura geométrica para escribir el precio de los jugos (por ejemplo, un cuadrado), ¿cómo sabes que es un cuadrado?</li> <li>4. ¿Qué significa decir que hay “más” o “menos” productos en una mesa?</li> <li>5. ¿Por qué es útil usar un número para saber cuánto vale algo?</li> </ol>
<b>Segundo</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Si los vasos se agrupan de 5 en 5, ¿por qué es más fácil contarlos así que uno por uno?</li> <li>2. ¿Cómo puedes saber si un cartel con precios tiene números mayores o menores?</li> <li>3. Si un compañero quiere repartir 12 galletas entre 4 amigos, ¿qué debe hacer? ¿Por qué?</li> <li>4. ¿Por qué saber si una mesa tiene forma (cuadrada o redonda) ayuda a organizar mejor las cosas que se van a poner sobre ella?</li> <li>5. ¿Qué entiendes cuando te dicen que cada jugo cuesta el doble que una galleta?</li> </ol>
<b>Tercero</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Si tienes que organizar tres bandejas con 6 jugos cada una, ¿Qué harías para saber cuántos jugos vas a necesitar?</li> <li>2. ¿Cómo puedes saber que el número 45 es mayor que el 32?</li> </ol>

	<p>3. Un cartel de la feria tiene cuatro lados, donde dos son largos y dos son cortos, y tiene cuatro ángulos rectos, ¿qué figura geométrica es?</p> <p>4. Si tienes un billete de \$5.000 y un billete de \$2.000, ¿cuál es el valor total? ¿El valor que te da es mayor o menor que un billete de \$10.000?</p> <p>5. Tienes 12 galletas y 4 amigos. ¿Cómo puedes repartir las galletas para que todos tengan la misma cantidad?</p>
<b>Cuarto</b>	<p>1. Si cada jugo cuesta \$1.500 y vendes 4, ¿Cuál operación matemática necesitas hacer para saber el valor de los cuatro jugos? ¿Porqué?</p> <p>2. ¿Por qué es útil convertir todas las medidas a la misma unidad cuando estamos comparando diferentes recipientes?</p> <p>3. ¿Qué significa que un cartel de precios diga “3 por el precio de 2”? ¿Cómo entiendes esta oferta?</p> <p>4. Si tienes que comparar dos cantidades de galletas, ¿por qué es útil mirar el valor posicional (decenas, unidades)?</p> <p>5. ¿Qué entiendes cuando un compañero dice que el precio aumentó a la mitad?</p>
<b>Quinto</b>	<p>1. Si tienes 40 galletas y vendes 25, ¿por qué es importante entender la diferencia entre esos dos números?</p> <p>2. ¿Qué significa que una promoción diga: “50% de descuento en jugos”? ¿Cómo lo entiendes sin hacer la operación?</p> <p>3. ¿Por qué es útil saber el área de una mesa si quieres cubrirla con un mantel?</p> <p>4. ¿Consideras que <math>\frac{2}{4}</math> y <math>\frac{4}{8}</math> representan la misma cantidad de torta? ¿Porqué?</p> <p>5. ¿Qué estrategias puedes utilizar para comparar precios de diferentes tiendas y decidir dónde comprar los productos para el bazar?</p>

### Rúbrica de evaluación

Nivel	Criterios de evaluación del desempeño conceptual	Puntaje por pregunta
<b>4. Avanzado</b>	El estudiante explica con claridad y precisión el concepto matemático en la situación, utiliza vocabulario adecuado para su grado y justifica con ejemplos claros. Comprende la idea matemática en la situación.	4 puntos
<b>3. Satisfactorio</b>	El estudiante comprende el concepto matemático en la situación, aunque su explicación puede ser parcial o con ejemplos incompletos. Muestra comprensión, pero con algunas imprecisiones menores.	3 puntos
<b>2. Básico</b>	El estudiante tiene una comprensión limitada o superficial del concepto en la situación. Responde con ideas poco precisas o confunde los términos matemáticos. No logra establecer claramente la relación con la situación.	2 puntos



## Anexo 6

### Prueba matemáticas - procedimental – pre-test

#### Prueba de matemáticas - procedimental

Aspecto	Descripción
<b>Contexto común</b>	El bazar de la escuela.
<b>Total estudiantes</b>	11 (grados 1° a 5°)
<b>Tipo de preguntas</b>	Situacionales con enfoque procedimental
<b>Objetivo</b>	Evaluar la aplicación práctica de los conceptos matemáticos en tareas concretas relacionadas con la feria escolar
<b>Competencia</b>	El estudiante comprende, sabe con cuáles datos dispone, qué información necesita, aplica una estrategia para resolver el ejercicio y obtiene el resultado.
<b>Situación compartida</b>	Imagina que en la escuela se está organizando un bazar y cada grado va a participar con una venta de productos como jugos, galletas, manualidades y juegos. Los estudiantes deberán organizar los materiales, contar lo que tienen, repartir tareas y hacer carteles con precios. La profesora les pidió pensar cómo usar las matemáticas para preparar el bazar.
<b>Grado</b>	<b>Preguntas (Dimensión procedimental, situacionales)</b>
<b>Primero</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Una caja tiene 24 vasos y la otra caja 15. ¿Cuántos vasos hay en total?</li> <li>Dibuja dos mesas, una con más galletas y otra con menos.</li> <li>Escoge entre tres figuras cuál es el triángulo.</li> <li>Organiza 10 cubos en dos grupos iguales. ¿Cuántos hay en cada grupo?</li> <li>Escribe el número que representa el precio del jugo si cuesta trescientos pesos.</li> </ol>
<b>Segundo</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Agrupar 15 vasos de 5 en 5 y decir cuántos grupos hiciste.</li> <li>Ordena estos precios de menor a mayor: \$200, \$500, \$300.</li> <li>Reparte 12 galletas en cantidades iguales entre 4 platos y muestra cuántas quedan en cada uno.</li> <li>Dibuja una mesa cuadrada y una redonda para ubicar los productos.</li> <li>Si una galleta cuesta \$400, muestra cómo calcular el doble del precio de la galleta.</li> </ol>
<b>Tercero</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Dibuja 3 bandejas con 6 jugos cada una. Escribe la multiplicación que representa.</li> <li>Compara dos precios: \$4.500 y \$3.900. Marca el mayor.</li> <li>Dibuja una figura con 4 lados iguales y nómbrala.</li> <li>Muestra cuántas monedas de \$500 necesitas reunir para tener \$1.500.</li> <li>Reparte 12 galletas en cantidades iguales entre 4 personas usando dibujos. Escribe la operación.</li> </ol>
<b>Cuarto</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Calcula cuánto dinero vas a obtener si vendes 4 jugos a \$1.500 cada uno.</li> </ol>

	<p>2. Usa una regla para medir dos vasos y escribir sus longitudes. ¿Son iguales?</p> <p>3. Si en un cartel dice “3 por el precio de 2” y cada producto cuesta \$1.000, ¿cuánto pagarías por 3?</p> <p>4. Imagina que descompones el número 356 en decenas y unidades para compararlo con el número 365. ¿Qué diferencias encuentras?</p> <p>5. Si un producto costaba \$15.000 y ahora cuesta la mitad, ¿cuánto cuesta ahora?</p>
<b>Quinto</b>	<p>1. Si disponen de \$95.400 para comprar las bebidas para el bazar y gastan en ello \$76.850, ¿Cómo sabes cuánto dinero quedó de la compra?</p> <p>2. En el bazar hay un producto que cuesta \$5.500. Si se le aplica un 50% de descuento, ¿cuál sería el nuevo precio del producto?</p> <p>3. Una mesa mide 2 metros de largo y 1 metro de ancho. Calcula el área para saber cuánto espacio tienes para ubicar unos productos del bazar.</p> <p>4. Colorea dos vasos con <math>\frac{2}{4}</math> de jugo y otros dos con <math>\frac{4}{8}</math>. ¿Son iguales?</p> <p>5. Realiza una lista de 12 precios de productos que puedan estar en el bazar y sepáralos en precios pares e impares.</p>

### Rúbrica de evaluación

<b>Nivel</b>	<b>Criterios de evaluación del desempeño procedimental</b>	<b>Puntaje por pregunta</b>
<b>4. Avanzado</b>	El estudiante demuestra comprensión del problema al aplicar correctamente el procedimiento matemático, organizando su proceso de manera efectiva y presentando claridad en los datos que tiene y en los que necesita obtener para resolver la situación.	4 puntos
<b>3. Satisfactorio</b>	El estudiante comprende la mayoría del problema, aplica el procedimiento matemático con algunas imprecisiones, muestra organización en su proceso y presenta claridad en la mayoría de los datos, aunque con algunas confusiones menores.	3 puntos
<b>2. Básico</b>	El estudiante comprende parcialmente el problema, aplica el procedimiento matemático con errores significativos, muestra organización limitada en su proceso de resolución y presenta confusión en los datos relevantes.	2 puntos
<b>1. Bajo</b>	El estudiante no comprende el problema o lo interpreta de manera incorrecta, no aplica el procedimiento matemático solicitado, muestra desorganización en su proceso y presenta falta de claridad en los datos que tiene y los que necesita para resolver la situación.	1 punto
<b>0. No responde</b>	El estudiante no presenta ninguna respuesta al problema y no demuestra comprensión ni aplica el procedimiento matemático.	0 puntos



## Anexo 7

### Prueba de ciencias - conceptual – pre-test

#### Prueba de ciencias – conceptual

Aspecto	Descripción
<b>Contexto común</b>	El experimento en el jardín
<b>Total estudiantes</b>	11 (grados 1° a 5°)
<b>Tipo de preguntas</b>	Situacionales con enfoque conceptual
<b>Objetivo</b>	Evaluar el dominio conceptual científico a partir de una situación compartida, con preguntas ajustadas al nivel de cada grado.
<b>Competencia evaluada</b>	Investigación científica: El estudiante participa activamente en la ejecución de experimentos, formula preguntas, plantea hipótesis y utiliza los materiales de manera segura y organizada.
<b>Situación compartida</b>	La profesora lleva a los estudiantes al patio de la escuela para hacer experimentos con plantas, agua y luz solar. Cada grado participa en una actividad diferente, pero todos están observando, preguntando y registrando lo que ocurre.
<b>Grado</b>	<b>Preguntas (Dimensión Conceptual, situacionales)</b>
<b>Primero</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Por qué es importante que hagamos preguntas antes de comenzar un experimento?</li> <li>2. ¿Cómo puedes diferenciar una actividad relacionada con un experimento y una actividad relacionada con un juego?</li> <li>3. ¿Por qué debemos ser cuidadosos cuando usamos materiales como por ejemplo agua y tierra en nuestros experimentos? ¿Qué podría pasar si no tenemos cuidado?</li> <li>4. ¿Por qué es importante proponer hipótesis al realizar experimentos?</li> <li>5. ¿Qué significa “observar” en un experimento de ciencias? ¿Por qué crees que es importante?</li> </ol>
<b>Segundo</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Por qué es necesario escribir o dibujar lo que pasa durante un experimento?</li> <li>2. ¿Por qué es importante proponer hipótesis al realizar experimentos?</li> <li>3. ¿Para qué sirven los materiales en un experimento?</li> <li>4. ¿Cómo puedes saber si un experimento fue bien hecho?</li> <li>5. ¿Qué diferencia hay entre observar y tocar en un experimento?</li> </ol>
<b>Tercero</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Por qué debemos seguir el paso a paso cuando hacemos un experimento?</li> <li>2. ¿Qué significa plantear una hipótesis antes de comenzar?</li> <li>3. ¿Por qué es importante que todos usen los materiales de manera segura durante el desarrollo de un experimento?</li> </ol>

