



**UNIVERSIDAD METROPOLITANA DE EDUCACIÓN,
CIENCIA Y TECNOLOGÍA**
Decreto Ejecutivo 575 del 21 de julio de 2004
Acreditada mediante Resolución N°15 del 31 de octubre de 2012

**FACULTAD DE HUMANIDADES Y CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN**

**El enfoque STEM: Desarrollo de competencias matemáticas y mecánicas
en estudiantes de género femenino de educación básica secundaria**

**Trabajo presentado como requisito para optar al grado de Doctor en Educación
con énfasis en Investigación, Evaluación y Formulacion de Proyectos Educativos**

Ricardo Andrés Giraldo Monsalve

Tutor: Dr. Javier Andrés Vargas Guativa

Panamá, junio, 2021

Dedicatoria

Este trabajo está dedicado a las cuatro mujeres que hacen parte de mi vida. Sin lugar a duda todas han vivido una historia diferente respecto a su posición en la sociedad como mujeres. La primera es mi Adelaida, la cual con 96 años fue víctima directa de la discriminación en contra de la mujer, y aun así asumió un papel establecido por la sociedad de servir a su esposo y sus hijos, pero convencido estoy de que la sociedad se perdió de los aportes de una valiosa mujer castigada por la época en que nació.

A mi madre Beatriz, quien, mediante su ejemplo, sus posiciones críticas y su capacidad de resolver adversidades nos brindó todas las posibilidades de educarnos para servir a una sociedad. Una mujer que a pesar de todos los obstáculos de su época logró un desarrollo integral, ejemplo de vida y referente para la mía. Mil gracias.

A mi compañera de vida, Elda, quien siempre me acompaña y de la cual me siento muy orgulloso. Por sus visiones, por su carácter, por su apoyo y lo más bonito, por todo su amor.

A mi niña Paulina, la inspiración para hacer todo lo que hago.

Agradecimiento

De parte mía reconozco toda la formación brindada por la Universidad UMECIT, a mis docentes, administrativos y todas las personas que aportaron para mi formación doctoral. En especial a mi maestra la Dra. Jacqueline Hurtado y a mi tutor el Dr. Javier Vargas. Mil gracias y que todos sus aportes se devuelvan en bendiciones.

El enfoque STEM: Desarrollo de competencias matemáticas y mecánicas
en estudiantes de género femenino de educación básica secundaria

Ricardo Andrés Giraldo Monsalve

Trabajo presentado como requisito para optar al grado de Doctor
en Ciencias de la Educación

Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación
Medellín, Colombia 2021

Resumen

El objetivo de esta investigación fue evaluar los resultados de la aplicación de un programa basado en el enfoque STEM, para mejorar las competencias en matemáticas y ciencias naturales. La población fue de 249 estudiantes de género femenino, entre los 12 y 15 años, de 8° y 9° grados de educación básica secundaria de la Institución Educativa Lorenza Villegas, en Medellín, Colombia. Se aplicó un diseño cuasi-experimental, pretest-postest de grupo control. La muestra incluyó 72 estudiantes distribuidas entre el grupo experimental y el grupo control. Para medir las competencias matemáticas se utilizó un cuestionario, con validez por juicio de expertos de 0,933, validez estructural de 0,809, y confiabilidad de 0,875. Para las competencias mecánicas se utilizó un cuestionario con validez por juicio de expertos de 0.8125, validez estructural de 0.780, y confiabilidad de 0,826. Se realizó un pretest para estimar las competencias de las estudiantes durante los tres años anteriores a la aplicación del programa, y se observó que los grupos control y experimental eran equivalentes, y que sus competencias en matemáticas y ciencias naturales eran entre aceptables y bajas. También se evidenció que no existían diferencias significativas en ninguno de los dos grupos entre los puntajes de matemáticas y de ciencias naturales. Se realizó el seguimiento de la aplicación del programa y, posteriormente, el postest para ambos grupos. Se encontró que las estudiantes del grupo experimental presentaron cambios significativos favorables en ambas asignaturas, con respecto las estudiantes del grupo control después de la aplicación de programa, y la mejoría fue mayor en las competencias matemáticas, y en las niñas que tenían mayor tiempo en el programa. Se concluyó que el programa fue efectivo para desarrollar competencias en ambas áreas, y que el tiempo de permanencia en este debe ser mínimo de 10 meses.

Palabras clave: Competencias en matemáticas. Competencias en ciencias. Enfoque STEM. Calidad en la educación. Discriminación de género. Enseñanza de las ciencias naturales y exactas. Robótica educativa.

The STEM Approach: Developing Mathematical and Mechanical skills
in female students of basic secondary education

Ricardo Andrés Giraldo Monsalve

Research presented as a requirement to qualify for the degree of Doctor
in Education Sciences

Faculty of Humanities and Education Sciences
Medellín, Colombia 2021

Abstract

The main purpose of this research was to evaluate the results of a program application based on the STEM approach, in order to improve mathematics and natural sciences skills. The population was 249 female 8th and 9th grader students, between 12 and 15 years old, at the Lorenza Villegas school, in Medellín, Colombia. A quasi-experimental design, pretest-posttest of control group was applied. The sample included 72 students distributed between the experimental group and the control group. To measure mathematical abilities, a questionnaire was used, with validity by expert judgment of 0.933, structural validity of 0.809, and reliability of 0.875. For mechanical skills, a questionnaire valid for Expert judgment of 0.8125, structural validity of 0.780, and reliability of 0.826. A pre-test was carried out to know the students' skills during the three years before the program implementation, which showed that both control and experimental groups were equivalent, and that their competencies in mathematics and natural sciences were between basic and low scores. Likewise, it was evidenced that there were no significant differences in either of the two groups in relation to the scores in mathematics and natural sciences. In addition, the application of the program was monitored and, subsequently, the post-test for both groups. It was found that the students of the experimental group presented significant favorable changes in both subjects, with respect to the students of the control group after the application of the program, also the improvement was greater in maths competences on learners with the longest time in the program. In conclusion, the program was effective in developing competencies in both areas, and that the time spent in it must be at least ten months.

Keywords: Mathematics skills. Science skills. STEM approach. Quality in education. Gender discrimination. Teaching of the natural and exact sciences. Educational robotics.

Índice general

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Resumen	iv
Abstract.....	v
Índice general	vi
Lista de tablas	viii
Lista de figuras	xii
Lista de anexos	xvi
Introducción.....	xvii
 CAPITULO I. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA..... 1	
1.1. Descripción de la problemática	2
1.2. Formulación de la pregunta de investigación	36
1.3. Hipótesis	36
1.3.1. Hipótesis general	37
1.3.2. Hipótesis específicas	37
1.4. Objetivos de la investigación.....	37
1.4.1. Objetivo general	37
1.4.2. Objetivos específicos.....	38
1.5. Justificación e impacto	39
 CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN..... 46	
2.1. Bases teóricas, investigativas, conceptuales y legales..... 47	
2.1.1. Bases teóricas	47
2.1.1.1 La educación en Colombia.....	59
2.1.1.2. Enseñanza de las ciencias como generación de pensamiento científico	64
2.1.1.3. La ciencia como área de saber	68
2.1.1.4. Enseñanza de las ciencias naturales y exactas en educación secundaria	69
2.1.1.5. Las matemáticas en la educación	72
2.1.1.6. Relación de las matemáticas con otras áreas del conocimiento	76
2.1.1.7. La problemática en la enseñanza de las ciencias exactas y naturales	78
2.1.2. Bases investigativas.....	80
2.1.2.1. Antecedentes históricos	80
2.1.2.2. Antecedentes Investigativos.....	96
2.1.3. Bases conceptuales	126
2.2. Definición conceptual y operacional de las variables..... 137	
2.2.1. Proceso generador: Didáctica basada en el enfoque STEM	138
2.2.2 Evento a modificar 1: Competencias matemáticas.....	138
2.2.3. Evento a modificar 2: Competencias mecánicas	140
2.3. Operacionalización de las variables.....	142
 CAPITULO III. ASPECTOS METODOLÓGICOS DE LA INVESTIGACIÓN..... 144	
3.1. Enfoque y método de investigación..... 145	
3.1.1. Enfoque de la investigación	145

3.1.2. Método de la investigación.....	147
3.2. Tipo de investigación.....	149
3.3. Diseño de la investigación	150
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	151
3.5 Población y muestra.....	153
3.5.1. Población.....	155
3.5.2. Muestra.....	155
3.6. Procedimiento de la investigación.....	156
3.7. Validez y confiabilidad de los instrumentos.....	157
3.7.1. Validez de los instrumentos	157
3.7.2. Confiabilidad de los instrumentos	164
3.8 Consideraciones éticas.....	168
3.8.1. Criterios de confidencialidad.....	168
3.8.2. Descripción de la obtención del consentimiento informado	169
3.8.3. Riesgos y beneficios conocidos y potenciales.....	169
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS	172
4.1. Técnicas de análisis de datos	173
4.2 Procesamiento de los datos.....	176
4.2.1. Descripción del desempeño académico en las áreas de matemáticas y ciencias naturales para toda la muestra antes de la intervención	176
4.2.2. Comparación del rendimiento de los grupos control y experimental en matemáticas y ciencias naturales, antes de la intervención.....	190
4.2.3. Determinación de los cambios que se generan durante la implementación de la estrategia en las niñas del grupo experimental	193
4.2.4. Descripción del rendimiento en matemáticas y ciencias naturales en 8° y 9° grado, después de la aplicación del programa	223
4.2.5. Contrastación del rendimiento académico en matemáticas y ciencias naturales del grupo control, antes y después de la propuesta	230
4.2.6. Determinación de los cambios en el rendimiento académico en Matemáticas y Ciencias Naturales del grupo experimental, antes y después de la propuesta	238
4.2.7. Evaluación las competencias matemáticas y mecánicas tanto del grupo control como del experimental después de la aplicación de la propuesta	246
4.3. Discusión de resultados	271
CAPÍTULO V. CONSTRUCCIÓN TEÓRICA.....	287
5.1. Construcción teórica	288
5.2. Conclusiones.....	290
5.3. Recomendaciones	294
Bibliografía.....	296
ANEXOS	320

Lista de tablas

Tabla 1. Operacionalización del evento competencias matemáticas	142
Tabla 2. Operacionalización del evento competencias mecánicas.....	143
Tabla 4. Criterios de interpretación de los puntajes de las pruebas de competencias matemáticas y mecánicas.....	151
Tabla 5. Criterios de interpretación del SIEE para los puntajes del pretest en matemáticas y ciencias naturales.....	153
Tabla 6. Niveles del SISBEN, discriminados por grado en la institución educativa.....	154
Tabla 7. Población y muestra discriminada por grado	156
Tabla 8. Correlaciones sinergia-total para la validez estructural del Cuestionario de competencias matemáticas	159
Tabla 9. Tabla de especificaciones del evento competencias matemáticas	160
Tabla 10. Correlaciones sinergia total para la validez estructural del cuestionario de competencias mecánicas	162
Tabla 11. Tabla de especificaciones del evento competencias mecánicas	163
Tabla 12. Confiabilidad total del cuestionario competencias matemáticas	164
Tabla 13. Confiabilidad de la sinergia Uniestructural de Competencias matemáticas	165
Tabla 14. Confiabilidad de la sinergia Multiestructural de Competencias matemáticas	165
Tabla 15. Confiabilidad de la sinergia Relacional de Competencias matemáticas	165
Tabla 16. Confiabilidad total del cuestionario competencias mecánicas	166
Tabla 17. Confiabilidad de la sinergia Uniestructural de Competencias mecánicas	166

Tabla 18. Confiabilidad de la sinergia Multiestructural de competencias mecánicas	167
Tabla 19. Confiabilidad de la sinergia Relacional de competencias mecánicas.....	167
Tabla 20. Mediana del rendimiento de la muestra en ciencias naturales y matemáticas por año.....	177
Tabla 21. Prueba de Friedman, rango promedio en ciencias naturales de toda la muestra por año.....	179
Tabla 22. Estadísticos de la prueba de Friedman de toda la muestra en ciencias naturales	179
Tabla 23. Prueba de Friedman, rango promedio en matemáticas de toda la muestra por año.....	181
Tabla 24. Estadísticos de la prueba de Friedman de toda la muestra en matemáticas	182
Tabla 25. Evolución del rendimiento de la muestra en las dos áreas del conocimiento 2016-2018.....	184
Tabla 26. T de Wilcoxon: rangos del rendimiento en matemáticas y ciencias naturales por año	186
Tabla 27. T de Wilcoxon: comparación del rendimiento en matemáticas y ciencias naturales por año de toda la muestra	186
Tabla 28. Porcentaje de estudiantes en cada categoría de rendimiento en ciencias naturales y matemáticas durante los tres años	188
Tabla 29. Medianas del grupo control y del grupo experimental en el pretest de ciencias naturales y matemáticas	190
Tabla 30. U de Mann Whitney: rangos del pretest de rendimiento en matemáticas y ciencias naturales para los grupos control y experimental	191
Tabla 31. U de Mann Whitney: Comparación de los grupos control y experimental en el pretest de rendimiento en las dos áreas.....	192
Tabla 32. Tabla de ayuda para encontrar la relación entre el perímetro y N° de vueltas	216

Tabla 33. Medianas de rendimiento en el postest de ciencias naturales y matemáticas de grado 9°	223
Figura 36. Medianas de rendimiento en el postest de ciencias naturales y matemáticas de grado 9°	224
Tabla 34. Porcentaje de estudiantes por categoría de desempeño en el postest de matemática y ciencias naturales, para grado 9°	226
Tabla 35. Medianas de rendimiento en el postest de ciencias naturales y matemáticas de grado 8°	228
Tabla 36. Porcentaje estudiantes de 8° grado en cada categoría de desempeño en matemática y ciencias naturales.....	229
Tabla 37. Medianas del pretest y el postest del grupo control de 9° grado en matemáticas y ciencias naturales.....	231
Tabla 38. Prueba de Friedman: Comparación antes y después del grupo control de grado 9° en ciencias naturales y matemáticas.....	234
Tabla 39. Medianas del pretest y el postest del grupo control de 8° grado, en ciencias naturales y matemáticas.....	235
Tabla 40. Prueba T de Wilcoxon antes y después del grupo control del grado 8 en ambas áreas.....	237
Tabla 41. Medianas del pretest y el postest del grupo experimental de 9° grado en matemáticas y ciencias naturales	239
Tabla 42. Prueba de Friedman: Comparación antes y después del grupo experimental de grado 9° en ambas áreas	242
Tabla 43. Medianas del pretest y el postest del grupo experimental grado 8°, en ciencias naturales y matemáticas	243
Tabla 44. Prueba T de Wilcoxon antes y después del grupo control de 8° grado para ambas áreas	245
Tabla 45. Medianas del grupo control en competencias matemáticas y competencias mecánicas	247
Tabla 46. Frecuencia y porcentaje de casos del grupo control en cada categoría de competencias matemáticas y competencias mecánicas	248