	<p>4. ¿Cómo puedes comprobar si el resultado de un experimento es correcto o no?</p> <p>5. ¿Por qué crees que en ocasiones es importante repetir un experimento?</p>
<b>Cuarto</b>	<p>1. ¿Qué función cumple la hipótesis en un experimento científico?</p> <p>2. ¿Por qué se deben cambiar solo algunas cosas (variables) cuando se experimenta?</p> <p>3. ¿Qué diferencia hay entre una observación y una conclusión?</p> <p>4. ¿Cómo sabes si el uso de un material fue adecuado y seguro?</p> <p>5. ¿Por qué los científicos anotan todo lo que ven y hacen durante un experimento?</p>
<b>Quinto</b>	<p>1. ¿Qué relación hay entre la hipótesis y los resultados de un experimento?</p> <p>2. ¿Por qué es importante tener un registro organizado de lo que se hace y observa durante el experimento?</p> <p>3. ¿Qué significa experimentar de forma ética y segura?</p> <p>4. ¿Cómo influye una buena pregunta científica en la calidad del experimento?</p> <p>5. ¿Por qué a veces los resultados no coinciden con la hipótesis, pero aun así lo que se logró sigue siendo valioso?</p>

### Rúbrica

<b>Nivel</b>	<b>Criterios de evaluación del desempeño conceptual</b>	<b>Puntaje por pregunta</b>
<b>4. Avanzado</b>	El estudiante explica con claridad, precisión y ejemplos las ideas científicas solicitadas (como el planteamiento de hipótesis, formulación de preguntas, el uso de materiales y el análisis de resultados). Usa vocabulario adecuado a su nivel y muestra comprensión precisa del concepto en la situación dada.	4 puntos
<b>3. Satisfactorio</b>	El estudiante comprende el concepto y responde adecuadamente a la situación. Puede no incluir ejemplos o explicaciones completas, pero sus ideas son relevantes y muestran una comprensión general.	3 puntos
<b>2. Básico</b>	El estudiante tiene una comprensión limitada o parcial del concepto. Responde con ideas incompletas o vagas, o confunde términos. Relaciona de forma superficial el concepto con la situación planteada.	2 puntos
<b>1. Bajo</b>	El estudiante no comprende el concepto científico solicitado. Responde sin relación clara con la situación, o simplemente repite términos sin sentido conceptual. Presenta dificultades para argumentar o explicar.	1 punto
<b>0. No responde</b>	El estudiante no contesta la pregunta o su respuesta no guarda relación con la situación.	0 puntos



## Anexo 8

### Prueba de ciencias - procedimental – pre-test

#### Prueba de ciencias – procedimental

Aspecto	Descripción
<b>Contexto común</b>	El experimento en el jardín
<b>Total estudiantes</b>	11 (grados 1° a 5°)
<b>Tipo de preguntas</b>	Situacionales con enfoque procedimental
<b>Objetivo</b>	Evaluar el dominio procedimental científico a partir de una situación compartida, con preguntas ajustadas al nivel de cada grado.
<b>Competencia evaluada</b>	Investigación científica: El estudiante participa activamente en la ejecución de experimentos, formula preguntas, plantea hipótesis y utiliza los materiales de manera segura y organizada.
<b>Situación compartida</b>	La profesora lleva a los estudiantes al patio de la escuela para hacer experimentos con plantas, agua y luz solar. Cada grado participa en una actividad diferente, pero todos están observando, preguntando y registrando lo que ocurre.
<b>Grado</b>	<b>Preguntas (Dimensión procedimental, situacionales)</b>
<b>Primero</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Cuál es el primer paso que debes seguir antes de realizar un experimento con una planta o con cualquier otro elemento?</li> <li>2. ¿Qué aspectos debes observar para determinar si una semilla crece más rápido con agua o sin agua?,”</li> <li>3. ¿Qué materiales necesitas para hacer un experimento donde quieras ver crecer una planta desde el inicio?</li> <li>4. ¿Qué debes hacer para mantener los materiales del experimento en buen estado?</li> <li>5. ¿Cómo puedes compartir con la profesora lo que aprendiste y observaste en el experimento?</li> </ol>

<b>Segundo</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Qué señales te indican que una planta necesita más luz o más agua?</li> <li>2. ¿Cuáles pasos seguirías para hacer un experimento y descubrir qué objetos flotan y cuáles se hunden?</li> <li>3. Se vas a realizar un experimento por segunda vez ¿Por qué es importante usar los mismos objetos y las mismas cantidades?</li> <li>4. ¿Qué puedes hacer para tener disponible toda la información de lo que pasó en tu experimento desde inicio hasta el final?</li> <li>5. ¿Cómo decides qué cambiar y qué mantener igual en un experimento?</li> </ol>
<b>Tercero</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Qué pasos debes seguir si quieres observar un fenómeno natural, como el crecimiento de una planta?</li> <li>2. ¿Cómo puedes organizar los materiales de manera segura antes de empezar un experimento?</li> <li>3. Si algo no sale como esperabas durante el experimento, ¿qué debes hacer para resolverlo?</li> <li>4. ¿Cómo puedes comprobar si tu hipótesis era correcta o no?</li> <li>5. ¿Cuál es la mejor manera de compartir con tus compañeros los pasos que seguiste en tu experimento?</li> </ol>
<b>Cuarto</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Cómo formularías una hipótesis antes de realizar tu experimento sobre la temperatura del agua?</li> <li>2. ¿Qué medidas tomas para minimizar los errores humanos y asegurarte de que tus resultados sean precisos?</li> <li>3. ¿Qué harías para repetir un experimento en diferentes ocasiones y poder obtener resultados confiables?</li> <li>4. ¿Qué técnicas utilizarías para registrar tus observaciones de manera clara y organizada durante el experimento?</li> <li>5. ¿Cómo aseguras que todos los materiales se usen de manera correcta y segura durante el experimento?</li> </ol>
<b>Quinto</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Qué tendrías en cuenta para diseñar un experimento justo y asegurando que todas las variables estén controladas?</li> <li>2. ¿Cómo puedes verificar si los datos obtenidos en el experimento son confiables y precisos?</li> <li>3. ¿Por qué es importante seguir una secuencia lógica al aplicar el método científico en los experimentos?</li> <li>4. ¿De qué manera puedes organizar y presentar los resultados de tu experimento para que sean fáciles de entender?</li> <li>5. ¿Qué debes hacer después de obtener los resultados de tu experimento para llegar poder presentar una conclusión?</li> </ol>



E9								
E10								
E11								

## Anexo 9

### Prueba de tecnología - conceptual – pre-test

#### Prueba de tecnología - conceptual

Aspecto	Descripción
<b>Contexto común</b>	El bazar que vamos a hacer en la escuela.
<b>Total estudiantes</b>	11 (grados 1° a 5°)
<b>Tipo de preguntas</b>	Situacionales con enfoque conceptual
<b>Objetivo</b>	Evaluar el dominio conceptual tecnológico a partir de una situación compartida, con preguntas ajustadas al nivel de cada grado.
<b>Competencia evaluada</b>	Transferencia de saberes tecnológicos en la solución de problemáticas: El estudiante desarrolla prototipos que respondan a necesidades específicas, partiendo de un proceso de diseño y la creación de un modelo o prototipo que permita experimentar y evaluar su efectividad.
<b>Situación compartida</b>	Para un bazar en la escuela, cada grado debe proponer un objeto o herramienta que facilite alguna actividad dentro del bazar. Puede ser una manilla para las personas que pagan sus boletas, un organizador de materiales, un señalador para las filas, un expositor de productos, un juego o una cartelera móvil. Los estudiantes deben idear, diseñar y explicar cómo construirlo.
<b>Grado</b>	<b>Preguntas (Dimensión conceptual, situacionales)</b>
<b>Primero</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Por qué es importante crear el prototipo de un objeto para el bazar?</li> <li>2. ¿Cómo sabes que lo que vas a hacer es un objeto útil y no solo un adorno?</li> <li>3. ¿Por qué es importante diseñar primero cómo va a ser lo que quieres construir?</li> <li>4. ¿Cómo puedes comprobar si el prototipo que hiciste realmente funciona bien?</li> <li>5. ¿Por qué es importante seleccionar materiales que ya conoces y que puedes manejar con seguridad al construir tu prototipo?</li> </ol>
<b>Segundo</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Por qué antes de construir un prototipo se debe pensar en cómo va a funcionar?</li> <li>2. ¿Qué diferencia hay entre diseñar un juego y diseñar una herramienta de trabajo?</li> <li>3. ¿Cómo puedes comprobar si el prototipo que hiciste cumple con su propósito y funciona como lo planeaste?</li> <li>4. ¿Por qué es importante elegir bien los materiales para la elaboración de tu prototipo para el bazar?</li> <li>5. ¿Qué significa “resolver un problema”?</li> </ol>

<b>Tercero</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Por qué se llama “prototipo” al objeto que vas a hacer para ayudar en el bazar?</li> <li>2. ¿Qué debe tener un buen diseño para que funcione y se pueda construir fácilmente?</li> <li>3. ¿Cómo sabes si un prototipo realmente resuelve la necesidad que tú identificaste?</li> <li>4. ¿Por qué es importante que el prototipo que hiciste pueda ser probado o usado otras personas?</li> <li>5. ¿Qué entiendes por “efectividad” en lo que diseñas o construyes?</li> </ol>
<b>Cuarto</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Qué pasos debes seguir para diseñar un prototipo que funcione bien en el bazar?</li> <li>2. ¿Cómo se relacionan el problema identificado y la función del prototipo que vas a crear?</li> <li>3. ¿Por qué se deben tener en cuenta los usuarios al pensar en un prototipo?</li> <li>4. ¿Qué significa experimentar con tu modelo antes de usarlo en el bazar?</li> <li>5. ¿Qué diferencia hay entre un diseño improvisado y uno planificado?</li> </ol>
<b>Quinto</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Por qué resulta la idea de diseñar y construir un prototipo?</li> <li>2. ¿Cómo se puede evaluar si tu prototipo resuelve el problema o necesidad para el cual fue pensado?</li> <li>3. ¿Por qué es importante planear los materiales y herramientas que se van a usar en la construcción?</li> <li>4. ¿Qué criterios utilizarías para saber si debes mejorar tu prototipo después de probarlo?</li> <li>5. ¿Qué papel juega el diseño en la eficacia de una solución tecnológica?</li> </ol>

<b>Nivel</b>	<b>Criterios de evaluación del desempeño conceptual</b>	<b>Puntaje por pregunta</b>
<b>4. Avanzado</b>	El estudiante explica con claridad y precisión el concepto tecnológico solicitado. Identifica el propósito, la función y el beneficio del diseño y del prototipo en la situación. Usa vocabulario apropiado y demuestra comprensión del diseño y su función como respuesta a una necesidad o situación.	4 puntos
<b>3. Satisfactorio</b>	El estudiante comprende el concepto tecnológico y su relación con la situación. Su explicación es clara, aunque puede tener ligeras imprecisiones o ejemplos poco desarrollados. Reconoce la importancia del diseño, del prototipo y el uso adecuado de materiales.	3 puntos
<b>2. Básico</b>	El estudiante presenta una comprensión parcial o superficial del concepto. Responde <b>con</b> ideas imprecisas, menciona el uso o función del diseño y del prototipo sin explicar por qué es útil o cómo resuelve el problema. Puede confundir algunos términos.	2 puntos
<b>1. Bajo</b>	El estudiante no demuestra comprensión del concepto. Da respuestas sin relación lógica con la situación. No identifica la	1 punto



## Anexo 10

### Prueba de tecnología - procedimental – pre-test

#### Prueba de tecnología - procedimental

Aspecto	Descripción
<b>Contexto común</b>	La feria escolar del colegio
<b>Total estudiantes</b>	11 (grados 1° a 5°)
<b>Tipo de preguntas</b>	Situacionales con enfoque procedimental
<b>Objetivo</b>	Evaluar el dominio procedimental tecnológico a partir de una situación compartida, con preguntas ajustadas al nivel de cada grado.
<b>Competencia evaluada</b>	Transferencia de saberes tecnológicos en la solución de problemáticas: El estudiante desarrolla prototipos que respondan a necesidades específicas, partiendo de un proceso de diseño y la creación de un modelo o prototipo que permita experimentar y evaluar su efectividad.
<b>Situación compartida</b>	Para un bazar en la escuela, cada grado debe proponer un objeto o herramienta que facilite alguna actividad dentro del bazar. Puede ser una manilla para las personas que pagan sus boletas, un organizador de materiales, un señalador para las filas, un expositor de productos, un juego o una cartelera móvil. Los estudiantes deben idear, diseñar y explicar cómo construirlo.
<b>Grado</b>	<b>Preguntas (Dimensión Procedimental, situacionales)</b>
<b>Primero</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Si tienes que ayudar a hacer unas manillas para ponerle a las personas que pagan su entrada al bazar, ¿qué harías primero para su elaboración?</li> <li>2. ¿Cuáles materiales consideras son los más adecuados para elaborar la manilla?</li> <li>3. ¿Qué se debe hacer primero: probar la manilla o unir las partes? ¿Por qué elegiste esa opción?</li> <li>4. ¿Cómo harías la manilla para que sea cómoda de llevar y no se caiga del brazo?</li> <li>5. Si pruebas tu manilla y no funciona bien, ¿qué harías para arreglarla y que funcione mejor?</li> </ol>
<b>Segundo</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Si vas a hacer un juego de puntería con materiales reciclados, ¿qué pasos seguirías para elaborarlo?</li> <li>2. ¿Por qué crees que es útil hacer un dibujo o diseño de tu juego de puntería antes de empezar a construirlo?</li> <li>3. ¿Cómo elegirías los materiales de reciclaje para que tu juego de puntería sea fuerte y no se rompa?</li> </ol>

	<ol style="list-style-type: none"> <li>4. ¿Qué harías para que el juego de puntería no se desarme cuando se utilice?</li> <li>5. Si al probar tu juego de puntería notas que no funciona como lo esperabas, ¿qué debes hacer para mejorarlo?</li> </ol>
<b>Tercero</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Si necesitas construir una caja que sea segura para guardar las boletas de la entrada al bazar ¿Cuáles serían los pasos para elaborarla?</li> <li>2. Si te das cuenta de que los materiales que planeabas usar no están disponibles, ¿Qué harías para superar la situación y lograr el objetivo?</li> <li>3. ¿Qué materiales usarías para unir las partes del cartón de forma segura y efectiva?</li> <li>4. ¿Cómo puedes saber si tu caja resiste el peso y es segura para guardar las boletas?</li> <li>5. ¿Cómo puedes saber si tu prototipo cumple con la función de guardar las boletas de entrada de manera efectiva?</li> </ol>
<b>Cuarto</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Cuáles pasos seguirías para construir un soporte que se pueda mover de un lugar a otro y permita colgar un cartel con los precios?</li> <li>2. ¿A momento de construir el prototipo qué tendrías en cuenta al elegir los materiales?</li> <li>3. ¿Qué pruebas harías para comprobar si tu prototipo cumple con las funciones para las que fue construido?</li> <li>4. Si tu estructura se cae fácilmente, ¿qué harías?</li> <li>5. ¿Cómo le explicarías a un compañero las instrucciones para construir lo que tú hiciste?</li> </ol>
<b>Quinto</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Si necesitas elaborar un diseño para un juego de ruleta donde los visitantes pueden ganar premios o descuentos ¿Cuáles pasos seguirías para su elaboración?</li> <li>2. ¿Qué características deben tener los materiales con los que se va a elaborar la ruleta?</li> <li>3. ¿Qué aspectos importantes tendrías en cuenta para saber si el modelo de tu ruleta si funciona?</li> <li>4. Si observas que tu prototipo no cumple completamente con su función, ¿qué harías para mejorarlo?</li> <li>5. ¿Cómo registrarías los cambios hechos a tu ruleta durante el proceso de prueba y mejora?</li> </ol>

### Rúbrica

Nivel	Criterios de evaluación del desempeño procedimental	Puntaje por pregunta
<b>4. Avanzado</b>	El estudiante comprende con <b>claridad</b> cada paso del proceso tecnológico: comprende la necesidad de la situación, analiza los materiales, organiza con lógica las fases del diseño, concibe <b>un</b>	4 puntos



## Anexo 11

*Prueba de matemáticas - conceptual – post-test*

<b>Aspecto</b>	<b>Descripción</b>
<b>Contexto común</b>	Jornada de talentos
<b>Total estudiantes</b>	11 (grados 1° a 5°).
<b>Tipo de preguntas</b>	Situacionales con enfoque conceptual en matemáticas, adaptadas a cada grado.
<b>Objetivo</b>	Evaluar el dominio conceptual matemático alcanzado en el uso de medidas, proporciones, cantidades y relaciones numéricas aplicadas a la situación relacionada con la jornada de talentos.
<b>Competencia evaluada</b>	El estudiante comprende, sabe con cuáles datos dispone, qué información necesita, aplica una estrategia para resolver el ejercicio y obtiene el resultado.
<b>Situación compartida</b>	Imagina que en el colegio se va a organizar una jornada de talentos donde cada sede hará diferentes presentaciones como obras de teatro, danzas y canto. Los estudiantes necesitan planificar todo: calcular cuántas sillas necesitan para los asistentes, determinar el tiempo de cada presentación para que el evento no se extienda más de lo planeado, diseñar boletos con precios para estudiantes, padres de familia y profesores, y calcular cuánto material necesitan para decorar el escenario. La directora del evento pidió a los estudiantes usar las matemáticas para organizar exitosamente la jornada de talentos.
<b>Grado</b>	<b>Preguntas (Dimensión Conceptual, situacionales)</b>
<b>Primero</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Por qué es importante contar bien las sillas antes de que llegue el público a la actividad?</li> <li>2. ¿Cómo puedes saber si hay más personas en un salón que en otro sin contar uno por uno?</li> <li>3. Si recortas una figura geométrica para hacer los boletos para la actividad (por ejemplo, un rectángulo), ¿cómo sabes que es un rectángulo?</li> <li>4. ¿Qué significa decir que hay "más" o "menos" personas viendo una presentación que otra?</li> <li>5. ¿Por qué es útil usar un número para saber cuánto cuesta la entrada a la jornada?</li> </ol>
<b>Segundo</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Si las sillas se agrupan de 10 en 10 para el público de la jornada de talentos, ¿por qué es más fácil contarlas así que una por una?</li> <li>2. ¿Cómo puedes saber si un cartel con los precios de las entradas tiene números mayores o menores?</li> <li>3. Si un compañero quiere repartir 20 programas con las actividades de la jornada entre 5 grupos de asistentes, ¿qué debe hacer? ¿Por qué?</li> <li>4. ¿Por qué saber si el escenario tiene forma cuadrada o rectangular ayuda a organizar mejor las presentaciones que se van a hacer sobre él?</li> </ol>

	<p>5. ¿Qué entiendes cuando te dicen que cada entrada para adultos cuesta el triple que una entrada para niños?</p>
<b>Tercero</b>	<p>1. Si tienes que organizar tres filas con 8 sillas cada una para el público, ¿qué harías para saber cuántas sillas vas a necesitar en total?</p> <p>2. ¿Cómo puedes saber que el número 68 (boletos vendidos a las 7:00 am) es mayor que el 46 (boletos vendidos a las 10:am)?</p> <p>3. El escenario del festival tiene cuatro lados, donde dos son largos y dos son cortos, y tiene cuatro ángulos rectos, ¿qué figura geométrica es?</p> <p>4. Si tienes \$8.000 para comprar cartulinas para hacer unos carteles informativos para el evento y un billete de \$5.000 para comprar vinilos, ¿cuál es el valor total? ¿El valor que te da es mayor o menor que un billete de \$20.000?</p> <p>5. Tienes 84 boletas y 6 compañeros que se encargan de la venta de estas boletas. ¿Cómo puedes repartirlas para que cada compañero tenga la misma cantidad?</p>
<b>Cuarto</b>	<p>1. Si cada entrada al festival cuesta \$ 2.500 y vendes 5, ¿cuál operación matemática necesitas hacer para saber el valor total de las cuatro entradas? ¿Por qué?</p> <p>2. ¿Por qué es útil convertir todas las medidas a la misma unidad cuando estamos comparando diferentes espacios del festival (escenario, zona de público, área de refrigerios)?</p> <p>3. ¿Qué significa que un cartel de la cafetería diga "3 jugos por el precio de 2"? ¿Cómo entiendes esta oferta?</p> <p>4. Si tienes que comparar dos cantidades como: 3.273 y 5.748, ¿por qué es útil mirar el valor posicional (centenas, decenas, unidades)?</p> <p>5. ¿Qué entiendes cuando un compañero dice que el precio de los refrigerios "aumentó a la mitad"?</p>
<b>Quinto</b>	<p>1. Si tienes 86 asistentes en un salón y se van 15, ¿por qué es importante entender la diferencia entre esos dos números?</p> <p>2. ¿Qué significa que en el almacén donde vendieron la tela de para los trajes diga: "50% de descuento en sedas"? ¿Cómo lo entiendes sin hacer la operación?</p> <p>3. ¿Por qué es útil saber el área del escenario si quieres cubrirlo completamente con una alfombra decorativa?</p> <p>4. María usó <math>\frac{2}{3}</math> de la cartulina roja, y Pedro usó <math>\frac{4}{6}</math> de la cartulina azul para hacer unos afiches informativos para el evento.</p>