Tabla 47. Medianas del grupo control en las sinergias de las competencias matemáticas y las competencias mecánicas	250
Tabla 48. Medianas del grupo experimental en los puntajes de competencias matemáticas y competencias mecánicas	253
Tabla 49. Frecuencia y porcentaje de casos del grupo experimental en cada categoría de competencias matemáticas y competencias mecánicas	254
Tabla 50. Prueba U Mann Whitney: Comparación del grupo experimental y el grupo control en ambos tipos de competencias después de la intervención.....	258
Tabla 51. Prueba U Mann Whitney: Comparación entre el grupo control y el experimental de las sinergias de competencias matemáticas y mecánicas	260

Lista de figuras

Figura 1.	Desempeño en lectura en las pruebas PISA	13
Figura 2	Desempeño en matemáticas en las pruebas PISA	14
Figura 3	Desempeño en ciencias naturales en las pruebas PISA.....	14
Figura 4.	Tasa de alfabetización por género	22
Figura 5.	Tasa bruta de matrícula de niñas desde primaria a educación superior en 2014, promedios mundial y regional	23
Figura 6.	Tasa de matrícula de alumnas, por nivel de educación, promedio mundial.	24
Figura 7.	Porcentaje de mujeres investigadoras en las ciencias naturales, ingeniería y tecnología, medicina y ciencias de la salud, ciencias agrícolas, ciencias sociales y humanidades.....	25
Figura 8.	Causas asociadas a la baja participación del género femenino en carreras asociadas a disciplinas STEM.....	89
Figura 9.	Competencias y habilidades que debe desarrollar el enfoque STEM	132
Figura 10.	Eventos de estudio.....	137
Figura 11.	Niveles de aprendizaje para competencias mecánicas según la taxonomía SOLO.....	140
Figura 12.	Niveles de aprendizaje para competencias mecánicas según la taxonomía SOLO.....	141
Figura 12.	Estudiante en lanzamiento de la Red Mentoras STEM.....	170
Figura 13.	Estudiante semillero robótica en lanzamiento de la Red Mentoras STEM	171
Figura 14.	Rendimiento de toda la muestra en ciencias naturales por año	180
Figura 15.	Rendimiento de toda la muestra en matemáticas por año	183
Figura 16.	Evolución del rendimiento de la muestra completa en Matemáticas y Ciencias naturales.....	185

Figura 17. Comparación del rendimiento en matemáticas y ciencias naturales por año de toda la muestra.....	187
Figura 18. Porcentaje de estudiantes en cada categoría de rendimiento en ciencias naturales y matemáticas durante los tres años	188
Figura 19. Medianas del grupo control y del grupo experimental en el pretest de ciencias naturales y matemáticas	192
Figura 20. Estudiantes reunidas en grupo de trabajo.....	196
Figura 21. Cuaderno de ingeniería.....	199
Figura 22. Inventario kits por parte de cada grupo	200
Figura 23. Estudiantes miden longitudes en el aula	205
Figura 24. Algunos ángulos notables.....	206
Figura 25. Catalogo Kit VEX-IQ.....	208
Figura 26. Mascota VEX-IQ.....	209
Figura 27. Robot Clawbot.....	212
Figura 28. Robot Clawbot.....	212
Figura 29. Base y una primera etapa de una de la estructura diseñada	214
Figura 30. Especificaciones de la llanta	216
Figura 31. Sistema de reacción en cadena	217
Figura 32. Relación sistemas de engranaje con la velocidad y el torque	218
Figura 33. Recorridos propuestos para los equipos de trabajo como reto a cumplir.....	219
Figura 34. Construcción y presentación del robot de cada equipo de trabajo	221
Figura 35. Diagrama de flujo como sugerencia para la implementación de la propuesta.....	222
Figura 36. Medianas de rendimiento en el postest de ciencias naturales y matemáticas de grado 9°	224

Figura 37. Porcentaje de estudiantes por categoría de desempeño en el postest de matemática y ciencias naturales, para grado 9°	226
Figura 38. Medianas de rendimiento en el postest de ciencias naturales y matemática de grado 8°.....	228
Figura 39. Porcentaje de estudiantes de 8° grado en cada categoría de desempeño en matemática y ciencias naturales.....	229
Figura 40. Medianas de rendimiento en el pretest y el postest de matemáticas y ciencias naturales para el grupo control de grado 9°	232
Figura 41. Medianas del pretest y el postest del grupo control de 8° grado, en ciencias naturales y matemáticas.....	236
Figura 42. Medianas del pretest y el postest del grupo experimental de 9° grado en ciencias naturales y matemáticas	240
Figura 43. Medianas del pretest y el postest del grupo experimental para grado 8° en ciencias naturales y matemáticas	244
Figura 44. Medianas del grupo control en competencias matemáticas y competencias mecánicas	247
Figura 45. Porcentaje de casos del grupo control en cada categoría de competencias matemáticas y competencias mecánicas	249
Figura 46. Medianas del grupo control en los puntajes por sinergia de competencias matemáticas y competencias mecánicas	251
Figura 47. Medianas para las competencias matemáticas y mecánicas del grupo experimental.....	253
Figura 48. Porcentaje de casos del grupo experimental en cada categoría de competencias matemáticas y competencias mecánicas	255
Figura 49. Medianas del grupo de experimental en los puntajes por sinergia de competencias matemáticas y competencias mecánicas	256
Figura 50. Comparación de las medianas del grupo experimental con el grupo control en ambos tipos de competencias después de la intervención.....	258
Figura 51. Comparación de las medianas del grupo experimental con el grupo control en ambos tipos de competencias después de la intervención.....	259

Figura 52. Comparación de las medianas de las sinergias del grupo control y el experimental en competencias matemáticas.....	261
Figura 53. Comparación de las medianas de las sinergias del grupo control y el experimental en competencias mecánicas	262
Figura 54. Comparación entre el grupo control y experimental para cada ítem de la sinergia uniestructural de las competencias matemáticas.....	264
Figura 55. Comparación entre el grupo control y experimental para cada ítem de la sinergia multiestructural de las competencias matemáticas	265
Figura 56. Comparación entre el grupo control y experimental para cada ítem de la sinergia relacional de las competencias matemáticas.....	266
Figura 57 Comparación entre el grupo control y experimental para cada ítem de la sinergia uniestructural de las competencias mecánicas	267
Figura 58. Comparación entre el grupo control y el experimental para cada ítem de la sinergia multiestructural de las competencias mecánicas.....	268
Figura 59. Comparación entre el grupo control y experimental para cada ítem de la sinergia relacional de las competencias mecánicas	270
Figura 60. Síntesis metodológica para la implementación de la propuesta STEM basada en la robótica educativa	290

Lista de anexos

Anexo A. Cuestionario competencias mecánicas.....	321
Anexo B. Cuestionario competencias matemáticas	322
Anexo C. Tabla de validación competencias matemáticas sin corrección	323
Anexo D. Tabla de validación competencias matemáticas definitiva	324
Anexo E. Constancia de validación competencia matemáticas	325
Anexo F. Tabla de validación competencias mecánicas.....	328
Anexo G. Constancia de validación competencias mecánicas	329
Anexo H. Correlaciones ítem-total y confiabilidad para la validez estructural del Cuestionario de competencias matemáticas	332
Anexo I. Correlación ítem sinergia uniestructural de competencias matemáticas.....	333
Anexo J. Correlación ítem sinergia multiestructural de competencias matemáticas	334
Anexo K. Correlación ítem sinergia Relacional de competencias matemáticas.....	335
Anexo L. Correlaciones ítem-total y confiabilidad para la validez estructural del Cuestionario de competencias mecánicas	336
Anexo M. Correlación ítem sinergia uniestructural de competencias mecánicas	337
Anexo N. Correlación ítem sinergia multiestructural de competencias mecánicas.....	338
Anexo O. Correlación ítem sinergia relacional de competencias mecánicas	339
Anexo P. Consentimiento informado por acudientes	340

Introducción

La educación es la forma más adecuada para producir cambios que transformen a las personas hasta obtener una excelente calidad de vida. En este sentido, existe legislación, tanto nacional como internacional, que obliga a brindar acceso, cobertura y calidad educativa a todas las personas, sin ninguna clase de discriminación. Para ello, todos los niveles y ciclos educativos deben propiciar espacios en donde la persona se forme de manera integral, y garantizar habilidades, destrezas, capacidades y competencias para ir avanzando progresivamente en una formación que contribuya a una sociedad justa, equitativa y sostenible.

Al reconocer la importancia en la formación de los ciclos educativos, se consideró pertinente centrar la discusión de la investigación en el ciclo de la educación básica secundaria. En dicho ciclo, los estudiantes deben cursar y aprobar los grados 6°, 7°, 8° y 9°, para lo cual, la escuela debe ofrecer y garantizar que el estudiante progrese entre estos grados mediante la verificación de competencias básicas en todas las áreas fundamentales, dos de ellas, las ciencias naturales y las matemáticas.

En este sentido, una preocupación constante en el ámbito pedagógico es el bajo desempeño de los estudiantes de básica secundaria en las áreas de ciencias naturales y de matemáticas. Lo anterior se puede asumir que ocurre en la mayoría de los estudiantes, y el tema ha sido ampliamente debatido. Sin embargo, la forma en que la escuela pueda desarrollar las competencias fundamentales en estas dos áreas aún muestra gran incertidumbre.

Al parecer la adquisición de las competencias fundamentales en ciencias naturales y matemáticas presenta variadas causas, entre ellas se podrían mencionar: un currículo descontextualizado, la desmotivación permanente de parte de los estudiantes frente al ámbito académico, las dificultades de recursos que garanticen el buen ejercicio docente, currículos desactualizados y las formas de enseñanza que requieren de una

reflexión y adecuación a las nuevas formas que viven los estudiantes. Aunque fue muy complejo abordar todas las posibles causas, esta investigación se centró en el último aspecto mencionado: la didáctica que tradicionalmente es utilizada para la enseñanza de las ciencias naturales y en las matemáticas.

Popularmente la didáctica se define como el arte de enseñar. El docente debe buscar la forma de que el conocimiento sea adquirido por los estudiantes y desarrollen competencias básicas intencionadas al inicio del curso. Para lograr esto, se debe propiciar un ambiente agradable que cuente con los recursos físicos y pedagógicos. A nivel global en los últimos años ha emergido el enfoque STEM como una nueva tendencia didáctica. El enfoque STEM presenta como primera característica la integración de todas las áreas, pero hace énfasis específicamente en las ciencias naturales, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas.

El enfoque STEM se apoya en el trabajo en equipo orientado a resolver un problema real planteado por cualquier integrante de la comunidad educativa. Para ello, se utilizan conocimientos fundamentales de todas las disciplinas que sean necesarias y se generan ambientes colaborativos que, además de resolver el problema específico, permiten desarrollar habilidades personales y sociales muy importantes para el buen vivir. En esa investigación, se dirigen todas las acciones al enfoque STEM con apoyo de la robótica educativa.

Con este estudio se pretende evaluar la eficacia la propuesta basada en el enfoque STEM en estudiantes de género femenino de la básica secundaria. La investigación nació de la necesidad de desarrollar competencias matemáticas y mecánicas en las niñas de básica secundaria para erradicar la distinción de género tan marcada en la sociedad actual colombiana. Las estadísticas son muy contundentes respecto a la ventaja que presenta el género masculino en diferentes ámbitos, como en la escuela, la universidad, el ámbito laboral, la distribución de tareas hasta la desigualdad en salarios.

Esta investigación es de tipo evaluativa. Este tipo de investigación consiste en evaluar los resultados de la aplicación de una propuesta, con el objetivo de tomar decisiones adecuadas. Para ello, la investigación se estructura en cuatro capítulos. Lo más recomendable para entender mejor la secuencia en que se desarrolló la investigación es revisarla en el orden que se establece en el presente documento. La forma como está distribuido el documento corresponde con los lineamientos dados por el Manual para la presentación de informes de práctica profesional y trabajos de grado D – 16 Versión 2019 y lo exigido por UMECIT.

En el primer capítulo se desarrolla la situación problemática que da origen a la investigación. En la descripción del problema se plantean los aspectos que influyen en la didáctica la enseñanza de las ciencias naturales y de las matemáticas, además se evidencia la necesidad de propiciar la igualdad de género en todos los ámbitos, especialmente el académico. Además, el capítulo contiene la pregunta de investigación, y el objetivo general basado en el tipo de investigación evaluativa. los pasos que se deben recorrer para lograr el objetivo general quedan reflejados en los objetivos específicos y, por último, el lector puede encontrar la justificación y el impacto que podría tener la investigación.

En el capítulo dos, se fundamentan las bases teóricas que son necesarias para el desarrollo de la investigación. Allí se consideran los antecedentes teóricos y legales de la educación, la inequidad de género, la didáctica y el enfoque STEM entre otros. Así mismo, se definen los eventos de estudio: las competencias matemáticas y las competencias mecánicas.

El capítulo tres desglosan los aspectos metodológicos que dan claridad sobre el diseño, la estructura, la metodología, la forma en que se recogieron los datos y las técnicas de análisis aplicadas. A partir de ese análisis se planteó la necesidad de construcción de los instrumentos dirigidos a recopilar los datos, que son fundamentales para la investigación.

En el capítulo cuatro, se muestra el análisis de los resultados. Minuciosamente se describen, interpretan y relacionan todos los resultados obtenidos a lo largo de la investigación. Lo importante es que se discute, analiza y contrasta cada objetivo con los resultados obtenidos. Por último, se muestran las conclusiones y recomendaciones pertinentes.

El capítulo cinco corresponde a algunas reflexiones teóricas en torno a los resultados de la investigación relacionados con el modelo teórico que permite explicar cómo las características en enfoque STEM se vinculan con las competencias mecánicas y matemáticas. Por último, se muestran las conclusiones y recomendaciones pertinentes.

CAPITULO I.

CONTEXTUALIZACIÓN

DE LA PROBLEMÁTICA

1.1. Descripción de la problemática

La educación es un derecho de todas las personas. Según la Organización de las Naciones Unidas (1948) la educación es un **derecho fundamental**, y se debe garantizar que todos los niños y niñas cumplan con el ciclo que complementa su educación elemental.

Según la UNESCO (2019) el fin primordial de la educación es hacer que cada persona tenga mejores condiciones de vida, potencie sus habilidades y elija con libertad el campo en el cual se quiere desempeñar. Además, la educación aporta directamente en la disminución de la pobreza, el desarrollo sostenible y el logro de la paz. En este sentido, Álvarez (2019) afirma que la educación favorece la vida digna, genera igualdad de oportunidades y contribuye a eliminar cualquier tipo de discriminación.

Así mismo, Álvarez (2019) plantea que uno de los problemas que debe resolver la educación es la formación de los ciudadanos para afrontar los nuevos retos propuestos por la sociedad del conocimiento y por las formas de vivir emergentes. Con ello, la educación está obligada a desarrollar un pensamiento crítico en todas las personas.

Capella (2002) reconoce que, bajo el fenómeno de la globalización, un gran número de problemas emergieron a nivel mundial. La educación, no solo debe educar para la solución de problemas propios, sino que también debe apoyar situaciones en poblaciones desfavorecidas. Sin embargo, hay que considerar que existen situaciones propias que requieren ser atendidas. Para ello, no se puede caer en el error de asumir un mundo globalizado y menospreciar aspectos como la idiosincrasia, la geografía y los valores propios de cada cultura en cada localidad. Es importante que la educación asuma situaciones contextualizadas para lograr principios democráticos de participación, solidaridad y respeto frente a la diversidad.

La importancia de la educación para cualquier persona radica en que ofrece alternativas para transformar su entorno a partir de la individualidad. Capella (200) afirma que la educación actual debe preparar a la persona para enfrentar un mundo globalizado, pero con la obligación de identificar y solucionar problemas del propio contexto. Este aspecto se refiere a la glocalización y según Palacios (2017), esta permite entender como ubicar los efectos globales en contextos locales y regionales.

En el contexto colombiano, existen condiciones que hacen que la educación sea la mejor opción para erradicar problemas sociales como el narcotráfico, la corrupción, cualquier tipo de discriminación, el desplazamiento forzado, la violencia, la desigualdad de clases sociales, el reclutamiento de menores, los embarazos no deseados en adolescentes y la proliferación de los grupos armados al margen de la ley.

Colombia no puede ser ajeno a los retos planteados a nivel global, por esto, la Asamblea Nacional Constituyente de Colombia (1991) proclamó que la educación básica es obligatoria, y que tanto el estado, la familia y la escuela, deben garantizar que se cumplan todos los fines educativos propuestos sin ningún tipo de discriminación. Además, en su artículo 67, se decretó que la educación es un derecho de la persona que busca el acceso al conocimiento, y que debe formar a cualquier colombiano en el respeto de los derechos humanos, la paz y la democracia.

Para Colombia, la educación es un proceso permanente personal cultural y social que tiene como objetivo la formación integral de la persona, con lo cual se defiende su dignidad y se asegura que cada ciudadano reconozca sus derechos y sus deberes. Además, para cumplir con lo estipulado en la Constitución Nacional de la Republica de Colombia, el estado debe garantizar acceso, permanencia y calidad del servicio educativo a todos los colombianos. Para ello, el sistema educativo del país se estructura así: la educación inicial, la educación preescolar, la educación básica, la educación media, la educación superior y la educación para el trabajo y el talento humano (Congreso de la Republica de Colombia 1994).

De igual forma el Congreso de la Republica de Colombia (1994) estipuló que todo estudiante colombiano debe ingresar a la educación preescolar y, una vez aprobado este nivel, debe continuar con la educación básica primaria, en las cual se deben realizar los cursos desde 1° hasta 5° grado y, al finalizar esta etapa, el estudiante inicia con su formación en educación básica secundaria. Dicha etapa de formación consta de los grados 6°, 7°, 8° y 9°, para luego obtener su título de bachiller al aprobar los grados 10° y 11°, los cuales corresponden a la educación media. Luego el estudiante, puede acceder a la educación superior, la cual no se presenta como una obligación que el estado tenga que garantizar a los ciudadanos colombianos.

Sin restarle importancia a los otros ciclos educativos, la discusión en esta investigación se centrará en la educación básica secundaria. El ciclo de educación básica secundaria orienta jóvenes entre los 10 y 16 años. Es un ciclo escolar que sirve de puente entre la educación básica primaria y la educación media. Según Ducoing y Barrón (2017) la educación basica secundaria debe garantizar que todos los jóvenes pertenezcan, en una edad coherente, al sistema educativo para suplir las necesidades formativas y lograr así, una preparación importante para sus vidas de manera equitativa e incluyente.

Sin cuestionar que, según la Constitución Nacional de la Republica de Colombia de 1991, el Estado está obligado a garantizar el acceso y la permanencia de los niños y niñas solo hasta el grado 9°, se reconoce que el Estado no cumple a cabalidad con dicha responsabilidad. En este sentido, se observan grandes dificultades respecto al acceso, la permanencia, cobertura, calidad y pertinencia.

Además de lo cuestionado, el Estado colombiano permite la instrucción educativa por parte de instituciones privadas y, aunque en el país hay instituciones públicas de excelente calidad, esta segmentación puede traer consigo una desigualdad social que se refleja en la calidad de educación que reciben los estudiantes.

Aunque aún persiste una dificultad respecto al **acceso a la educación**, sobre todo en las zonas rurales, esto ya no es una preocupación de primer plano debido a que gran porcentaje de la población tiene acceso a la educación en los ciclos de básica primaria y secundaria. Sin embargo, existen otras dificultades que verdaderamente necesitan ser resueltas: la educación debe ser equitativa, inclusiva y de calidad.

A todos los niñas y niños se les debe garantizar el acceso, la permanencia y una educación de calidad. La escuela es el mejor escenario para acceder al conocimiento, potenciar las capacidades individuales y eliminar cualquier muestra de discriminación. Según Delgado (2014), los niños y niñas se deben reconocer como personas que tienen la necesidad de desarrollar habilidades para que puedan ser capaces de transformar sus propias vidas y las de sus comunidades, con lo cual, se contribuye a generar más igualdad y menos pobreza. Para Medina (2017) los niños y la juventud se deben preparar de la mejor forma para que el futuro sea prometedor en cuanto a una mejor calidad de vida para todos.

Según la OCDE (2016) el acceso a la educación básica primaria y básica secundaria en Colombia ha tenido grandes avances principalmente en los últimos 20 años. Respecto a la secundaria, se puede afirmar que el ingreso de los niños y niñas colombianos ha aumentado cerca de un 50%, con lo cual se ha logrado una mayor cobertura.

Aunque el panorama parece prometedor, el sistema educativo colombiano presenta varios retos. Uno de ellos es continuar con el incremento del acceso a la educación. Otro aspecto prioritario es ofrecer una educación que desarrolle en los estudiantes las competencias básicas planteadas por el sistema educativo, y que permitan cerrar las grandes diferencias respecto a la equidad y a la calidad educativa recibida por todos los colombianos.

La **cobertura** es otro aspecto que ha mejorado ostensiblemente en Colombia durante los últimos años. Según Delgado (2014), tanto en prescolar, como en básica primaria y en básica secundaria, en el sector oficial, se logró un aumento de cupos para garantizar el derecho fundamental de la educación de los niños y niñas del país. El nivel educativo que tuvo mayor incremento fue el de la básica secundaria con un 68.5 % de aumento en cupos educativos. Así mismo, Delgado (2014) argumenta que el programa de gratuidad desde el preescolar hasta la educación media, a partir del 2012, ha garantizado mayores niveles de cobertura.

Por otra parte, Martínez (2019) afirma que la **deserción** es uno de los principales problemas que enfrenta el sistema educativo colombiano. Además, según el autor, el sistema está creado para que los estudiantes deserten. Un niño puede presentar debilidades en ciertas áreas del conocimiento, y en pocos casos se plantean estrategias para prevenir que el estudiante asuma posiciones que lo puedan llevar a una posible deserción temprana de la escuela por múltiples motivos, entre ellos la desmotivación. Además, el sistema educativo no tiene en cuenta las inteligencias múltiples que se pueden presentar en un aula de clase, ya que el modelo educativo colombiano plantea una educación estandarizada, y no una educación orientada a potenciar las habilidades de cada persona.

Según la OCDE (2016) la deserción en los grados de la educación básica secundaria se presenta por diferentes razones: el hecho de que un estudiante pertenezca a un grupo minoritario, su posición socioeconómica, la inconciencia de la familia del educando respecto a la importancia de la educación, el desplazamiento forzado, la delincuencia sumada a otros factores sociales, la desmotivación por parte del estudiante frente al estudio, y su necesidad económica que lo obliga a trabajar. Aunque el sistema educativo colombiano ha realizado esfuerzos de todo tipo, sobre todo para los más vulnerables, la deserción escolar todavía representa una preocupación para el Estado colombiano.

Para Moreno (2013) la deserción escolar genera desigualdad social. Por ello, la educación debe garantizar la permanencia de todos los niños y las niñas que ingresen a la escuela. En este sentido, para la OCDE (2016), Colombia debe garantizar que los estudiantes que ingresen al sistema educativo permanezcan en él. Sin embargo, el 84% de los estudiantes que ingresan a la educación básica secundaria presenta problemas de repitencia, de educación tardía o, en otros casos, de abandono de la escuela.

Según la OCDE (2016), ofrecer a los estudiantes una mayor permanencia en las instituciones educativas, fortalecerá el desarrollo de habilidades y competencias integrales, con lo cual se evitaría la exposición de los estudiantes a todas las situaciones de vulnerabilidad de las cuales son víctima (embarazos, drogadicción, delincuencia, etc.), y además se lograría disminuir la brecha entre las clases sociales. La jornada única escolar debe proponer actividades extracurriculares de todo tipo, que transformen la vida de los estudiantes.

El estado colombiano ha implementado políticas para garantizar que los niños y niñas permanezcan hasta que terminen su formación en educación media. Para ello, programas como Familias en Acción, la entrega de subsidios a las familias más desfavorecidas, y el Programa de Alimentación Escolar (PAE) tratan de beneficiar sobre todo a personas desplazadas o pertenecientes a poblaciones minoritarias. Sin embargo, pese a las mejoras respecto a la cobertura educativa, existe una población muy representativa de niños, niñas y jóvenes por fuera del sistema educativo por factores socioeconómicos y poblacionales (Delgado 2014).

Otro aspecto que la educación debe resolver es el de la pertinencia. Según Pérez (2009), la **pertinencia** de la educación debe responder a varios ámbitos: al de la legislación, a la actividad económica, a las exigencias planteadas por la globalización, a la necesidad de convivir en paz y a las diferentes características de los estudiantes.

Según Pérez (2009), solo cuando la educación tiene una relación coherente con los intereses y las necesidades de la comunidad a la que se dirige, se puede calificar como pertinente. Por ello, es importante definir con claridad aspectos como: los fines y la calidad de la educación, garantizar el desarrollo infantil mediante la educación temprana y, por último, la equidad que garantice acceso, permanencia y calidad.

Montes (2013) afirma que tanto la educación básica primaria como la educación básica secundaria brindan los conocimientos que definen la calidad de vida de todas las personas, sin embargo, en Colombia este ciclo, tiene varios problemas graves.

Según Gil (2015), la pertinencia de la educación radica en que lo que se logre desarrollar en los estudiantes -habilidades, destrezas y conocimientos-, tenga un efecto positivo para la vida de los estudiantes y transforme sus realidades.

La OCDE (2016) afirma que en Colombia el estudiante recibe una educación pertinente de acuerdo con su posición socioeconómica, pero esto marca una brecha social que debe ser eliminada.

Para aumentar los niveles alcanzados en competencias matemáticas, en ciencias y en lenguaje, se estima que los colegios, tanto públicos como privados, deben ofrecer ocho horas diarias a los estudiantes. Para ello, el gobierno se planteó como meta implementar la jornada única en todas las instituciones educativas del país, objetivo que se pretendía alcanzar para cerca de la mitad de la década del 2020, y que por el momento solo fue alcanzado por los estudiantes de instituciones educativas privadas.

Otro de los problemas que la educación debe resolver, es la **descontextualización de los contenidos**. Preocupa la desconexión entre la escuela, la universidad, el campo laboral y la vida cotidiana de los estudiantes.

Para Gutiérrez et al (2016) los estudiantes evidencian una realidad de acuerdo con su contexto, es por ello importante que la educación aporte un conocimiento

significativo para resolver problemas propios de su entorno. Por ello, si el docente no articula los saberes con las necesidades reales del estudiante, lo que se genera es una barrera entre el estudiante y el conocimiento, que normalmente lleva a su desmotivación.

Para Gil (2015), es importante considerar que, si un proceso de aprendizaje no tiene en cuenta el contexto, el aula solo otorga conocimientos artificiales e ideales con lo cual se presenta gran dificultad para que estos saberes sean utilizados en la cotidianidad. Esto es razón suficiente para evaluar el currículo, la didáctica, los planes de área y las estrategias educativas que se deben desarrollar para lograr que los contenidos en el aula de clase contribuyan a desarrollar competencias en un contexto conocido para el estudiante. Se hace obligatorio entonces el momento reflexivo que debe realizar la escuela antes, durante y después del aprendizaje en función del contexto de los estudiantes.

Otro aspecto importante a considerar es la **calidad educativa**. Según Pérez y Merino (2018) la calidad educativa hace referencia a los niveles en los que se lleva a cabo el proceso de formación en el acto educativo. Una calidad educativa alta, logra que se resuelvan las necesidades tanto de la persona como de la sociedad

Según Ducoing y Barrón (2017) el mayor aporte de la calidad educativa es la transformación para mejorar las condiciones de vida de los estudiantes, lo cual promueve un desarrollo sostenible para la sociedad.

Para Barrera et al. (2012), el impacto de una educación con calidad se puede observar no solo en el rendimiento académico de los estudiantes, sino que también está muy correlacionado con el desempeño de los futuros profesionales.