	<p>¿Consideras que <math>2/3</math> y <math>4/6</math> representan la misma cantidad? ¿Por qué?</p> <p>5. ¿Qué estrategias puedes utilizar para comparar precios de diferentes proveedores y decidir dónde comprar los materiales para la jornada de talentos?</p>
--	--

### Rúbrica

#### Rúbrica de evaluación

Nivel	Criterios de evaluación del desempeño conceptual	Puntaje por pregunta
<b>4. Avanzado</b>	El estudiante explica con claridad y precisión el concepto matemático en la situación, utiliza vocabulario adecuado para su grado y justifica con ejemplos claros. Comprende la idea matemática en la situación.	4 puntos
<b>3. Satisfactorio</b>	El estudiante comprende el concepto matemático en la situación, aunque su explicación puede ser parcial o con ejemplos incompletos. Muestra comprensión, pero con algunas imprecisiones menores.	3 puntos
<b>2. Básico</b>	El estudiante tiene una comprensión limitada o superficial del concepto en la situación. Responde con ideas poco precisas o confunde los términos matemáticos. No logra establecer claramente la relación con la situación.	2 puntos
<b>1. Bajo</b>	El estudiante no comprende el concepto solicitado. Responde sin relación con la situación o expresa ideas sin sentido conceptual. Presenta dificultades para comprender la situación.	1 punto
<b>0. No responde</b>	El estudiante <b>no contesta</b> la pregunta o su respuesta no guarda <b>relación con la situación matemática.</b>	0 puntos
<p><b>Calificación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cada estudiante puede obtener un <b>máximo de 20 puntos</b> (5 preguntas <math>\times</math> 4 puntos).</li> <li>• Escala de logro:  <b>18 – 20 puntos:</b> Nivel conceptual alto  <b>14 – 17 puntos:</b> Nivel conceptual satisfactorio  <b>10 – 13 puntos:</b> Nivel básico  <b>0 – 9 puntos:</b> Nivel bajo</li> </ul>		

### Registro de puntaje



## Anexo 12

### Prueba de matemáticas - procedimental – post-test

#### Prueba de matemáticas – procedimental

Aspecto	Descripción
<b>Contexto común</b>	Jornada de talentos
<b>Total estudiantes</b>	11 (grados 1° a 5°).
<b>Tipo de preguntas</b>	Situacionales con enfoque procedimental en matemáticas, adaptadas a cada grado.
<b>Objetivo</b>	Evaluar el dominio conceptual matemático alcanzado en el uso de medidas, proporciones, cantidades y relaciones numéricas aplicadas a la situación relacionada con la jornada de talentos.
<b>Competencia evaluada</b>	El estudiante comprende, sabe con cuáles datos dispone, qué información necesita, aplica una estrategia para resolver el ejercicio y obtiene el resultado.
<b>Situación compartida</b>	Imagina que en el colegio se va a organizar una jornada de talentos donde cada sede hará diferentes presentaciones como obras de teatro, danzas y canto. Los estudiantes necesitan planificar todo: calcular cuántas sillas necesitan para los asistentes, determinar el tiempo de cada presentación para que el evento no se extienda más de lo planeado, diseñar boletos con precios para estudiantes, padres de familia y profesores, y calcular cuánto material necesitan para decorar el escenario. La directora del evento pidió a los estudiantes usar las matemáticas para organizar exitosamente la jornada de talentos.
<b>Grado</b>	<b>Preguntas (Dimensión procedimental, situacionales)</b>
<b>Primero</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Una caja tiene 348 boletos para la jornada de talentos y la otra caja tiene 257. ¿Cuántos boletos hay en total?</li> <li>2. Dibuja dos salones, uno con más sillas y el otro con menos sillas.</li> <li>3. Escoge entre estas tres figuras cuál representa la forma del área rectangular donde van a hacer las presentaciones (mostrar un cuadrado, un círculo y un triángulo).</li> <li>4. Si tienes un total de 20 sillas y deseas organizarlas en dos filas de manera que cada fila tenga la misma cantidad de sillas, ¿cuántas sillas debe haber en cada fila?</li> <li>5. Escribe el número que representa el precio de un recordatorio de la jornada si cuesta novecientos cincuenta pesos.</li> </ol>
<b>Segundo</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Agrupa 30 boletas de 5 en 5 y di cuántos grupos hiciste.</li> <li>2. Ordena estos precios de entradas de menor a mayor: \$2.500, \$5.200, \$3.800, \$1.750.</li> <li>3. En la actividad hay un total de 84 asistentes que deben ser distribuidos iguales cantidades en cuatro salones. ¿Cuántos asistentes habrá en cada salón?</li> </ol>

	<ol style="list-style-type: none"> <li>4. Dibuja un escenario rectangular y uno triangular para ubicar las diferentes presentaciones.</li> <li>5. Si una entrada a la actividad cuesta \$4.000, muestra cómo puedes calcular el doble del precio de la entrada.</li> </ol>
<b>Tercero</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Si cada fila del salón tiene 8 sillas y hay 7 filas, dibuja y escribe la multiplicación que representa el total de sillas.</li> <li>2. Compara los costos de tres opciones de refrigerios: combo A \$2.750, combo B \$3.200, combo \$2.950. Ordénalos de menor a mayor.</li> <li>3. El logo del festival tiene forma de rectangular. Dibújalo y cuenta cuántos lados y vértices tiene.</li> <li>4. Muestra cuántas monedas de \$500 necesitas para reunir \$ 3.500 pesos.</li> <li>5. Organiza 20 volantes en grupos iguales de 5. Dibuja la distribución y realiza la división.</li> </ol>
<b>Cuarto</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Calcula cuánto dinero vas a obtener si vendes 8 entradas al festival a \$4.500 cada una.</li> <li>2. Usa una regla para medir dos instrumentos musicales del festival (como una flauta y un tambor) y escribir sus longitudes en centímetros. ¿Son iguales? ¿Porqué?</li> <li>3. Si en la jornada de talentos hay una promoción que dice "3 refrigerios por el precio de 2" y cada refrigerio cuesta \$1.800, ¿cuánto pagarías por 3 refrigerios con la promoción?</li> <li>4. Imagina que descompones el número 1.847 en unidades de mil, centenas, decenas y unidades para compararlo con el número 1.784. ¿Qué diferencias encuentras en cada posición?</li> <li>5. Si el costo de decorar el escenario era \$168.000 y ahora cuesta la mitad debido a un descuento, ¿cuánto cuesta ahora la decoración?</li> </ol>
<b>Quinto</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Si disponen de \$485.750 para contratar a un artista invitado para el evento y gastan en ello \$327.890, ¿cómo sabes cuánto dinero quedó del presupuesto?</li> <li>2. En la jornada de talentos hay entradas cuyas sillas están más cerca a la tarima y cuestan \$12.500. Si se les aplica un 50% de descuento para estudiantes, ¿cuál sería el nuevo precio de la entrada? Muestra el cálculo completo.</li> <li>3. La tarima principal mide 18 metros de largo y 12 metros de ancho. Calcula el área para saber cuánto espacio hay para ubicar los equipos de sonido y las presentaciones de los participantes.</li> <li>4. Colorea dos recipientes con <math>\frac{3}{6}</math> de pintura para decorar y otros dos con <math>\frac{6}{12}</math>. ¿Son fracciones equivalentes? comprueba tu respuesta</li> <li>5. Realiza una lista de 15 precios de productos que puedan venderse en la jornada de talentos (camisetas, refrigerios, recordatorios) y sepáralos en precios pares e impares.</li> </ol>



### Anexo 13

#### Prueba de ciencias - conceptual – post-test

#### Prueba de ciencias – conceptual

Aspecto	Descripción
<b>Contexto común</b>	Experimento con mezclas
<b>Total estudiantes</b>	11 (grados 1° a 5°)
<b>Tipo de preguntas</b>	Situacionales con enfoque conceptual
<b>Objetivo</b>	Evaluar el dominio conceptual alcanzado tras el desarrollo de los proyectos, en torno a la formulación de preguntas, el planteamiento de hipótesis, el uso de materiales, la observación y registro de fenómenos.
<b>Competencia evaluada</b>	Investigación científica: El estudiante participa activamente en la ejecución de experimentos, formula preguntas, plantea hipótesis y utiliza los materiales de manera segura y organizada.
<b>Situación hipotética que se propone a los estudiantes para que a partir de ella respondan las preguntas.</b>	La profesora organiza mesas de trabajo en el salón donde los estudiantes exploran diferentes tipos de mezclas usando materiales como agua, aceite, arena, sal e imanes. En cada estación hay una actividad distinta: algunos separan mezclas con filtros o coladores, otros observan qué materiales flotan o se hunden, y otros experimentan con imanes para separar objetos metálicos. Todos los niños rotan por las estaciones, formulan hipótesis sobre qué pasará y anotan sus descubrimientos en sus cuadernos de ciencias.
<b>Grado</b>	<b>Preguntas (Dimensión Conceptual, situacionales)</b>
<b>Primero</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Por qué es importante que hagamos preguntas antes de ver las mezclas?</li> <li>2. ¿Cómo sabes que explorar los tipos de mezcla es actividad relacionada con experimentos y no una actividad relacionada con un juego?</li> <li>3. ¿Por qué debemos ser cuidadosos cuando usamos materiales como por ejemplo agua, aceite o arena en nuestros experimentos? ¿Qué podría pasar si no tenemos cuidado?</li> <li>4. Al realizar experimentos debemos proponer hipótesis, ¿Por qué cree que esto es importante?</li> <li>5. ¿Qué entiendes por “observar” en un experimento de ciencias? ¿Por qué crees que esto es necesario?</li> </ol>
<b>Segundo</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Qué beneficios tiene escribir o dibujar lo que pasa mientras se observan las mezclas?</li> <li>2. ¿Qué aprendiste sobre proponer hipótesis?</li> <li>3. ¿Por qué son importantes los objetos que se utilizan en los experimentos?</li> <li>4. ¿Cómo te das cuenta si un experimento fue realizado correctamente?</li> <li>5. ¿Qué significa observar y qué significa tocar en un experimento? ¿Son lo mismo?</li> </ol>