Ducoing y Barrón (2017) consideran que varios factores afectan la calidad educativa; el modelo pedagógico, los objetivos planteados, las políticas educativas y los recursos, entre otros.

La calidad educativa se ve afectada directamente por los recursos con que se cuenta a la hora del acto educativo. Según la OCDE (2016) en Colombia ni siquiera se tienen censadas las condiciones de infraestructura y recursos con los que se cuenta en las instituciones educativas. Sin embargo, lo que sí es evidente es una carencia de recursos y de infraestructura que obstaculiza la educación. Así mismo, las aulas de clase presentan escasez de cualquier tipo de material pedagógico, por ejemplo, preocupa que la mayoría de las instituciones educativas públicas del país no utilizan libros guías para el apoyo del aprendizaje de las áreas del conocimiento.

La calidad de los aprendizajes que desarrollan los estudiantes se ve afectada por varios aspectos. Uno de ellos, según la OCDE (2016), es el alto número de estudiantes que se presentan en un aula de clase. En promedio el número de estudiantes en el aula de clase para Colombia fue de 33, lo cual supera el promedio de países desarrollados miembros de la OCDE, que presentan un promedio de 22 estudiantes por salón. El alto número de estudiantes en el aula, unido a las estrategias de aprendizaje implementadas, impide que el aprendizaje se centre en cada estudiante.

Según la OCDE (2016) el sistema educativo debe tener muy claro lo que necesita saber el estudiante de acuerdo con su ciclo de formación y contexto. Es así como el docente está obligado a conocer y reportar los niveles de aprendizaje de cada estudiante e implementar diferentes estrategias educativas para que todos los estudiantes se vean beneficiados.

Un elemento importante que se utiliza para estimar la calidad educativa es la evaluación. Para la OCDE (2016) debido a que las instituciones educativas de básica secundaria en Colombia tienen absoluta autonomía al momento de definir la evaluación del estudiante, se han presentado casos en los cuales la evaluación solo sirve como instrumento para promover a un estudiante de un grado a otro, y en algunos casos, esto muestra que la evaluación solo apunta a bajar los índices de repitencia institucionales, pero no se garantizan las habilidades y competencias fundamentales que deben

desarrollar los estudiantes en su correspondiente ciclo educativo. Una muestra de ello, son los bajos resultados obtenidos en las pruebas censales, como la prueba PISA a nivel internacional y la pruebas SABER a nivel nacional.

La educación debe estimar un equilibrio entre la repitencia y la calidad educativa lograda: No se trata de disminuir el porcentaje de repitencia de manera forzada al sacrificar la exigencia y la calidad educativa. La premisa fundamental es que se garantice el desarrollo de las competencias propuestas en el año escolar por parte de los estudiantes para lograr la promoción al siguiente grado.

Además, según Díaz y Barriga (2002) la evaluación, esencial en los procesos de enseñanza y de aprendizaje, debe realizarse de manera permanente. En situaciones comunes la evaluación se asume como un mecanismo inquisidor y clasificador dentro del sistema educativo, y se olvida su propósito de seguimiento y mejora para el proceso pedagógico, de manera que no se tienen en cuenta categorías importantes de su naturaleza, tal como la evaluación diagnostica, la evaluación formativa y la evaluación sumativa. La evaluación se convierte, entonces, en una herramienta punitiva en contra del estudiante, además, de que, en ocasiones, es mal usada para procesos de certificación en calidad y acreditación.

Otros factores que afectan la calidad educativa en Colombia son la desigualdad socioeconómica, la corrupción y las políticas educativas, que en ocasiones no son acertadas y tampoco presentan continuidad entre los gobiernos. En Colombia, al parecer, la educación no considera toda la diversidad y multiculturalidad que se presenta en el país, los lineamientos solo apuntan hacia una parte de la población, y se desconocen muchas realidades (Campos y Ramos 2015).

Para estimar la calidad educativa en Colombia, se utilizan pruebas censales tanto internacionales como nacionales. A nivel internacional, Colombia utiliza como instrumento las pruebas del Programa para la Evaluación Internacional de los

Estudiantes (pruebas PISA), las cuales son aplicadas por la OCDE, mientras que, a nivel nacional, el encargado es el ICFES, el cual realiza las pruebas SABER (Barrera et al. 2012).

Herrera (2020) afirma que el ICFES es la institución encargada de realizar, controlar, aplicar y evaluar los exámenes de estado para la educación básica primaria, la educación básica secundaria, la media y la educación superior, todo lo hace mediante las pruebas SABER. Según Campos y Ramos (2015) las pruebas ICFES solo establecen el nivel de conocimiento que presenta el estudiante, pero en ningún momento cuestiona su calidad.

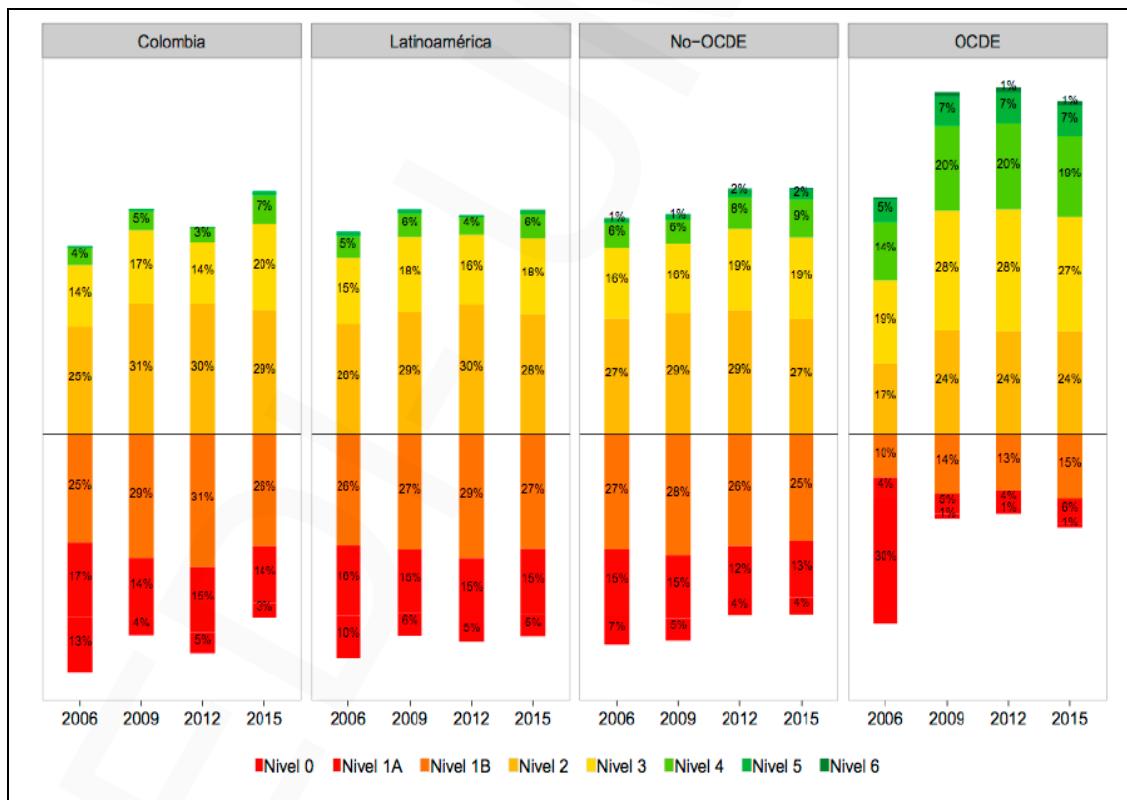
Sin embargo, Herrera (2020) advierte que dichas pruebas se pueden utilizar para focalizar la problemática a nivel global, pero podría no ser acertada, debido a que no evalúa todas las dimensiones y no considera las características particulares de la sociedad. Aun así, las mediciones que entregan las pruebas censales permiten orientar a los gobiernos para la implementación de políticas educativas con determinados criterios.

Según Barrera et al (2012), de los 65 países que participaron voluntariamente en las pruebas PISA de 2009, se obtuvieron resultados poco alentadores para Colombia, quien obtuvo el puesto 58 en matemáticas, el puesto 52 en lenguaje y el puesto 54 en ciencias naturales. Además, preocupa el hecho de que la mayoría de los estudiantes colombianos que participaron en dicha prueba se encuentran en el nivel 2 de 6, lo cual implica que tienen dificultades para desenvolverse de manera acertada en aspectos relacionados con esas áreas.

La OCDE (2016) reconoce que en Colombia se han realizado grandes transformaciones educativas en las últimas dos décadas, sin embargo, aún tiene dos retos importantes por resolver: la inequidad en todos los niveles y el bajo nivel de calidad educativa.

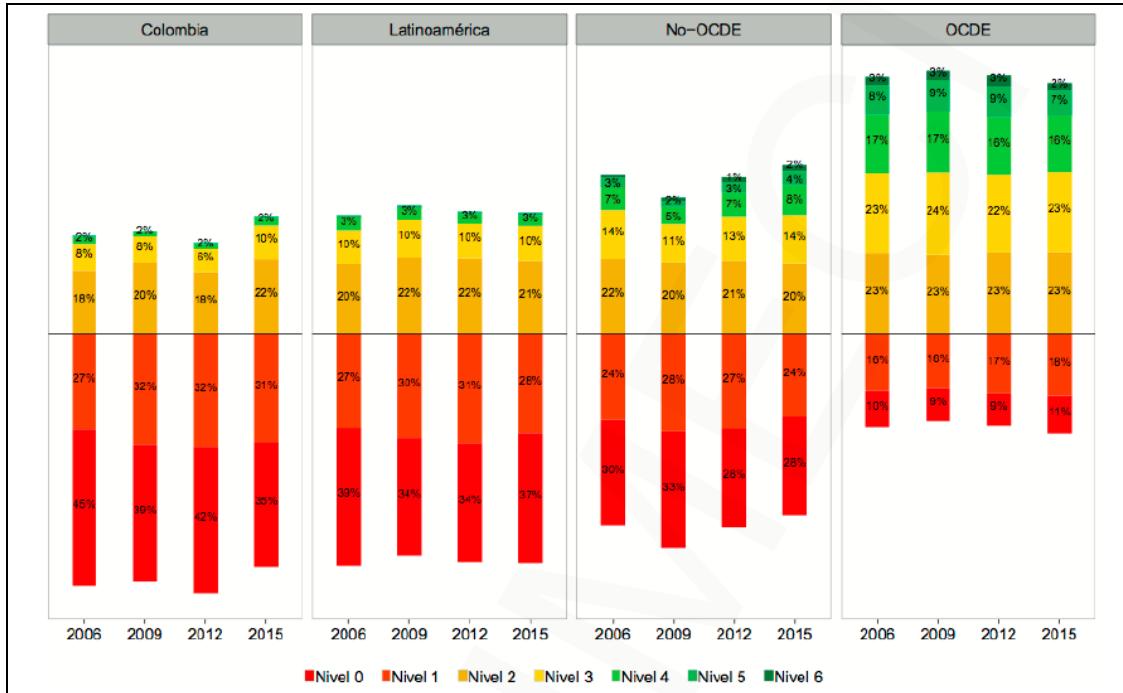
Aunque las pruebas PISA, solo evalúan comprensión lectora, ciencias naturales y matemáticas, el informe presentado por el ICFES (2018), deja evidencia de grandes falencias en dichas áreas de la educación en el caso de Colombia.

Las pruebas PISA se realizan para una muestra representativa, y otorgan un puntaje desde el nivel 0 al nivel 6. Se estima que por debajo del nivel 2, la persona no es capaz de afrontar los problemas cotidianos y merece especial atención para desarrollar competencias y habilidades por parte del sistema educativo. En las figuras 1, 2 y 3 se muestran los desempeños obtenidos por Colombia, en las pruebas PISA, en comparación con otros países en las áreas de lectura, ciencias naturales y matemáticas respectivamente, durante los años 2006, 2009, 2012 y 2015.



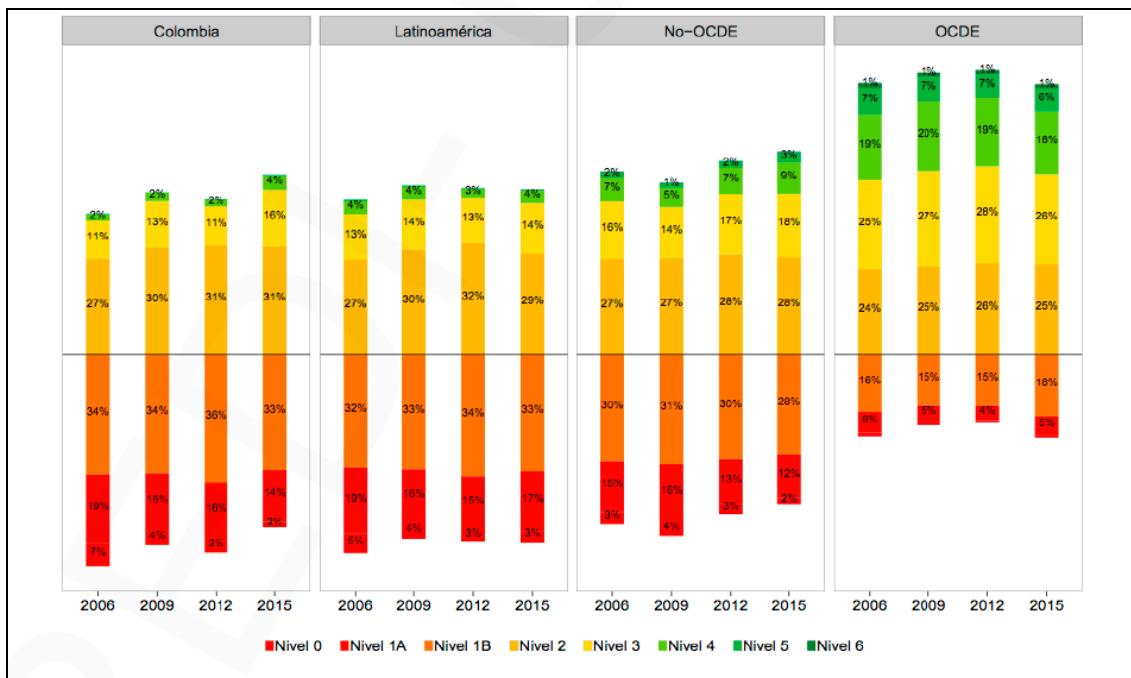
Fuente: ICFES 2018

Figura 1. Desempeño en lectura en las pruebas PISA



Fuente: ICFES 2018

Figura 2 Desempeño en matemáticas en las pruebas PISA



Fuente: ICFES 2018

Figura 3 Desempeño en ciencias naturales en las pruebas PISA

En las tres figuras se observa que Colombia tiene porcentajes altos de estudiantes en el nivel 0 nivel 1A y nivel 2A, es decir, estudiantes que no presentan las competencias mínimas. Además, tanto en comparación con Latinoamérica, como con otros países, Colombia presenta un desempeño por debajo de todos.