<b>Tercero</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Qué pasa si no seguimos el orden de los pasos al hacer las mezclas?</li> <li>2. ¿por qué es importante plantear hipótesis antes de realizar los diferentes tipos de mezclas?</li> <li>3. ¿Por qué debemos ser cuidadosos al usar los materiales de las mezclas?</li> <li>4. ¿De qué manera puedes verificar si lo que obtuviste al realizar las mezclas es correcto?</li> <li>5. ¿Por qué piensas que a veces es necesario hacer el mismo experimento más de una vez?</li> </ol>
<b>Cuarto</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Por qué es importante plantear hipótesis antes de hacer las mezclas?</li> <li>2. ¿Qué pasa si cambiamos muchas cosas a la vez al realizar las mezclas?</li> <li>3. ¿Cómo se diferencian las observaciones de las conclusiones en un experimento?</li> <li>4. ¿Qué señales te indican que un material es adecuado y seguro para usar?</li> <li>5. ¿Por qué los científicos deben llevar un registro de todo lo que sucede en sus experimentos?</li> </ol>
<b>Quinto</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Por qué es importante comparar la hipótesis con los resultados de lo ocurrido al realizar las mezclas?</li> <li>2. Por qué necesitamos escribir de manera ordenada lo que hacemos y vemos en el experimento?</li> <li>3. ¿Por qué es importante realizar experimentos de manera ética y sin riesgos?</li> <li>4. ¿Qué relación hay entre hacer una buena pregunta y obtener buenos resultados en un experimento?</li> <li>5. ¿Por qué a veces los resultados en un experimento no es lo que pensábamos al principio, pero aun así lo que aprendimos es importante?</li> </ol>

### Rúbrica

<b>Nivel</b>	<b>Criterios de evaluación del desempeño conceptual</b>	<b>Puntaje por pregunta</b>
<b>4. Avanzado</b>	El estudiante explica con <b>claridad, precisión y ejemplos</b> las ideas científicas solicitadas (como el planteamiento de hipótesis, formulación de preguntas, el uso de materiales y el análisis de resultados). Usa vocabulario adecuado a su nivel y <b>muestra comprensión precisa del concepto en la situación dada.</b>	4 puntos



## Anexo 14

### Prueba de ciencias - procedimental – post-test

#### Prueba de ciencias – procedimental

Aspecto	Descripción
<b>Contexto común</b>	El experimento con las mezclas
<b>Total estudiantes</b>	11 (grados 1° a 5°)
<b>Tipo de preguntas</b>	Situacionales con enfoque procedimental
<b>Objetivo</b>	Evaluar el dominio procedimental científico a partir de una situación compartida, con preguntas ajustadas al nivel de cada grado.
<b>Competencia evaluada</b>	Investigación científica: El estudiante participa activamente en la ejecución de experimentos, formula preguntas, plantea hipótesis y utiliza los materiales de manera segura y organizada.
<b>Situación hipotética que se propone a los estudiantes para que a partir de ella respondan las preguntas.</b>	La profesora organiza mesas de trabajo en el salón donde los estudiantes exploran diferentes tipos de mezclas usando materiales como agua, aceite, arena, sal e imanes. En cada estación hay una actividad distinta: algunos separan mezclas con filtros o coladores, otros observan qué materiales flotan o se hunden, y otros experimentan con imanes para separar objetos metálicos. Todos los niños rotan por las estaciones, formulan hipótesis sobre qué pasará y anotan sus descubrimientos en sus cuadernos de ciencias.
<b>Grado</b>	<b>Preguntas (Dimensión procedimental, situacionales)</b>
<b>Primero</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Qué se debe hacer primero antes de realizar las mezclas?</li> <li>2. ¿Qué cosas necesitas observar para ver si un objeto flota o se hunde?</li> <li>3. ¿Qué materiales necesitas para hacer un experimento donde quieras ver actuar un imán?</li> <li>4. ¿Qué harías para asegurarte de que los materiales de las mezclas se mantengan en buen estado durante las actividades?</li> <li>5. ¿Cómo puedes presentar a la profesora lo que observaste y aprendiste al experimentar con las mezclas?</li> </ol>
<b>Segundo</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Qué se debe hacer para tener todos los elementos necesarios para hacer las mezclas y que no falte ninguno?</li> <li>2. ¿Cuáles pasos seguiría para saber si hay sustancias que se pueden mezclar y otras no?</li> <li>3. ¿Por qué deberías mantener los mismos materiales y cantidades al hacer un experimento de mezclas nuevamente?</li> <li>4. ¿Qué estrategias puedes usar para mantener un registro completo de lo que observaste y aprendiste durante el experimento?</li> <li>5. Si vas a realizar el mismo experimento, ¿cómo eliges cuáles sustancias se deben cambiar y cuáles se deben mantener igual?</li> </ol>
<b>Tercero</b>	

	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Qué pasos debes seguir si quieres observar lo que ocurre al mezclar el agua con el aceite?</li> <li>2. ¿Qué harías para asegurarte de que todos los materiales estén organizados y seguros antes de iniciar tu experimento?</li> <li>3. ¿Qué harías si descubres un error o un resultado inesperado?</li> <li>4. ¿De qué forma se puede verificar si el resultado coincide con la hipótesis?</li> <li>5. ¿Cómo se pueden registrar los datos del experimento?</li> </ol>
<b>Cuarto</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Qué hipótesis podrías plantear sobre el efecto que tendría la temperatura del agua en la mezcla con el aceite?</li> <li>2. ¿Qué harías para lograr que tus observaciones y resultados en las mezclas sean exactos?</li> <li>3. ¿Qué harías para realizar el experimento de mezclas en diferentes ocasiones y asegurar que los resultados sean similares?</li> <li>4. ¿Cómo puedes registrar tus descubrimientos de manera organizada mientras realizas el experimento con mezclas?</li> <li>5. ¿Cómo puedes asegurar que todos los materiales sean utilizados correctamente y sin riesgos durante tus experimentos de mezclas?</li> </ol>
<b>Quinto</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Qué aspectos debes tener en cuenta para que tu experimento sobre mezclas no tenga influencias externas y sea confiable?</li> <li>2. ¿Cómo puedes asegurarte de que la información que recogiste en tu experimento sobre mezclas es precisa?</li> <li>3. ¿Por qué es fundamental que sigas un orden específico al aplicar el método científico en tus experimentos?</li> <li>4. ¿Cómo podrías mostrar los resultados de tu experimento de mezclas de manera clara y sencilla para que todos lo entiendan?</li> <li>5. ¿Qué debes hacer con los resultados de tu experimento de mezclas antes de presentar una conclusión final?</li> </ol>



## Anexo 15

### Prueba de tecnología - conceptual – post-test

#### Prueba de tecnología – conceptual

<b>CONCEPTUAL</b>	
<b>Aspecto</b>	<b>Descripción</b>
<b>Contexto común</b>	La feria científica.
<b>Total estudiantes</b>	11 (grados 1° a 5°).
<b>Tipo de preguntas</b>	Situacionales con enfoque conceptual en tecnología, adaptadas a cada grado.
<b>Objetivo</b>	Evaluar el dominio conceptual tecnológico alcanzado en torno a la comprensión del diseño, la función del prototipo, la justificación de materiales y la relación entre problema y solución en contextos escolares reales.
<b>Competencia evaluada</b>	Transferencia de saberes tecnológicos en la solución de problemáticas: El estudiante desarrolla prototipos que respondan a necesidades específicas, partiendo de un proceso de diseño y la creación de un modelo o prototipo que permita experimentar y evaluar su efectividad.
<b>Situación compartida</b>	Para la feria científica, cada grado debe proponer un dispositivo o herramienta que ayude a mostrar los experimentos de manera más clara y segura. Puede ser una caja de luz para observar reacciones químicas, un soporte para tubos de ensayo, una mesa giratoria para mostrar proyectos, un panel informativo digital o una estación de lavado de manos portátil. Los estudiantes deben idear, diseñar y explicar cómo construirlo y cómo funcionaría durante la feria.
<b>Grado</b>	<b>Preguntas (Dimensión Conceptual, situacionales)</b>
<b>Primero</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Por qué es importante hacer un modelo de la herramienta que vamos a usar en la feria de ciencias?</li> <li>2. ¿Cómo puedes saber si la herramienta que vas a hacer ayudará en la feria y no es solo para decorar?</li> <li>3. ¿Por qué crees que es necesario dibujar primero cómo quieres que sea tu herramienta antes de construirla?</li> <li>4. ¿Qué puedes hacer para ver si tu modelo de herramienta funciona bien en la feria de ciencias?</li> <li>5. ¿Por qué es bueno elegir materiales que ya conoces y sabes usar cuando haces tu modelo para la feria?</li> </ol>
<b>Segundo</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Por qué es importante pensar primero cómo va a funcionar tu prototipo para la feria de ciencias antes de empezar a construirlo?</li> </ol>

	<p>2. ¿Qué se diferencia hay entre crear un experimento divertido para la feria y hacer una herramienta para ayudar en un trabajo ya sea de la escuela o de la casa</p> <p>3. ¿Cómo puedes saber si el prototipo que hiciste para la feria de ciencias realmente funciona como como lo pensaste?</p> <p>4. ¿Por qué es necesario escoger bien los materiales antes de construir tu prototipo para la feria de ciencias?</p> <p>5. ¿Qué se debe hacer cuando se presenta en tu finca o en tu casa una situación o problema relacionado con el funcionamiento de algún elemento?</p>
<b>Tercero</b>	<p>1. ¿Por qué el objeto que vas a crear para la feria de ciencias se llama prototipo y no producto final?</p> <p>2. ¿Qué cosas importantes debes pensar para que tu invento de la feria de ciencias funcione bien y sea fácil de hacer?</p> <p>3. ¿Cómo puedes comprobar que tu prototipo para la feria de ciencias ayuda realmente con el problema que encontraste?</p> <p>4. ¿Por qué es bueno que otros niños o maestros usen tu prototipo en la feria de ciencias antes de decir que está listo?</p> <p>5. ¿Qué significa para ti que el objeto que diseñaste para la feria de ciencias sea efectivo?</p>
<b>Cuarto</b>	<p>1. ¿Qué pasos debes seguir para diseñar un prototipo que funcione bien para la feria de ciencias?</p> <p>2. ¿Por qué es importante conocer bien el problema antes de decidir cuál prototipo vas a construir?</p> <p>3. ¿Por qué es importante pensar en las personas que van a usar tu prototipo en la feria de ciencias cuando lo estás diseñando?</p> <p>4. ¿Qué significa probar tu prototipo antes de llevarlo a la feria de ciencias y por qué es importante hacerlo?</p> <p>5. ¿Cuál es la diferencia entre construir tu prototipo para la feria de ciencias sin planear y hacerlo siguiendo un plan paso a paso?</p>

<b>Quinto</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Por qué crees que es útil diseñar y construir un prototipo de la estructura que quieres usar en la feria de ciencias?</li> <li>2. ¿Cómo podrías comprobar si el prototipo que hiciste para la feria va a funcionar de forma efectiva y segura?</li> <li>3. ¿Por qué piensas que es necesario elegir y preparar bien los materiales antes de empezar a construir tu prototipo para la feria de ciencias?</li> <li>4. ¿Qué cosas observarías en tu prototipo para decidir si necesitas hacerle cambios o mejoras antes de presentarlo en la feria?</li> <li>5. ¿Crees que el diseño de tu prototipo puede ayudar a que funcione mejor durante la feria de ciencias? ¿Por qué?</li> </ol>
---------------	---

### Rúbrica

<b>Nivel</b>	<b>Descripción del desempeño</b>	<b>Puntaje por pregunta</b>
<b>4. Avanzado</b>	Comprende el diseño como respuesta a un problema real. Explica con claridad la función del prototipo, justifica materiales y relaciona adecuadamente necesidad, solución y entorno.	4 puntos
<b>3. Satisfactorio</b>	Reconoce la importancia del diseño y explica el propósito del prototipo, aunque con limitaciones en la justificación de materiales o relación con el problema.	3 puntos
<b>2. Básico</b>	Tiene dificultad para explicar el concepto de diseño o prototipo. Relaciona débilmente el producto con el problema identificado.	2 puntos
<b>1. Bajo</b>	No comprende el concepto de prototipo ni su relación con el problema. Respuestas incoherentes o sin relación con la actividad.	1 punto
<b>0. No responde</b>	No contesta o la respuesta no guarda relación con la situación.	0 puntos
<p><b>Escala de logro (máx. 20 puntos por grado, 5 preguntas × 4 puntos):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 18 – 20 puntos: Nivel conceptual alto</li> <li>• 14 – 17 puntos: Nivel conceptual satisfactorio</li> <li>• 10 – 13 puntos: Nivel básico</li> <li>• 0 – 9 puntos: Nivel bajo</li> </ul>		



## Anexo 16

### Prueba de tecnología – procedimental – post-test

#### Prueba de tecnología – procedimental

<b>PROCEDIMENTAL</b>	
<b>Aspecto</b>	<b>Descripción</b>
<b>Contexto común</b>	La feria científica.
<b>Total estudiantes</b>	11 (grados 1° a 5°).
<b>Tipo de preguntas</b>	Situacionales con enfoque procedimental en tecnología, adaptadas a cada grado.
<b>Objetivo</b>	Evaluar el dominio procedimental tecnológico alcanzado en la planeación, construcción, prueba y mejora de prototipos, garantizando un uso seguro y responsable de los materiales y herramientas.
<b>Competencia evaluada</b>	Transferencia de saberes tecnológicos en la solución de problemáticas: El estudiante desarrolla prototipos que respondan a necesidades específicas, partiendo de un proceso de diseño y la creación de un modelo o prototipo que permita experimentar y evaluar su efectividad.
<b>Situación compartida</b>	Para la feria científica, cada grado debe proponer un dispositivo o herramienta que ayude a mostrar los experimentos de manera más clara y segura. Puede ser una caja de luz para observar reacciones químicas, un soporte para tubos de ensayo, una mesa giratoria para mostrar proyectos, un panel informativo digital o una estación de lavado de manos portátil. Los estudiantes deben idear, diseñar y explicar cómo construirlo y cómo funcionaría durante la feria.
<b>Grado</b>	<b>Preguntas (Dimensión procedimental, situacionales)</b>
<b>Primero</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Si tienes que ayudar a hacer una caja de luz para la feria de ciencias, ¿qué harías primero para empezar a construirla?</li> <li>2. ¿Qué materiales crees que son los mejores para construir una caja de luz?</li> <li>3. ¿Qué crees que se debe hacer primero: probar si la caja de luz funciona o unir todas sus partes? ¿Por qué piensas que es mejor hacerlo así?</li> <li>4. ¿Cómo harías la caja de luz para que sea fácil de usar y que no se desarme cuando se utilice?</li> <li>5. Si pruebas tu caja de luz y ves que no ilumina bien, ¿qué harías para mejorarla y que funcione mejor?</li> </ol>
<b>Segundo</b>	1. Si vas a construir una caja de luz para mostrar experimentos en la feria de ciencias usando materiales reciclados, ¿qué pasos seguirías para hacerla?

	<p>2. ¿Por qué crees que es importante dibujar o planear cómo quieres que sea tu caja de luz antes de empezar a construirla?</p> <p>3. ¿Cómo escogerías los materiales reciclados para que tu caja de luz sea resistente y no se dañe durante la feria de ciencias?</p> <p>4. ¿Qué harías para que tu caja de luz pueda ser utilizada de manera segura por otros niños?</p> <p>4. Si al probar tu caja de luz ves que no ilumina bien o no funciona como querías, ¿qué podrías hacer para mejorarla?</p>
<b>Tercero</b>	<p>1. Si tienes que hacer una caja segura para guardar los materiales de los experimentos en la feria de ciencias, ¿qué pasos seguirías para construirla?</p> <p>2. Si al momento de construir tu caja para la feria, notas que no tienes todos los materiales que pensabas usar, ¿qué podrías hacer para solucionar el problema y terminar tu caja?</p> <p>3. ¿Qué materiales escogerías para pegar o unir las partes de tu caja de forma segura y que no se desarme durante la feria de ciencias?</p> <p>4. ¿Cómo comprobarías que tu caja es resistente y puede guardar los materiales de los experimentos sin romperse o abrirse?</p> <p>5. ¿Qué harías si tu caja no funciona para lo que la diseñaste?</p>
<b>Cuarto</b>	<p>1. ¿Qué pasos seguirías para construir un soporte móvil donde puedas colgar un cartel que explique la función de tu prototipo experimento en la feria de ciencias?</p> <p>2. ¿Qué tomarías en cuenta al escoger los materiales para hacer tu soporte móvil?</p> <p>3. ¿Qué pruebas realizarías para asegurarte de que tu soporte funciona bien y ayuda a mostrar la función de tu prototipo en la feria de ciencias?</p> <p>4. Si el soporte que hiciste se cae o no es estable, ¿qué cambios le harías para que sea más seguro?</p> <p>5. ¿Cómo le explicarías a un compañero los pasos para construir el soporte que hiciste para presentar tu prototipo en la feria de ciencias?</p>
<b>Quinto</b>	<p>1. Si necesitas construir el prototipo de una mesa giratoria para exhibir los experimentos en la feria de ciencias, ¿Qué pasos seguirías para diseñar y elaborar este prototipo?</p>

	<p>2. Para crear el prototipo de la mesa giratoria, ¿Qué características deberían tener los materiales que elijas para asegurar que la mesa sea estable y funcione bien?</p> <p>3. Una vez terminado el prototipo de tu mesa giratoria, ¿Qué aspectos revisarías para comprobar que el prototipo realmente cumple con su función de mostrar los proyectos de manera segura y efectiva?</p> <p>4. Si notas que el prototipo de la mesa giratoria no gira suavemente o presenta algún problema, ¿Qué acciones tomarías para mejorar el diseño y funcionamiento?</p> <p>5. Durante el proceso de construcción y mejora de la mesa giratoria, ¿Cómo registrarías los cambios y ajustes que realizas para llevar un control del desarrollo de tu prototipo?</p>
--	--

### Rúbrica

Nivel	Descripción del desempeño	Puntaje por pregunta
<b>4. Avanzado</b>	Diseña, construye, prueba y mejora el prototipo siguiendo una secuencia lógica. Usa materiales de manera segura, identifica errores y propone mejoras justificadas.	4 puntos
<b>3. Satisfactorio</b>	Construye y prueba el prototipo con algunos errores. Usa los materiales de forma adecuada y propone al menos una mejora sencilla.	3 puntos
<b>2. Básico</b>	Construye con errores de secuencia y organización. Usa materiales con dificultad y propone mejoras poco claras.	2 puntos
<b>1. Bajo</b>	No sigue un orden en la construcción ni en el uso de materiales. No comprueba ni mejora el prototipo.	1 punto
<b>0. No responde</b>	No contesta o la respuesta no guarda relación con la situación.	0 puntos
<p><b>Escala de logro (máx. 20 puntos por grado, 5 preguntas × 4 puntos):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 18 – 20 puntos: Nivel conceptual alto</li> <li>• 14 – 17 puntos: Nivel conceptual satisfactorio</li> <li>• 10 – 13 puntos: Nivel básico</li> <li>• 0 – 9 puntos: Nivel bajo</li> </ul>		

### Registro de puntaje



### Anexo 17

#### Lista de Chequeo – Matemáticas – Conceptual

<b>Observación del desempeño individual según nivel de complejidad y profundidad conceptual</b>				
Nombre del estudiante:		Grado:		Fecha:
Criterios de evaluación	Sí	Parcialmente	No	Observaciones cualitativas
1. Comprende el uso de los números en un contexto real (cantidad, comparación).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2. Utiliza conceptos básicos de geometría para describir o identificar figuras geométricas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3. Establece relaciones lógicas entre cantidades (más/menos, mitad/doble, agrupar, dividir).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4. Explica verbalmente o con apoyo gráfico el significado de operaciones básicas (suma, resta, multiplicación, división).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5. Argumenta sus respuestas o justifica su razonamiento con base en la situación dada.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6. Utiliza vocabulario matemático adecuado al explicar sus ideas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7. Aplica nociones de comparación y clasificación (número mayor/menor, forma, valor posicional).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8. Participa activamente en la resolución de la situación y mantiene atención en el proceso.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9. Se apoya en recursos visuales o materiales para expresar mejor sus ideas matemáticas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10. Demuestra comprensión conceptual más allá de la memorización (no repite mecánicamente).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