Según la OCDE (2016) los resultados de las evaluaciones censales, tanto nacionales como internacionales, muestran que los estudiantes colombianos presentan grandes desventajas respecto a los de los otros países. Esto también se refleja en las pruebas que se realizan a nivel nacional, pues en las pruebas SABER del 2014, se evidencia que aproximadamente el 50% de los estudiantes presentaron un desempeño insuficiente en lengua materna, matemáticas y ciencias naturales. Además, se observa una diferencia desfavorable para los grupos minoritarios.

Por su parte, las pruebas SABER 11 realizadas en el 2019, dieron como resultado que tan solo el 18.2% d los estudiantes lograron un desempeño alto o superior en las áreas de lectura crítica, ciencias naturales, matemáticas y ciencias sociales, lo que debe generar preocupación debido a que, en ese año, el 81.8% de los estudiantes que presentaron las pruebas obtuvieron un desempeño aceptable o bajo. En resumen, en promedio, los estudiantes lograron un puntaje de 248 de 500 puntos posibles, lo cual es un puntaje que se encuentra muy por debajo del desempeño esperado (Redacción Educación, 2020)

Es necesario resaltar que todas las personas deben tener conocimientos fundamentales en las áreas que involucran a las **ciencias naturales y exactas**, pues según la OCDE (2016), las ciencias naturales y exactas están presentes en todo momento y afectan la vida de todos los ciudadanos. Es por ello, que las ciencias naturales y exactas no se deben orientar solo a los científicos o a los ingenieros, y se consideran disciplinas importantes en la formación integral que debe brindar la escuela a toda persona.

Para Gallego et al (2008), una adecuada educación respecto a las ciencias naturales y exactas, tanto en calidad como en tiempo, puede contribuir a la participación de una gran diversidad de actores en la transformación social, lo cual se verá reflejado en un mayor bienestar y el aumento de la calidad de vida para la comunidad en general.

Así mismo, Tacca (2010) afirma que adquirir los conocimientos que involucren las ciencias naturales y exactas, no solo afecta de manera positiva la vida de las personas, sino que además contribuye a desarrollar sus habilidades investigativas.

Para Pardo (2017) la influencia que tienen las ciencias naturales y exactas es fundamental para la transformación de la sociedad. La formación en las áreas de ciencias debe estar presente en todos los niveles de la educación, y se debe propiciar en ellas la participación equitativa de todas las personas, así como fomentar la creatividad, la innovación y el desarrollo del pensamiento crítico.

Un gran porcentaje de la población percibe las ciencias exactas y naturales como algo que no sirve y que no tiene ninguna implicación para su vida. No obstante, Cabral (2001) afirma que las personas en su mayoría están afectadas por los aportes de dichas ciencias, y que además este impacto puede ser tanto positivo como negativo, pero preocupa, que todo ello ocurre bajo aspectos que las personas no comprenden y que ni siquiera se interesan por cuestionar.

Cabral (2001) plantea que, aunque se vive una época en la cual las ciencias y las matemáticas presentan una evolución importante, el auge de las pseudociencias y las creencias místicas, ofrecen respuesta a todo, sin ningún tipo de rigor académico. Por ejemplo, el autor cuestiona el hecho de que los periódicos ocupen diariamente sesiones para el horóscopo y no lo hagan para fomentar el conocimiento en áreas de las ciencias exactas y naturales.

En las áreas de las ciencias naturales y exactas existe un alto índice de analfabetismo científico. Lo que conlleva a que la humanidad sea incapaz de conocer su propio entorno y peor aún, dicho analfabetismo, se incrementa con la ayuda de todo tipo de creencias mal influenciadas (Cabral 2001).

En Latinoamérica, la enseñanza de las ciencias naturales y exactas presenta grandes problemas. Flores (2012) señala que en México la enseñanza de las ciencias muestra dificultades en diferentes ámbitos: el currículo, la didáctica, y la poca relación entre los contenidos y lo que se necesita aprender. Una situación que preocupa es que el docente solo cuenta con el libro como guía para orientar sus cursos, lo cual hace que las prácticas experimentales sean escasas y que la enseñanza dependa, en gran medida, de la voluntad del docente.

Se puede cuestionar este hecho debido a la fecha de realización del artículo, sin embargo, en la última década las ayudas didácticas con las que se puede contar en un aula de clase crecieron de manera exponencial, pero el argumento del autor continúa con validez debido a que un buen grupo de docentes aún no dejan el libro, y según Solbes et al (2007), una vez elegido un texto guía el docente enmarca todo su recorrido pedagógico en función de él, además, son pocos los libros que propician innovaciones dentro del aula.

Además, una limitante fundamental es la ausencia de laboratorios que cumplan con las condiciones necesarias para que los estudiantes experimenten y logren construir conocimiento. Aunque los laboratorios virtuales han ayudado a acercar a varias instituciones al ejercicio de la experimentación, estas prácticas no están por encima de la realidad. Además, se suman las necesidades de tipo económicas que afronta México, que se presentan como principales obstáculos de la implementación de los laboratorios en las instituciones educativas, condiciones que son similares para toda la región (Flores 2012)

En el contexto nacional, en Colombia, la enseñanza de las ciencias naturales y exactas es obligatoria en el ciclo de educación básica secundaria. Al respecto, Cerdá et al. (2017) afirman que casi todos los países tienen la presencia de ciencias naturales y matemáticas en su currículo y las consideran importantes para la formación de los ciudadanos en el nivel de básica secundaria. Sin embargo, los resultados de las pruebas PISA, reflejan que son pocos los países que logran desarrollar competencias en dichas áreas con desempeños superiores.

La enseñanza de las ciencias exactas y naturales, en las instituciones de educación básica secundaria del país, en su mayoría, acuden al modelo tradicional para orientar a los estudiantes. En dicho modelo, el docente solo transmite información, y asume un rol en el cual se presenta como dueño de todo el conocimiento. Por su parte, el estudiante es un ente pasivo que solamente se limita a recibir información, y aporta poco a su propio proceso de aprendizaje.

Una de las características de la enseñanza tradicional, es que se puede impartir a un gran número de estudiantes a través de la clase magistral, con lo cual el docente se desentiende por completo de sus estudiantes y con frecuencia solo puede evaluarlos de manera masiva sin identificar potencialidades, inclinaciones, destrezas, desempeños ni motivaciones particulares que son fundamentales en un proceso educativo. En dicho proceso, la autonomía del estudiante es casi nula, no se fomenta su iniciativa, su participación se ve relegada a recibir y transcribir ideas ajenas, con lo cual, se puede propiciar la creatividad en pocas ocasiones, y aparecen pocas o nulas oportunidades de fomentar la innovación y la construcción del conocimiento.

En la mayoría de los casos, las disciplinas están orientadas de manera independiente, sin tener en cuenta los conocimientos previos de los estudiantes y las aplicaciones que se pueden generar de esos saberes, para llevar al estudiante a mejorar una realidad particular. En todo caso, el estudiante percibe el conocimiento como un campo del saber ajeno a su vida y a su contexto, y con poca aplicabilidad, que en ningún

momento se transversaliza con otras áreas del saber. Además, solo algunas instituciones públicas cuentan con espacios para realizar prácticas de laboratorio adecuadas, que permitan vincular la teoría con la práctica.

Tedesco (2011) también plantea su preocupación por la desconexión existente entre los avances pedagógicos que dan pie a teorías didácticas descontextualizadas para el aula, pero, por otro lado, los docentes realizan prácticas empíricas, que a pesar de no tener ningún sustento teórico resultan eficaces.

Entre las causas de la problemática asociada a la enseñanza de las ciencias naturales y exactas, se pueden resaltar: los proyectos educativos institucionales, los modelos pedagógicos, los planes de área, la segmentación de las áreas, los contenidos curriculares descontextualizados y desactualizados, la poca formación de los docentes y la didáctica empleada en el acto pedagógico (Herrera 2020).

Según Escorza (2005), uno de los problemas que involucran el aprendizaje de las ciencias naturales y exactas es la apatía y falta de interés de parte de los estudiantes, debido a su valoración negativa hacia dichas áreas del conocimiento. En la misma línea, Cabral (2001) afirma que uno de los problemas fundamentales es la falta de interés por aprender ciencias. Además, el autor critica que un alto porcentaje de la población no se apropiá correctamente de los conocimientos fundamentales relacionados con las ciencias exactas y naturales.

Según Polya (1965), en el momento en que el estudiante “se enamore” de las ciencias naturales y de las matemáticas, empezará a resolver problemas por sí mismo, realizará descubrimientos apoyados en la lógica y cuestionará con argumentos las situaciones de su entorno.

En otro sentido, uno de los factores que más afecta la enseñanza de las ciencias naturales y exactas es la didáctica. Particularmente en la enseñanza de las ciencias exactas y naturales han predominado unos modelos didácticos por encima de otros.

Para Ruiz (2007) uno de los modelos que más ha perdurado durante los años es **el modelo de enseñanza por transmisión**. A este modelo se atribuye gran parte de la permanencia que las ciencias naturales y exactas han alcanzado hasta la actualidad. Sin embargo, el estudiante en ningún momento construye el conocimiento por sí mismo, sino que se limita a creer que el conocimiento transmitido por su docente es una verdad absoluta.

En toda la problemática descrita los más afectados son los estudiantes de menos recursos. En todo el globo, se observa gran desigualdad social, y esto afecta directamente las condiciones educativas que perjudican sobre todo los más desfavorecidos. Según Saavedra (2020), el 53% de los niños y niñas no son capaces de comprender un texto sencillo y, gran parte de ese porcentaje habita en países de bajos ingresos.

Otro grupo de estudiantes afectados en su proceso educativo son los niños que viven de las zonas rurales, y los que han sido víctimas de conflictos sociales. En este sentido, la UNICEF (2018) afirma que el 40% de los estudiantes de los países que viven un conflicto armado y, sobre todo, los de zonas rurales, no han terminado la educación básica primaria. El conflicto armado afecta directamente a la escuela, y en zonas aledañas, la falta de control por parte del Estado lleva a crisis prolongadas para dichas regiones.

Así mismo, Herrera (2020) manifiesta que en Colombia se presenta una gran desigualdad entre instituciones públicas y privadas. En relación con esto, García et al (2013) afirman que, en la capital del país, se observan resultados diferenciales entre las instituciones privadas de estrato socioeconómico alto, con una evaluación que logra un nivel superior, en comparación a las instituciones públicas en las cuales los puestos de los estudiantes son normalmente bajos. Es más, la diferencia aumenta entre instituciones públicas urbanas con respecto a instituciones públicas rurales.

En varias regiones del país se presentan problemas de otra índole que entorpecen a la educación. La educación que recibe una persona está definida por el lugar de nacimiento, el medio social y la familia a la que pertenece el estudiante, entre otros factores (Herrera, 2020).

Herrera (2020) confirma el hecho de que, en su mayoría, los habitantes de las zonas rurales son los más damnificados al respecto, debido a que sus recursos son escasos y no tienen la posibilidad de acceder a la educación debido a que sus hogares se encuentran en veredas alejadas de los pueblos, por lo que, los niños y niñas, en su mayoría de descendencia campesina e indígena se dedican a labores de otro tipo.

El criterio de Barrera et al (2012), es muy similar al de Herrera (2020) y, a partir de los resultados de las pruebas SABER 2009 en los grados de 5°, 9° y 11° en Colombia, concluyen que las competencias desarrolladas por los estudiantes dependen de su estrato socioeconómico, y que es evidente la desigualdad al respecto. Los desempeños más bajos se obtienen para los estudiantes que viven en las zonas rurales en comparación con los de la población urbana, además de que todas las diferencias son significativas.

Al considerar las discriminaciones anteriores, es importante tener en cuenta que la mujer se puede ver afectada por cualquiera de ellas. Por ejemplo, una mujer indígena de bajos recursos y que viva en la zona rural tendrá más desventajas. Es así como la discriminación de género multiplica las condiciones desfavorables para la mujer.

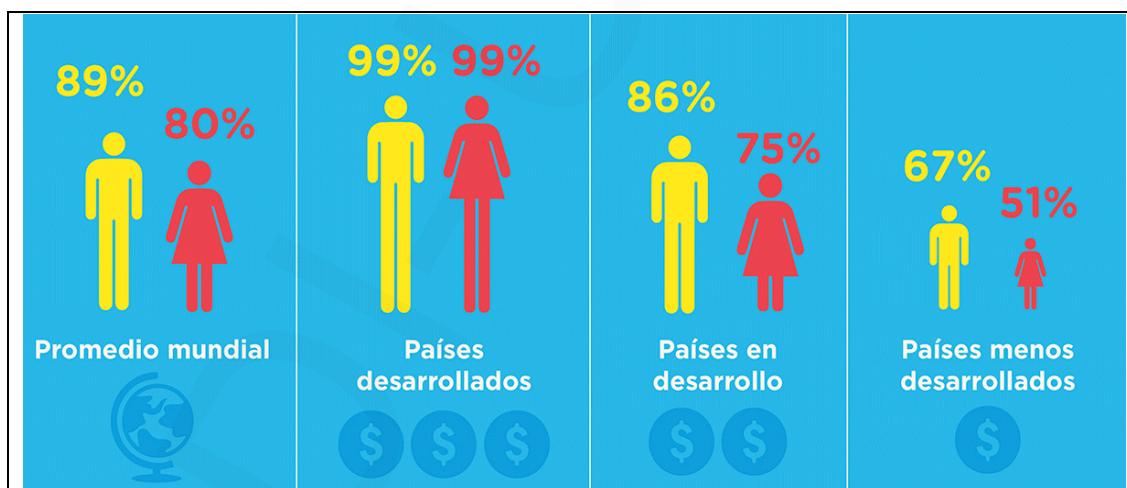
Según la ONU Mujeres (2016), la brecha de género se acentúa más en los países pobres. A nivel mundial el 80% de las mujeres sabe leer contra un 89% de hombres, pero en, en promedio, para los países menos favorecidos, el porcentaje de mujeres que sabe leer llega apenas al 51%.

Las mujeres se sienten amenazadas por varios factores que afectan su formación; entre ellos, el machismo, el acoso sexual, el embarazo adolescente y motivos laborales

aportan para que los índices de deserción sean más altos para las mujeres que para los hombres. Este hecho, impacta la participación femenina en el campo de las ciencias y en su formación profesional (ONU Mujeres 2016).

Actualmente, la sociedad no puede permitir actos violentos, sobre todo los que se generan a partir de la discriminación. La xenofobia, el machismo, el racismo y cualquier tipo de discriminación que atente en contra de los derechos fundamentales de las personas, lo cual afecta principalmente a los grupos minoritarios, es inaceptable.

Según la ONU Mujeres (2016), la brecha de género marca diferencia en el contexto educativo, y los índices muestran que el género masculino se encuentra beneficiado. En la figura 4 se muestran las tasas de alfabetización por género de acuerdo con cada país, además se observa que a nivel mundial la mujer presenta resultados en 9 puntos por debajo de los hombres.



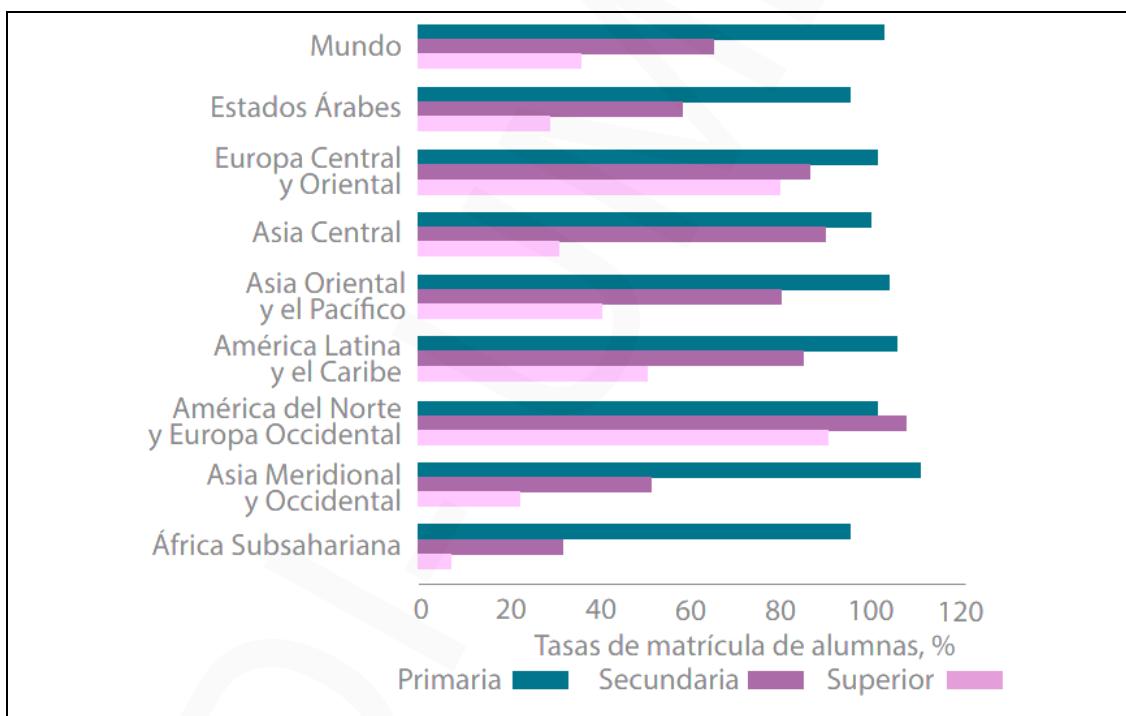
Fuente: ONU Mujer (2016)

Figura 4. Tasa de alfabetización por género

Es común, en la mayoría de las regiones, que el nivel de escolaridad presente una forma de pirámide, en la cual la base es la educación primaria, con una mayor cobertura y, de manera sucesiva, a medida que se va ascendiendo, la cobertura disminuye por

diferentes causas. Esto ocurre, para ambos géneros, pero la deserción del sistema educativo impacta más a las mujeres.

En la figura 5 se muestran los porcentajes de mujeres matriculadas en cada ciclo de formación educativo. Se debe recalcar que, en los países desarrollados ubicados en regiones como Europa y Norte América, se presenta una mayor tasa de mujeres que participan en la educación superior, por el contrario, las diferencias aumentan en países que se encuentran en vías de desarrollo.

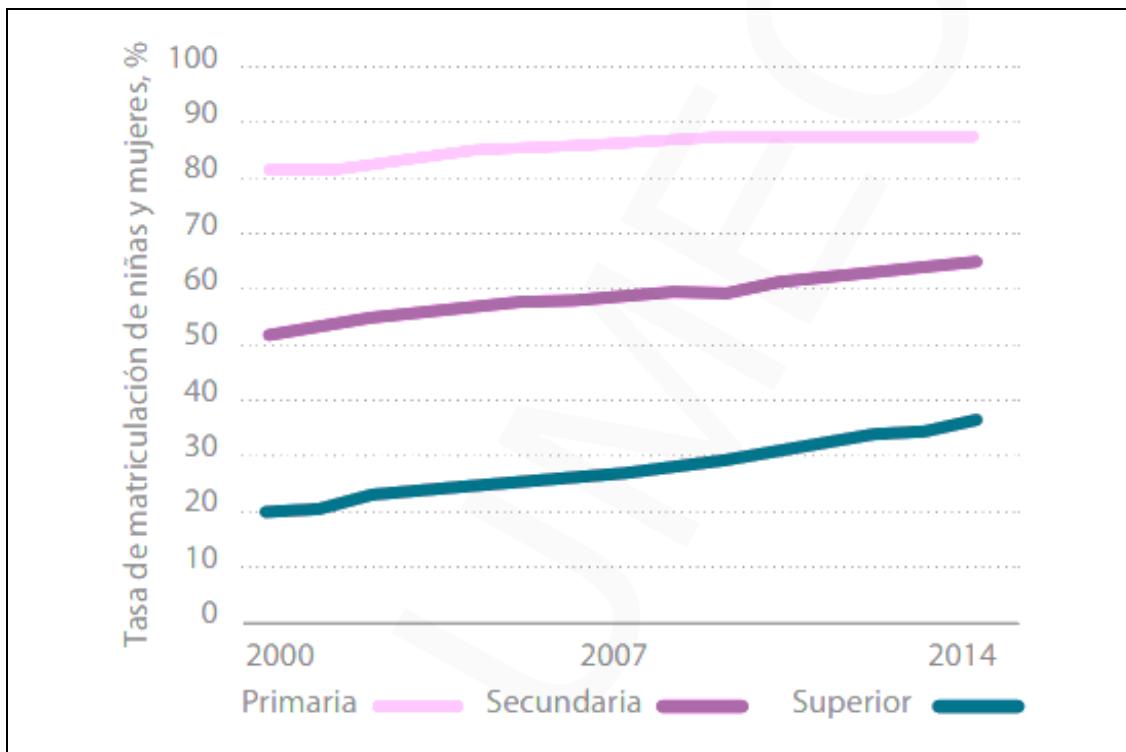


Fuente: Instituto de estadística de la UNESCO (2016)

Figura 5. Tasa bruta de matrícula de niñas desde primaria a educación superior en 2014, promedios mundial y regional

El problema se fundamenta entonces, en la baja participación de las niñas y mujeres en carreras afines a la educación STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas). La participación femenina va disminuyendo a medida que aumenta el grado de escolaridad y, aunque el panorama ha mejorado, en programas de pregrado,

especializaciones, maestrías y en doctorados es aún insuficiente. En la figura 6, se observa el incremento en las estudiantes matriculadas en primaria, secundaria y universidad a nivel mundial.



Fuente: Instituto de estadística de la UNESCO (2016)

Figura 6. Tasa de matrícula de alumnas, por nivel de educación, promedio mundial.

Según la ONU Mujeres (2016), de los países que poseen datos históricos, el 44% presenta desigualdad de género que se evidencia en la educación básica secundaria. Por ello, se debe garantizar el acceso, la permanencia la calidad educativa para las mujeres en dicho ciclo educativo.

Es importante resaltar que, para el 2015, en uno de cada cinco países existía equidad de género, y se llegó a contar con un 55% de investigadores mujeres, pero en los otros países, la inequidad era evidente y la participación de la mujer en campos relacionados con las ciencias exactas y naturales, era mínima. En la figura 7 se observa

el porcentaje de mujeres investigadoras de acuerdo con cada zona geográfica para ese momento (ONU Mujeres, 2016).



Fuente: ONU Mujeres (2016)

Figura 7. Porcentaje de mujeres investigadoras en las ciencias naturales, ingeniería y tecnología, medicina y ciencias de la salud, ciencias agrícolas, ciencias sociales y humanidades

Es importante reconocer los avances que se han dado en cuanto a la igualdad de género, pero se debe resaltar que todavía queda mucho camino por recorrer al respecto. Según informe de la *ONU Mujeres Colombia (2018)*, la participación política de las mujeres ha aumentado en cargos de elección popular, pero tal activismo continúa representando un bajo porcentaje respecto a la participación de mujeres en la universidad, en el campo investigativo y en el campo laboral. En educación, el progreso ha sido grande, sin embargo, respecto a las ciencias exactas y naturales, estas se observan aún como un espacio reservado para el género masculino; en dichas disciplinas la mujer no cuenta con una participación representativa, y esto se refleja en el número de mujeres en el campo de las ciencias naturales, las matemáticas y la tecnología, que aún es insuficiente.

Según las Naciones Unidas, a nivel de Latinoamérica, la brecha de género impacta todas las dimensiones. La mujer no puede participar de forma igualitaria en la toma de decisiones, además tiene una remuneración más baja que el hombre, sin importar que desempeñen las mismas funciones laborales, y la tasa de alfabetización está tres puntos por debajo con respecto al género masculino.

En Colombia la situación ha mejorado, pero no es suficiente. Según Patiño (2020) la presencia de la mujer en las aulas ha aumentado significativamente, pero hay que tener en cuenta que el tamaño de la población también lo ha hecho. Al considerar la tasa de mujeres que se desempeñan en carreras STEM, el país no alcanza el 30%, además por cada 10 investigadores, tan solo tres son mujeres.

Según Becerra et al. (2018) las mujeres representan el 51% de la población colombiana. Pese a ello, la mujer no alcanza una representatividad del 12% en puestos del gobierno. Además, la mujer colombiana es víctima de violencia intrafamiliar y esta situación se agrava en los estratos socioeconómicos bajos, en las zonas rurales y en la población campesina e indígena.

Para Becerra et al. (2018), en el campo educativo se han realizado los mejores esfuerzos para disminuir la brecha de género en el país, sin embargo, aún existen situaciones de discriminación de género que afectan de mala forma a la mujer. Según Foros Semana (2020) la educación es primordial a la hora de eliminar cualquier tipo de desigualdad causada por género, por ello, es importante que se implementen políticas y reflexiones de tipo educativo para fomentar la igualdad y la equidad para todas las colombianas.

La situación de inequidad que viven las mujeres se manifiesta particularmente en la forma como se desempeñan en ciertas áreas del saber, y en las expectativas que se tiene acera de ellas. Esto ocurre especialmente en el campo de las ciencias naturales y exactas.

El aprendizaje de las ciencias naturales y exactas por parte de los estudiantes de básica secundaria se puede dificultar por diferentes causas. Entre ellas: la segmentación de las áreas, el exagerado volumen de información y la poca reflexión por parte de la escuela para depurar lo que pueda apoyar el proceso educativo. Otras causas pueden ser la desmotivación de parte de los estudiantes frente al conocimiento que otorgan las ciencias naturales y exactas, la creencia de que estos contenidos son difíciles y tediosos, y la percepción de que no tienen ninguna aplicación para la vida real. Cualquier tipo de discriminación afecta de manera relevante el aprendizaje, además, estas disciplinas también se ven afectadas por problemáticas generales que ocurren en la escuela, violencia, deserción, falta de recursos, etc.

Solbes et al. (2007) considera que los estudiantes presentan una mayor desmotivación hacia las ciencias exactas y naturales que para las otras áreas del saber. Los estudiantes perciben dichas áreas como aburridas, difíciles y poco interesantes.

Además del desinterés cultural por parte del estudiante, es un factor importante en la desigualdad de género. Las niñas son discriminadas tanto por el sistema como por sus profesores, los cuales, en ocasiones subestiman las capacidades de las niñas por prejuicios y estereotipos.

Una consideración especial, es que la forma en que se enseñen las ciencias exactas y naturales puede impactar en gran medida las habilidades para su aprendizaje, es por ello, que se considera especialmente dicho aspecto para el caso específico de la educación básica secundaria. La forma de enseñar las ciencias naturales y exactas se refiere específicamente a la **didáctica**, y esta se relaciona directamente con la calidad de la educación.

A la fecha, el sistema educativo aún está en mora con la propuesta de soluciones para mejorar la calidad educativa, y para resolver otros problemas como el de la cobertura y la pertinencia de la enseñanza. Ahora bien, además de que el tema de la

calidad en la educación no se ha superado, desde el siglo pasado han venido surgiendo nuevos retos que requieren de especial atención, entre ellos los relacionados con la sociedad del conocimiento, el énfasis en la investigación, el dominio de la tecnología y su incorporación a la educación.

Es importante señalar que la educación debe resolver problemas puntuales para cada uno de los retos que se le han planteado. Respecto a la calidad educativa De Zubiría (2015) afirma que en las últimas dos décadas en Colombia se hizo un buen trabajo para aumentar el acceso y la permanencia de las niñas, con lo cual, se logró que niños y niñas ingresaran a la escuela, pero aún no desarrollan habilidades importantes para sus vidas.

Las pruebas que pretenden medir la calidad educativa arrojaron resultados preocupantes al respecto. Por ejemplo, ni siquiera el 2% de los estudiantes colombianos reciben una educación de alta calidad. La calidad educativa se podría obtener mediante una acción planificada de parte de toda la comunidad educativa, en la cual se definan las competencias fundamentales necesarias para los estudiantes, la reflexión continua de los proyectos educativos institucionales, la formación permanente de los docentes, y una evaluación integral y formativa (De Zubiría 1015).