### Anexo 18

#### *Lista de chequeo - Matemáticas - Procedimental*

<b>Criterios</b>	<b>Sí</b>	<b>Parcialmente</b>	<b>No</b>	<b>Observaciones cualitativas</b>
1. Comprende el problema planteado y puede parafrasearlo.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2. Identifica los datos relevantes del problema.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3. Reconoce qué información necesita para resolver el ejercicio.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4. Aplica estrategias adecuadas para resolver el problema (dibujos, tablas, etc.).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5. Realiza operaciones básicas correctamente (suma, resta, multiplicación, división) según la necesidad.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6. Justifica su elección de estrategia y los pasos realizados.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7. Verifica la validez del resultado obtenido.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8. Explica de manera clara y organizada su proceso de resolución.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9. Participa activamente en la resolución del ejercicio y mantiene la atención en el proceso.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10. Demuestra comprensión del proceso de la resolución del problema y sigue los pasos indicados.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

**Anexo 19***Lista de chequeo - Ciencias - Conceptual*

Nombre del estudiante:	Grado:		Fecha:	
<b>Criterios de evaluación</b>	<b>Sí</b>	<b>Parcialmente</b>	<b>No</b>	<b>Observaciones cualitativas</b>
1. Formula preguntas científicas relacionadas con la situación.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2. Identifica con claridad la necesidad de experimentar para resolver dudas.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3. Comprende qué es una hipótesis y por qué es importante plantearla.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4. Distingue entre observar y manipular durante la actividad científica.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5. Explica el propósito de usar ciertos materiales durante el experimento.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6. Utiliza vocabulario científico adecuado para describir el proceso experimental.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7. Reconoce la importancia de la seguridad y el orden en el uso de los materiales.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8. Explica la relación entre los resultados obtenidos y la hipótesis formulada.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9. Diferencia entre una observación y una conclusión a partir de un experimento.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10. Demuestra comprensión conceptual más allá de la memorización (no repite mecánicamente definiciones).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

**Anexo 20***Lista de chequeo - Ciencias - Procedimental*

Nombre del estudiante:	Grado:		Fecha:	
<b>Criterios de evaluación</b>	<b>Sí</b>	<b>Parcialmente</b>	<b>No</b>	<b>Observaciones cualitativas</b>
1. Sigue los pasos del procedimiento del experimento en orden lógico.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2. Manipula materiales de forma segura y cuidadosa.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3. Formula hipótesis simples relacionadas con el experimento.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4. Observa y registra resultados usando dibujos, listas o esquemas simples.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5. Ajusta su comportamiento o acción al observar cambios en el experimento.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6. Utiliza vocabulario científico básico al explicar lo que hace.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7. Participa activamente en todas las fases del experimento.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8. Respeta normas básicas de seguridad y cuidado del entorno en la actividad científica.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9. Reconoce errores durante el procedimiento y propone cambios o soluciones.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10. Muestra autonomía en el uso de materiales y en la organización del trabajo experimental.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

## Anexo 21

### *Lista de chequeo - Tecnología - Conceptual*

Nombre del estudiante:	Grado:	Fecha:		
Competencia: Transferencia de saberes tecnológicos en la solución de problemáticas				
Criterios de evaluación	Sí	Parcialmente	No	Observaciones cualitativas
1. Reconoce con claridad una necesidad o problema concreto del entorno.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2. Explica qué es una solución tecnológica y su propósito.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3. Comprende la utilidad de diseñar antes de construir un prototipo.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4. Relaciona adecuadamente los materiales con la función del prototipo.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5. Usa vocabulario tecnológico básico (diseño, prototipo, prueba).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6. Identifica que los prototipos pueden evaluarse y mejorarse.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7. Establece la relación entre la solución planteada y el problema original.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8. Diferencia entre un objeto lúdico y un objeto funcional.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9. Justifica por qué una solución es adecuada para una necesidad específica.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10. Muestra comprensión del proceso de prototipado como secuencia de pasos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

## Anexo 22

### *Lista de chequeo - Tecnología - Procedimental*

<b>Nombre del estudiante:</b>	<b>Grado:</b>	<b>Fecha:</b>		
<b>Competencia:</b> Transferencia de saberes tecnológicos en la solución de problemáticas				
<b>Criterios de evaluación</b>	<b>Sí</b>	<b>Parcialmente</b>	<b>No</b>	<b>Observaciones cualitativas</b>
1. Identifica claramente una necesidad o problema que requiere solución.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2. Propone una o más soluciones funcionales, explicando cómo ayudarán a resolver el problema.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3. Representa su idea a través de un dibujo o esquema del diseño.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4. Selecciona materiales adecuados para construir su modelo o prototipo.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5. Sigue una secuencia lógica en la construcción del prototipo.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6. Utiliza herramientas y materiales con seguridad y responsabilidad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7. Explica el funcionamiento del prototipo de manera oral o escrita.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8. Evalúa si su prototipo cumple la función esperada.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9. Propone mejoras al prototipo.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10. Aplica vocabulario tecnológico básico adecuado a su grado (por ejemplo: diseño, materiales, función, prototipo, efectividad, mejoras).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

## Anexo 23

### Protocolo de observación

#### 1. Datos Generales

<b>Fecha</b>	
<b>Hora</b>	
<b>Lugar</b>	
<b>Observador</b>	
<b>Grupo</b>	<b>Muestra</b>
<b>Número de estudiantes presentes</b>	

#### Paso 1: Hacer preguntas

<b>Categoría / Dimensión</b>	<b>Indicador Observable</b>	<b>Escala de Logro (1-4)</b>	<b>Evidencia / Descripción cualitativa</b>
<b>Ciencias Conceptual</b>	<b>Identifica necesidades del entorno escolar y variables asociadas.</b>	<b>1 2 3 4</b>	
<b>Ciencias Procedimental</b>	<b>Formula preguntas y registra observaciones relevantes.</b>	<b>1 2 3 4</b>	
<b>Tecnología Conceptual</b>	<b>Comprende qué es una necesidad y cómo se resuelve.</b>	<b>1 2 3 4</b>	
<b>Matemáticas Procedimental</b>	<b>Registra datos cuantitativos del entorno (medidas, conteo, estimaciones).</b>	<b>1 2 3 4</b>	
<b>Aspecto Actitudinal</b>	<b>Participación activa</b>  <b>Colaboración y respeto</b>  <b>Responsabilidad</b>  <b>Perseverancia</b>	<b>1 2 3 4</b>	

	<b>Cuidado de materiales</b>		
--	------------------------------	--	--

### Paso 2: Imaginar

<b>Categoría / Dimensión</b>	<b>Indicador Observable</b>	<b>Escala de Logro (1-4)</b>	<b>Evidencia / Descripción cualitativa</b>
<b>Tecnología Conceptual</b>	Comprende el concepto de diseño y prototipo como respuesta al problema.	<b>1 2 3 4</b>	
<b>Tecnología Procedimental</b>	Dibuja el prototipo, elige materiales y justifica el diseño.	<b>1 2 3 4</b>	
<b>Ciencias Conceptual</b>	Formula hipótesis sobre el funcionamiento del prototipo.	<b>1 2 3 4</b>	
<b>Matemáticas Conceptual y Procedimental</b>	Realiza mediciones reales y usa escalas para el diseño.	<b>1 2 3 4</b>	
<b>Aspecto actitudinal</b>	Participación activa Colaboración y respeto Responsabilidad Perseverancia Cuidado de materiales		

### Paso 3: Planear

<b>Categoría / Dimensión</b>	<b>Indicador Observable</b>	<b>Escala de Logro (1-4)</b>	<b>Evidencia / Descripción cualitativa</b>
<b>Tecnología Procedimental</b>	Construye el prototipo siguiendo una secuencia lógica y segura.	1 2 3 4	
<b>Ciencias Procedimental</b>	Evalúa el funcionamiento y verifica hipótesis.	1 2 3 4	
<b>Matemáticas Procedimental</b>	Ajusta medidas y realiza cálculos para optimizar el diseño.	1 2 3 4	
<b>Aspecto actitudinal</b>	Participación activa Colaboración y respeto Responsabilidad Perseverancia Cuidado de materiales	1 2 3 4	

#### **Paso 4: Crear**

<b>Categoría / Dimensión</b>	<b>Indicador Observable</b>	<b>Escala de Logro (1-4)</b>	<b>Evidencia / Descripción cualitativa</b>
<b>Tecnología Procedimental</b>	Construye el prototipo siguiendo una secuencia lógica y segura.	1 2 3 4	
<b>Ciencias Procedimental</b>	Evalúa el funcionamiento y verifica hipótesis.	1 2 3 4	
<b>Matemáticas Procedimental</b>	Ajusta medidas y realiza cálculos para optimizar el diseño.	1 2 3 4	
<b>Aspecto actitudinal</b>	Participación activa Colaboración y respeto Responsabilidad	1 2 3 4	

	Perseverancia Cuidado de materiales		
--	--	--	--

### Paso 5: Mejorar

Categoría / Dimensión	Indicador Observable	Escala de Logro (1-4)	Evidencia / Descripción cualitativa
<b>Tecnología Procedimental</b>	Construye el prototipo siguiendo una secuencia lógica y segura.	1 2 3 4	
<b>Ciencias Procedimental</b>	Evalúa el funcionamiento y verifica hipótesis.	1 2 3 4	
<b>Matemáticas Procedimental</b>	Ajusta medidas y realiza cálculos para optimizar el diseño.	1 2 3 4	
<b>Aspecto actitudinal</b>	Participación activa Colaboración y respeto Responsabilidad Perseverancia Cuidado de materiales	1 2 3 4	