En otro sentido, la denominada **sociedad del conocimiento** plantea aspectos que se deben considerar en el ámbito educativo. Para Terraza (2013) la educación debe apuntar a dos elementos fundamentales: el conocimiento y la información. La educación debe ofrecer a los nuevos ciudadanos competencias y habilidades que posibiliten la adquisición, la transmisión y la aplicabilidad de conocimientos.

Para Acevedo y Espinoza (2019) todos los integrantes del sistema educativo deben considerar espacios propicios para la reflexión acerca de los aspectos necesarios que demanda la educación para la nueva sociedad del conocimiento. Es importante

entonces, que la educación se ocupe de los nuevos paradigmas de acuerdo con las exigencias y demandas de los cambios del globo.

Los nuevos retos impuestos por la sociedad del conocimiento para el sistema educativo se deben dirigir a desarrollar habilidades que permitan la identificación, el tratamiento, la transformación, la difusión y el uso de la información con el objeto de conceptualizar y aplicar los conocimientos necesarios para el bien común de la sociedad (UNESCO, 2005).

Así mismo, es tarea fundamental de la educación, reconocer el valor de la investigación en la sociedad del conocimiento, con el fin de que los niños y niñas se apropien del conocimiento y lo apliquen para beneficio de la sociedad en general. Para ello, el sistema educativo debe plantear y ejecutar estrategias educativas que den respuesta a todos los requerimientos. En este sentido es que las tecnologías de la información y la comunicación deben ayudar a lograr el replanteamiento de la educación (Terraza 2013).

De manera complementaria, la adquisición, el almacenamiento, la transmisión y la recepción de la información ocupa otro reto importante para el sistema educativo. Para Paur et al (2006) el manejo de la información debe considerarse como un aspecto que modifica todos los ámbitos en la vida cotidiana. Las nuevas sociedades valoran la calidad, la excelente administración y la facilidad para acceder a la información de tal forma que esta se convierte en un elemento clave en ellas.

Paur et al (2006) afirman que, para lograr tales fines, las personas deben poseer habilidades relacionadas con las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC). La lógica de las nuevas sociedades cambió, y la primera causa para no acceder al conocimiento es la excesiva cantidad de información. Por esta razón, los ciudadanos deben desarrollar competencias cognitivas permanentemente al respecto, y realizar acciones reflexivas frente a los innumerables cambios. El conocimiento entonces deja

de ser algo estático y se convierte en algo cambiante que se utiliza y se desecha de acuerdo con las necesidades.

Para Terraza (2013), las tecnologías de la información y la comunicación se deben integrar de manera apropiada a la educación con fundamentos basados en modelos pedagógicos ya existentes. Las nuevas tecnologías pueden aportar en el contexto educativos características fundamentales como:

- Facilidad en la comunicación.
- Ampliación de la cobertura.
- Almacenamiento y propagación de conocimiento
- Interactividad entre los diferentes actores.
- Trabajo colaborativo desde diferentes puntos cardinales.
- Autonomía en el aprendizaje.
- Cambio de roles docente-estudiante.
- Implementación de nuevas didácticas ajustadas a las necesidades.

Sin embargo, aunque la tecnología puede tener múltiples aplicaciones, en el caso de la educación es necesario incorporarla a la didáctica, a través de entornos educativos de aprendizaje y de herramientas interactivas que fomenten la motivación y faciliten la adquisición de competencias, particularmente en el campo de las ciencias naturales y exactas. En este sentido, Capuano (2011) reconoce que las tecnologías de la información y la comunicación, en ciertas situaciones, se pueden asumir como herramientas didácticas que pueden apoyar la enseñanza.

Según Tedesco (2011), la educación tiene por obligación enfrentar nuevos y complejos retos, y una de las dificultades se presenta en la debilidad de los paradigmas didácticos, teóricos y científicos que existen en educación. Al respecto, Valero et al. (2017) consideran que los modelos de enseñanza deben adaptarse a los nuevos retos planteados, para que desde la escuela el estudiante opte, por convicción y no por

frustración, a carreras afines a las ciencias naturales, las matemáticas y estudios tecnológicos.

Quijano (2012) plantea que para la educación no es posible afrontar los nuevos retos desde un enfoque de enseñanza tradicional. Es por ello, que la enseñanza de las ciencias naturales y exactas debe transformarse de manera que las relaciones entre docentes y estudiantes, conocimiento y problemáticas sociales se replantén desde la didáctica. En esta misma línea, la OCDE (2016) propone que para mejorar la calidad educativa se requieren de cambios en las prácticas de enseñanza en el aula.

Para Pozo et al. (2006), también existe la necesidad de modificar los modelos y las estrategias didácticas, al igual que las visiones que tienen los docentes y los estudiantes en el ejercicio pedagógico. Según Ruiz (2007), en los momentos que se requiere transformar la enseñanza, la didáctica adquiere mucha importancia, y las propuestas didácticas deben plantear nuevas estrategias para satisfacer las exigencias del entorno escolar.

Para Diaz et al. (2014) un factor definitivo que conlleva a que los estudiantes no adquieran el conocimiento en ciencias naturales y exactas, según lo deseado por el sistema educativo, es que dichas áreas del saber no se enseñan de manera adecuada. Aunque se reconoce que, en su mayoría, los docentes tienen dominio del tema pertinente en su área, una de las falencias que aparece es la forma como se están enseñando dichas áreas, es decir la didáctica.

Según Mora y Guido (2002), preocupa mucho el hecho de que la enseñanza de las ciencias naturales y exactas no ha cambiado mucho a pesar de las políticas e inversiones de parte del estado para transformar la forma de enseñar en estas disciplinas. El cuestionamiento se refiere a que los docentes “no enseñan ciencias, sino que dan ciencias”. Los autores afirman que, en la mayoría de los casos, el docente

“dicta” y ocupa todo el espacio con su voz, y niega de esta forma la participación de los estudiantes.

Mora y Guido (2002) argumentan que bajo estas condiciones no se puede generar en el estudiante sino aspectos negativos como la desmotivación, la indisciplina y desinterés por las ciencias naturales y exactas.

Alsina (2004), argumenta que el poco uso de materiales didácticos que faciliten el desarrollo de competencias en ciencias naturales y exactas es una de las causas de la desmotivación de los estudiantes para con las ciencias naturales.

En la didáctica educativa, como en otras disciplinas, constantemente se buscan estrategias que faciliten y logren su objetivo fundamental: enseñar. Mora y Guido (2002) afirman que se han evidenciado diferentes propuestas respecto a la didáctica para la enseñanza de las ciencias naturales y exactas; en orden cronológico: el modelo didáctico basado en el descubrimiento, o didácticas que se fundamentan en la experimentación y el modelo didáctico constructivista, entre otros.

Velasco (2012 como se citó en Quijano, 2012) desarrolló una propuesta dirigida a replantear los procesos de enseñanza y aprendizaje mediante la investigación dirigida. La propuesta pretendía que en todo momento el estudiante cumpliera con funciones similares a las que realiza un científico, siempre orientado por su docente. Además, el proceso se orientaba por el planteamiento de un problema en el cual los estudiantes estaban en la búsqueda permanente de su solución. La experiencia se realizó con estudiantes de grado 6º en una institución oficial.

Según Caballero y Recio (2007) existen tendencias didácticas que apuntan a satisfacer la necesidad de la formación de una conciencia científica para lograr una sociedad sostenible. Entre ellas, se pueden mencionar: el *Proyecto Nuffield* para la enseñanza de las Ciencias; el Manual de la UNESCO para la enseñanza de las ciencias y el enfoque STEM.

Caballero y Recio (2007) afirman que los diferentes programas pretenden que las ciencias naturales y exactas se enseñen de forma que se motive al estudiante, con una didáctica dinámica y acorde al contexto y a las edades de los estudiantes. Para ello, se debe trabajar en lo siguiente:

- Desarrollar más habilidades y competencias, y no centrarse tanto en la memoria.
- Considerar en todo momento las experiencias de los estudiantes.
- Vincular la teoría con la práctica.
- Promover la inmersión de las nuevas tecnologías en las didácticas existentes con el fin de enriquecer el proceso educativo.
- Relacionar la ciencia, la tecnología y la sociedad.
- Aportar a la identificación y solución de problemas reales.
- Integrar áreas para garantizar la aplicabilidad de los conocimientos.

Como respuesta a estas inquietudes surge el enfoque STEM. Para Chen (2019), STEM como integración explícita de las ciencias, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas, se presenta como un enfoque didáctico alterno, y presenta un enfoque práctico que involucra tanto recursos metodológicos como didácticos. Bosch et al. (2011) resaltan que el enfoque STEM es transdisciplinario, lo cual facilita la comprensión de problemas reales y conceptos propios de las áreas del conocimiento.

Chen (2019), además, describe al enfoque STEM como un modelo que busca el aprendizaje, mediante la motivación del estudiante en ambientes de diseño y construcción que contribuyen a desarrollar el trabajo en equipo, la creatividad, el pensamiento crítico y la conciencia social, entre otros.

Según Botero (2018) el enfoque STEM permite desarrollar las siguientes habilidades:

- Pensamiento crítico.
- Solución de problemas.
- Investigación.
- Creatividad
- Comunicación.
- Colaboración.

Para STEM, el uso de la tecnología es obligatorio, lo cual soporta las mediciones, la experimentación, la simulación y el procesamiento ágil de la información (Bosch et al. 2011).

Así mismo, STEM es un enfoque didáctico que permite al estudiante acceder al conocimiento de manera holística, de forma que pueda proponer identificar y proponer soluciones a problemas reales. Además, prioriza la participación del estudiante en todo momento de su proceso de aprendizaje y lo motiva a implementar procesos de invención y de innovación. Para realizar actividades STEM, el aula de clase debe estar dotada, espacios para crear, hacer, diseñar y realizar pruebas orientadas a problemas propuestos desde la misma clase. El enfoque STEM respeta los ritmos de aprendizaje y tiene en cuenta todos los aportes de los estudiantes, así mismo, el error nunca se desecha, sino que da fuertes lineamientos para encaminar hacia el objetivo. Por último, se menciona que el enfoque STEM reconoce las habilidades de todos los estudiantes mediante el trabajo en equipo y la distribución de roles (Botero 2018)

Por otra parte, según Bosch et al. (2011), varios países consideran la formación científica como una prioridad. En la última década Estados Unidos fijó políticas educativas gubernamentales para la educación en ciencias, tecnologías, ingeniería y las

matemáticas, con lo cual se pretendía formar a los estudiantes en competencias básicas STEM antes de ingresar a la universidad.

Así mismo, la unión europea cuenta con varios programas que fortalecen la enseñanza de las matemáticas y las demás áreas STEM para desarrollar los tres pilares del conocimiento: educación, investigación e innovación. Por su parte Singapur, capacitó cerca de 30.000 docentes para aumentar sus habilidades en el enfoque STEM durante el 2010 (Bosch et al, 2011).

En Colombia, aunque las políticas educativas no impactan todo el territorio, si hay regiones que se han enfocado en STEM. La Red STEM Latinoamérica (2020) afirma que para el 2025, el propósito del estado colombiano es contar con la mejor calidad educativa del continente, por lo que para cumplir ese propósito y en convenio con la Fundación Siemens Colombia, se implementaron programas STEM en varias capitales del país. En este orden, en el departamento de Antioquia se implantaron centros para intercambiar experiencias STEM.

Así mismo, el municipio de Medellín ha evolucionado hasta llegar a lo que se denomina *Medellín Territorio STEM +H*, lo cual fue declarado en el 2014, y pretendía llevar la educación STEM a todas las instituciones educativas de la ciudad (Secretaría Educación Medellín 2017).

Sin embargo, Bosch et al. (2011) cuestionan el alto déficit de personas y de grupos interdisciplinarios para desempeñarse en las áreas STEM. En Colombia, la necesidad de que los jóvenes se preparen y enfrenten problemas de ingeniería, media ambiente, salud social, entre otros, genera preocupación acerca de la manera en que se deben enseñar las ciencias naturales y exactas, en edades claves para formar futuros profesionales STEM.

Así mismo, según Botero (2018) en Colombia, pocas instituciones educativas orientan sus áreas de conocimiento de forma integrada, es más, muchos no determinan a la ingeniería como un área obligatoria.

Con base en todas las problemáticas escritas anteriormente se plantea la pregunta de investigación.

1.2. Formulación de la pregunta de investigación

¿Cuál es la efectividad de la educación STEM en el desarrollo de competencias matemáticas y mecánicas en estudiantes de género femenino de los grados 8° y 9° del ciclo de educación básica secundaria, de la Institución Educativa Lorenza Villegas de Santos, de la Comuna 4 de la ciudad de Medellín, Colombia?

1.3. Hipótesis

Dado que se trata de una investigación evaluativa, para llevar a cabo este estudio es necesario formular hipótesis. Para Kerlinger y Lee (2002) la hipótesis es un supuesto verificable que relaciona dos o más variables. En el enunciado de la hipótesis, se induce a la prueba de las relaciones que existen entre las variables a lo largo de la investigación.

Por otra parte, según Hurtado (2012) la investigación evaluativa implica una relación causa–efecto entre las variables, de manera tal que la evaluación se basa en los efectos que tuvo la variable independiente (proceso causal), implícita en el programa, sobre la dependiente (evento a modificar), por lo cual es de obligatoriedad la formulación de la hipótesis. En la investigación evaluativa se espera evaluar el cambio que presenta el evento de estudio debido a la aplicación de un programa ya diseñado. En consecuencia, lo anterior está sujeto a la formulación de una hipótesis para probar

que existen variables dentro del programa que modifican directamente el evento de estudio. Las hipótesis formuladas para la presente investigación son las siguientes:

1.3.1. Hipótesis general

La estrategia de aprendizaje basada en el enfoque STEM influye positivamente en el desarrollo de competencias de razonamiento matemático y mecánico, en estudiantes de básica secundaria.

1.3.2. Hipótesis específicas

Hipótesis 1: Los puntajes en las áreas de ciencias naturales y matemáticas de las estudiantes del **grupo control** después de la intervención serán similares a los obtenidos antes de la intervención (contrastación grupo control antes-después).