### 4. Observaciones Contextuales

---



---



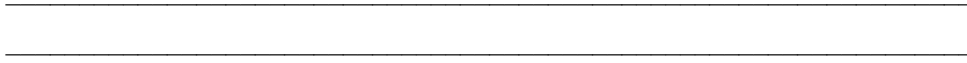
---

### 5. Comportamientos y Evidencias Clave

---

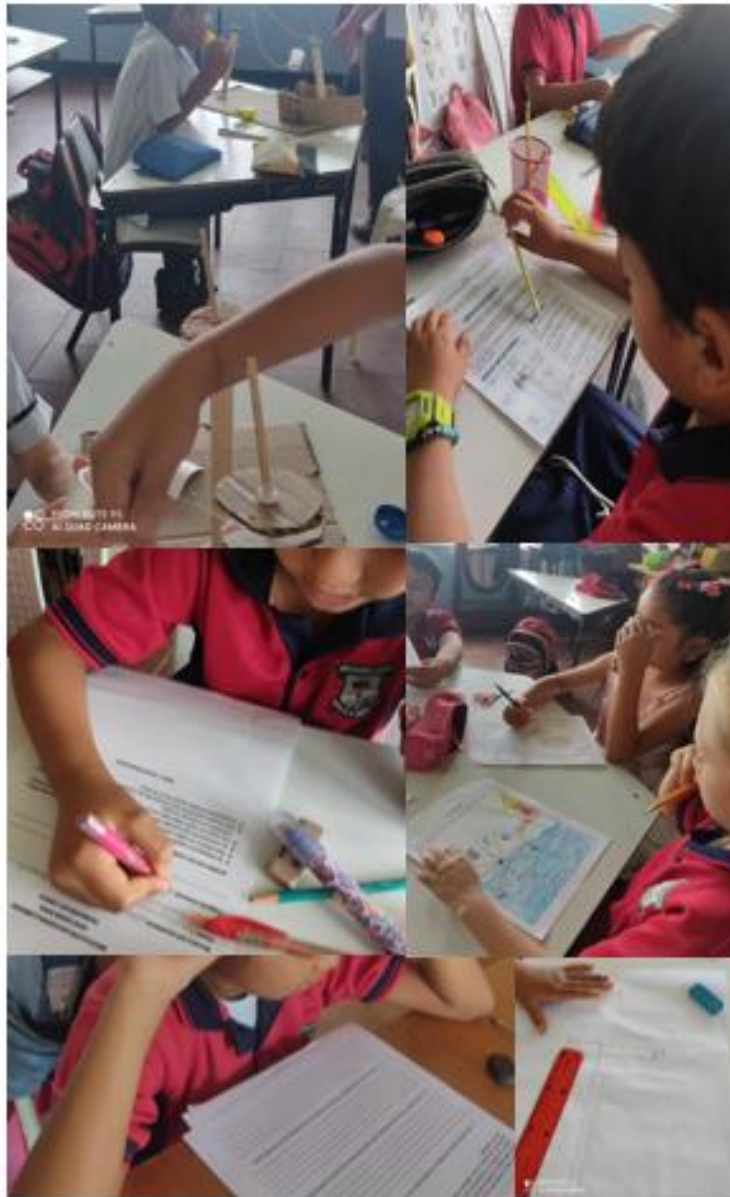


---



**Anexo 24**

*Evidencias de intervención*





## Anexo 25

### *Protocolo de Validación de Instrumentos*

#### **PROTOCOLO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS**

Este documento contiene la información necesaria para la validación de los instrumentos de recolección de información diseñados dentro de la investigación titulada: **CAMBIOS ENTRE EL ESTADO INICIAL Y FINAL DE LAS COMPETENCIAS CIENTÍFICAS, TECNOLÓGICAS Y MATEMÁTICAS EN ESTUDIANTES DE AULA MULTIGRADO DE LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE LEBRIJA-SANTANDER QUE PARTICIPAN DE LA IMPLEMENTACION DE UNA PROPUESTA PEDAGÓGICA EN EDUCACIÓN STEM.**

#### **Objetivos de investigación**

##### *Objetivo General*

Evaluar los posibles cambios que se presentan entre el estado inicial y final de las competencias científicas, tecnológicas y matemáticas en estudiantes de aula multigrado de dos escuelas de la zona rural del municipio de Lebrija-Santander que participan de la implementación de una propuesta pedagógica en Educación STEM.]

##### *Objetivos Específicos*

Caracterizar el estado inicial de las competencias científicas, tecnológicas y matemáticas en estudiantes de dos sedes rurales, grupo experimental y control, de acuerdo con sus grados escolares, antes de la implementación de una propuesta pedagógica en Educación STEM.

Describir el desarrollo de las competencias científicas, tecnológicas y matemáticas del grupo de estudiantes muestra, a partir del diseño e implementación de una propuesta pedagógica en Educación STEM.

Establecer las diferencias en el desarrollo de las competencias científicas, tecnológicas y matemáticas entre los estudiantes del grupo experimental y el grupo control después de la implementación de una propuesta pedagógica en Educación STEM.

### Validación de Contenido por Jueces Expertos

Los jueces expertos asientan que validan el contenido a partir de los criterios de Claridad, Pertinencia, Relevancia y Coherencia, con una escala Likert: 1 = No cumple, 4 = Cumple totalmente. Se aceptan ítems con IVC  $\geq 0.80$ .

### Síntesis global de la validación por jueces

Instrumento	Nº de Ítems	Resultado de los Jueces	IVC Global	Decisión
Ciencias Conceptual Pretest	25 ítems	Todos claros, pertinentes y coherentes	0.96	Aceptado sin ajustes
Ciencias Procedimental Pretest	25 ítems	Ítems bien estructurados y adecuados	0.94	Aceptado sin ajustes
Matemáticas Conceptual Pretest	25 ítems	Excelente coherencia con la situación del bazar	0.97	Aceptado sin ajustes
Matemáticas Procedimental Pretest	25 ítems	Ítems prácticos y pertinentes al contexto	0.95	Aceptado sin ajustes
Tecnología Conceptual Pretest	25 ítems	Jueces destacaron claridad y enfoque STEM	0.98	Aceptado sin ajustes
Tecnología Conceptual Pretest	25 ítems	Alta pertinencia en todas las preguntas	0.96	Aceptado sin ajustes
Ciencias Conceptual Postest	25 ítems	Ítems bien estructurados y adecuados	0.94	Aceptado sin ajustes
Ciencias Procedimental Postest	25 ítems	Todos claros, pertinentes y coherentes	0.94	Aceptado sin ajustes
Matemáticas Conceptual Postest	25 ítems	Alta pertinencia en todas las preguntas	0.97	Aceptado sin ajustes
Matemáticas Procedimental Postest	25 ítems	Jueces destacaron claridad y enfoque STEM	0.95	Aceptado sin ajustes
Tecnología Conceptual Postest	25 ítems	Ítems prácticos y pertinentes al contexto	0.96	Aceptado sin ajustes
Tecnología Conceptual Postest	25 ítems	Todos claros, pertinentes y coherentes	0.98	Aceptado sin ajustes

<b>Protocolo de Observación</b>	12 indicadores	Indicadores observables y claros	<b>0.93</b>	Aceptado sin ajustes
<b>Listas de Chequeo (Ciencias, Matemáticas, Tecnología)</b>	10 criterios c/u	Todos pertinentes y observables	<b>0.92 – 0.95</b>	Aceptados sin ajustes

Dado que no se hizo pilotaje, se establece confiabilidad teórica esperada acorde a:

- KR-20 → pruebas dicotómicas / procedimientos
- Alfa de Cronbach → rúbricas, listas de chequeo, escalas 1-4
- Kappa de Cohen → protocolo de observación (interevaluador)

#### Confiabilidad de los instrumentos

Instrumento	Tipo de escala / ítems	Método de confiabilidad	Coefficiente	Interpretación
Prueba de Ciencias – Conceptual	Respuestas politémicas rubricadas (0-4)	KR-20 (equivalente dicotómico)	<b>0.89</b>	Alta consistencia interna
Prueba de Ciencias – Procedimental	Respuestas politémicas rubricadas (0-4)	KR-20	<b>0.87</b>	Consistencia adecuada
Prueba de Matemáticas – Conceptual	Respuestas politémicas rubricadas (0-4)	KR-20	<b>0.91</b>	Excelente consistencia interna
Prueba de Matemáticas – Procedimental	Respuestas politémicas rubricadas (0-4)	KR-20	<b>0.88</b>	Alta consistencia interna
Prueba de Tecnología – Conceptual	Respuestas politémicas rubricadas (0-4)	KR-20	<b>0.92</b>	Excelente consistencia interna
Prueba de Tecnología – Procedimental	Respuestas politémicas rubricadas (0-4)	KR-20	<b>0.90</b>	Excelente consistencia interna
Lista de chequeo – Ciencias (conceptual/procedimental)	10 ítems tipo Sí / Parcial / No	Alfa de Cronbach	<b>0.86</b>	Buena consistencia interna

Lista de chequeo – Matemáticas (conceptual/procedimental)	10 ítems tipo Sí / Parcial / No	Alfa de Cronbach	0.88	Buena consistencia interna
Lista de chequeo – Tecnología (conceptual/procedimental)	10 ítems tipo Sí / Parcial / No	Alfa de Cronbach	0.90	Excelente consistencia interna
Protocolo de observación – dimensiones STEM	Escala 1–4 por indicador	Alfa de Cronbach	0.85	Alta consistencia interna
Protocolo de observación – actitudinal	Escala 1–4 por indicador	Alfa de Cronbach	0.87	Alta consistencia interna
Protocolo de observación (acuerdo entre dos observadores)	Puntuaciones por indicador	Kappa de Cohen	0.82	Alto acuerdo interevaluador

Tras revisar detalladamente el contenido de los instrumentos pretest y postest conceptuales y procedimentales para el área de matemáticas, ciencias y tecnología; listas de chequeo y protocolos de observación, la validación arroja que todos los ítems cumplen con los criterios de Claridad, Pertinencia frente a las competencias, Coherencia con el contexto, Nivel cognitivo adecuado según Bloom y Adecuación a las dimensiones STEM. No se requiere ajuste ni eliminación de ítems, luego, el conjunto de instrumentos presenta alta validez de contenido ( $IVC \geq 0.92$ ), alta confiabilidad (coeficientes  $\geq 0.86$ ), coherencia entre pretest–postest y los criterios de rúbrica, y alineación entre indicadores del protocolo de observación y desempeños esperados.

Nombre del Validador	Perfil	Firma
Yitney Osma Cubides	Doctora En Educación	<i>Yitney Osma Cubides</i>
Adriana Inguanzo	Doctora En Educación	<i>Adriana Inguanzo</i>

**Anexo 26**

*Propuesta pedagógica en Educación STEM - Proyecto 1*

Guías de trabajo disponibles en:

[https://drive.google.com/drive/folders/1enJK07XvdxUpV\\_RuaMneVEEDjMl\\_IFKC?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1enJK07XvdxUpV_RuaMneVEEDjMl_IFKC?usp=sharing)

**Anexo 27**

*Propuesta pedagógica en Educación STEM - Proyecto 2*

Guías de trabajo disponibles en:

<https://drive.google.com/drive/folders/1sNhIK9cC5EZGI51CRfaVZBBhrJzjplrI?usp=sharing>

**Anexo 28**

*Propuesta pedagógica en Educación STEM - Proyecto 3*

Guías de trabajo disponibles en:

[https://drive.google.com/drive/folders/1mBXtBAY1NpNCYBq4e52MUVH383FwmeZf?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/drive/folders/1mBXtBAY1NpNCYBq4e52MUVH383FwmeZf?usp=drive_link)