Hipótesis 2: Los puntajes en las áreas de ciencias naturales y matemáticas de las estudiantes del **grupo experimental** después de la intervención serán significativamente mayores a los obtenidos antes de la intervención (contrastación grupo experimental antes-después).

Hipótesis 3: Los puntajes del grupo experimental, en ambas áreas de conocimiento serán significativamente mayores a los obtenidos por el grupo control, después de la intervención (contrastación grupo control-grupo experimental después).

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

Evaluar la efectividad de la educación STEM en el desarrollo de competencias matemáticas y mecánicas en niñas estudiantes de educación básica secundaria de la

Institución Educativa Lorenza Villegas de Santos, de la Comuna 4 de la ciudad de Medellín, Colombia.

1.4.2. Objetivos específicos

- Caracterizar el rendimiento académico en las áreas de Matemáticas y Ciencias Naturales en las estudiantes de 8° y 9° adscritas en el nivel de básica secundaria, que pertenecen tanto al grupo control como al grupo experimental, como indicadores de competencias matemáticas y mecánicas antes de la intervención.
- Comparar el rendimiento en las áreas de Matemáticas y Ciencias Naturales de las estudiantes de los grados 8° y 9° de básica secundaria del grupo control con las del grupo experimental, como indicadores de competencias matemáticas y mecánicas antes de la intervención.
- Determinar, durante la actividades y prácticas STEM realizadas con los integrantes del grupo experimental, los cambios que se generan en el desarrollo de sus competencias en razonamiento matemático y mecánico.
- Caracterizar el rendimiento académico de las estudiantes de los grados 8° y 9° de la muestra después de la intervención en las áreas de matemáticas y ciencias naturales.
- Valorar las competencias matemáticas y mecánicas de las estudiantes del grupo control y del grupo experimental después de la aplicación de la estrategia de aprendizaje basada en la educación STEM.
- Evaluar los cambios en el rendimiento de las estudiantes del grupo control y del grupo experimental, en las áreas de Matemáticas y Ciencias Naturales, a partir de la comparación, en cada grupo, antes y después de la aplicación de la estrategia de aprendizaje basada en el enfoque STEM.

1.5. Justificación e impacto

La presente investigación se justifica con base en las situaciones que se describen a continuación.

En primer lugar, el estudio tiene razón de ser a partir de la importancia de la educación como derecho fundamental del ser humano y como generadora de transformaciones que dan pie a una mejor realidad, mediante el desarrollo de la sociedad y es fundamental para solucionar los problemas de la humanidad, y de cualquier forma de vida del planeta (Hernández, 2015).

También surge como una preocupación frente a las problemáticas actuales como la **cobertura, la calidad y la pertinencia** educativa, que requieren atención casi que de inmediato. Sin embargo, las nuevas formas de vida han replanteado otras situaciones que deben ser asumidas como retos educativos.

Una de las tendencias que también da origen a este estudio es el impacto de las transformaciones sociales asociadas al surgimiento de nuevas tecnologías que calificarán de obsoletas a las ya existentes. Este proceso está vinculado a lo que Sakaiya (1995) concibe como la **sociedad del conocimiento**: una sociedad totalmente diferente a la que el ser humano había concebido, en la cual y los estilos de vida se verán modificadas en todos los sentidos.

En cuanto a esta tendencia, para Echeverría y Martínez (2018), las nuevas condiciones planteadas por la sociedad impondrán ritmos y condiciones de vida impensables hasta el momento, lo cual, influenciado por la **revolución 4.0**, integrará conocimientos que solo se pueden desarrollar mediante la educación. Varios aspectos cotidianos se verán transformados por dicha revolución, como la interacción, la comunicación, la salud, el tiempo libre promedio de las personas, y el mundo laboral, por mencionar solo algunos.

Otro aspecto que justifica la investigación es considerar la importancia de la formación por ciclos. Ello se debe a que la educación debe ser un proceso permanente que oriente al estudiante de manera progresiva en su formación integral. En este sentido, el Congreso de la República de Colombia (1994), en su Ley General de educación, la ley 115, decretó que los niños de las edades comprendidas entre los tres y cinco años deben cursar el nivel prescolar de manera progresiva en los grados prejardín, jardín y transición y, además estructura por niveles el ciclo educativo colombiano. Para ello definió que el nivel de **educación básica** debe atender a niños y niñas en la edad comprendida entre los 6 y 14 años, y que está dividido en la educación básica primaria y en la educación básica secundaria.

Un aspecto importante para justificar esta investigación es la **calidad educativa**. Según Ducoing y Barrón (2017) un sistema que garantice la calidad educativa brinda las mejores opciones para mejorar las condiciones de vida de una sociedad. Ducoing y Barrón (2017) consideran la calidad educativa se ve afectada por varios factores, entre ellos, la inversión en educación, las políticas educativas, los objetivos planteados, los modelos pedagógicos y didácticos, recursos e infraestructura y el sistema evaluativo propuesto. En este sentido, Campos y Ramos (2015) afirman que, en Colombia, la calidad educativa se ve altamente afectada por la corrupción, las discriminaciones de cualquier tipo y el problema de implementar políticas educativas nacionales sin tener en cuenta las necesidades locales.

Por otra parte, este estudio también tiene sentido en la obligatoriedad de las áreas de matemáticas y ciencias naturales, debido a que han sido catalogadas como fundamentales (Congreso de la República de Colombia, 1994), Según el Ministerio de Educación Nacional de Colombia (1994), los estudiantes deben adquirir conocimientos, destrezas y habilidades en: razonamiento lógico; interpretación y solución de problemas que vinculen las ciencias y la tecnología; comprensión de fenómenos físicos, químicos y biológicos; aplicación conocimientos y, con ello,

desarrollo de procesos de innovación que lleven a la mejora de productos, procesos y sistemas.

Las falencias en el sistema educativo propician dificultades en cuanto a las habilidades que se deben desarrollar en el estudiante, relacionadas con **las ciencias naturales y exactas**. Meneses et al. (2013) afirman que el rendimiento académico no solo es producto del trabajo realizado por el estudiante, es importante considerarlo como la suma de factores que pueden ser internos o externos a él. Entre ellos están falta de interés de parte del estudiante, las dificultades para el pensamiento numérico, la forma en que los profesores enseñan dichas asignaturas, el poco acompañamiento de parte de la familia y la orientación de las áreas desde un enfoque personal, entre otras. Debido a estas causas, los egresados eligen con poca frecuencia, como opción vocacional, a las ciencias naturales y exactas.

Según el diario El Colombiano (2015) en los últimos años en Colombia no se ha graduado ningún agrólogo, oceanógrafo físico o estadístico informático. Así también, carreras como matemáticas aplicadas no sobrepasan los cinco estudiantes con título. Preocupa el hecho de que los programas que menos escogen los estudiantes que van a comenzar su ciclo profesional tienen poca relación con disciplinas como la ciencia, la tecnología y las matemáticas. Al parecer, se presenta gran desmotivación hacia dichos programas y uno de las razones es el proceso formativo de la escuela básica secundaria.

Otras situaciones que justifican la propuesta son las diferentes situaciones que dificultan los propósitos de la educación básica secundaria, como la cobertura, la permanencia, la pertinencia y la calidad educativa. Respecto a la pertinencia Pérez (2009), plantea que la educación que tiene una relación coherente con los intereses y las necesidades del contexto se puede calificar como pertinente. En este sentido, Gil (2015), afirma que la pertinencia en la educación radica en que se logren desarrollar competencias que tengan un efecto positivo para que los estudiantes transformen sus realidades.

Es por ello por lo que la educación básica secundaria debe resolver el problema de la descontextualización de los contenidos. Para Gutiérrez et al (2016) los estudiantes evidencian una realidad de acuerdo con su contexto, y la educación no brinda un conocimiento significativo para resolver problemas propios de su entorno.

Por otra parte, la educación debe impactar a todas las personas sin importar la condición. La ONU (1948) afirma que la educación debe llegar a todas las personas sin dar pie a **discriminación** alguna. Sin embargo, la mujer es una de las más afectadas en el contexto educativo. Sus posibilidades se coartan respecto a su desarrollo integral, con base en motivos estructurales y culturales. Este fenómeno no solo perjudica a las mujeres, sino que también lo hace con la sociedad en general debido a que la priva de soluciones que pueden surgir de este grupo social (Arredondo et al, 2019). Por ello se justifica el hecho de que este estudio se centre en estudiantes de género femenino.

La discriminación de género victimiza a la mujer y la afecta en cuanto a su dignidad, integridad física y psicológica, lo que conlleva a que la mujer no pueda desempeñarse de acuerdo con sus capacidades y aspiraciones (INADI, 2018). Los estereotipos que definen los perfiles por género son heredados y transmitidos en el tiempo, es importante, entonces, desarrollar campañas gubernamentales que impacten desde el hogar, la escuela, y la sociedad en general para potenciar los logros de la mujer en cualquier campo (Ribas, 2012).

Al igual que en las otras áreas del conocimiento, las ciencias naturales y exactas se ven afectadas por los mismos fenómenos que ocurren de manera general. Pero una situación particular, que preocupa en torno a la enseñanza de las ciencias naturales y exactas, es la forma en que estás se enseñan. Por lo tanto, otra justificación que se puede mencionar es la **didáctica** aplicada a la enseñanza de las ciencias exactas y naturales.

Según Casasola (2020) la didáctica se debe pensar antes, durante y después del acto de enseñanza y aprendizaje. En este espacio, el docente debe reflexionar de manera

holística sobre todos los momentos y recursos necesarios para propiciar espacios de aprendizaje idóneos que cumplan con el objetivo de la enseñanza.

El modelo didáctico siempre está asociado a un modelo pedagógico, y una situación común es que el docente utiliza el modelo que él considera es el más acertado. Para Ruiz (2007) uno de los modelos que más ha perdurado durante los años es el modelo de enseñanza por transmisión.

La didáctica ofrece al docente herramientas, conocimientos y métodos para llevar a cabo procesos formativos que obligan la selección de contenidos significativos y de elementos esenciales y necesarios para hacer de la enseñanza y el aprendizaje procesos agradables con un resultado satisfactorio respecto a desempeño de los estudiantes (Abraham et al., 2010)

Una tendencia importante que puede aportar al mejoramiento de la enseñanza de las ciencias exactas y naturales es el enfoque STEM. Entre las características del enfoque STEM se plantean: el cambio de rol tanto del docente como del estudiante, el considerar los conocimientos previos de los estudiantes, el permitir el rediseño a partir de los errores, y orientar siempre el aprendizaje a resolver un problema.

Otro aspecto preocupante es que el sistema educativo colombiano segregá las áreas del conocimiento. El enfoque STEM hace necesario el uso de las matemáticas, de los conceptos de ciencias naturales, del trabajo colaborativo, el diseño, la ingeniería, la programación y demás competencias propias del pensamiento científico. En este sentido, Hernández (2015) considera conveniente integrar disciplinas mediante la propuesta de retos y el trabajo en equipo, para promover las virtudes de los estudiantes mediante el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo, por parte de todas las personas que actúen en el acto educativo.

El enfoque STEM puede tener un verdadero impacto en aspectos sociales, económicos, y laborales, pero para ello, se deben asumir cambios de todo tipo de paradigmas para su implementación en el sistema educativo (Bybee, 2010).

Con base en todo lo anterior, se reúnen ciertas condiciones en la Institución educativa Lorenza Villegas de Santos de la ciudad de Medellín, que justifican su elección para este estudio: es una institución pública y de carácter femenino, además, existe desinterés de las estudiantes hacia las ciencias naturales y exactas; el bajo rendimiento obtenido en la aplicación de las pruebas censales a nivel nacional, la segregación de las áreas debido al modelo pedagógico implementado en el colegio y a las directrices del Ministerio de Educación Nacional. Además, a todo esto se suma el bajo porcentaje acceso, de niñas egresadas del colegio, a carreras universitarias, sobretodo en áreas STEM, así como el alto porcentaje de ellas, que realizan trabajos no calificados.

Por otra parte, los aportes que se podrían derivar de este trabajo son los siguientes:

- Proponer nuevas estrategias en la enseñanza de las ciencias exactas y naturales, a partir de la implementación del enfoque STEM en el contexto educativo colombiano.
- Contribuir al proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales y exactas, con el énfasis de la necesidad de la integración de las áreas y propiciar que se considere la importancia de la ingeniería como un área del conocimiento necesaria para la formación del estudiante.
- Además, se espera ampliar la implementación del enfoque STEM, que tiene características ajena a un contexto local como el colombiano, en el cual, se deben

realizar adaptaciones que brinden las condiciones necesarias para el contexto que ofrece la ciudad.

- Otro aporte importante es la discusión que se puede generar a partir de la reflexión acerca de la discriminación de género en la sociedad y sus consecuencias en el ámbito educativo.
- Presentar opciones didácticas vinculadas a la robótica educativa para mejorar las competencias mecánicas y matemáticas en las estudiantes de la educación básica secundaria.
- Proponer a la ingeniería como área de conocimiento fundamental en el currículo de la educación básica secundaria.

En el caso del Doctorado en Educación de la Universidad Metropolitana de Educación, ciencia y tecnología (UMECIT), este trabajo se ubica en la línea de investigación **Educación y sociedad**. Dicha línea sustenta que la educación es el principal soporte para el desarrollo de la sociedad, particularmente si se considera que las consecuencias de una inversión educativa planificada llevan a una mejor calidad de vida para todas las personas, además de desarrollar competencias necesarias en la nueva sociedad del conocimiento y de garantizar la equidad con la eliminación de cualquier tipo de discriminación (UMECIT, 2016).

Además, esta propuesta se enmarca en el área **docencia y currículo**, en el eje temático **didáctica general**. Esto debido a la importancia de una reflexión constante respecto a la forma, la metodología y las condiciones que debe considerar el docente en su ejercicio de enseñanza para poder brindar una educación con calidad a todas las personas.

CAPÍTULO II.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Bases teóricas, investigativas, conceptuales y legales

2.1.1. Bases teóricas

Para Pozo et al. (2004), el término educación, etimológicamente surge de la raíz latina *Educere* que significa conducir desde adentro hacia afuera. Visto de esta forma, la educación debe entender como la posibilidad de que la persona desarrolle todas sus potencialidades de acuerdo con sus capacidades.

Así mismo, Pozo et al. (2004) propone una segunda raíz latina para Educación, *Educare*. Dicho término hace alusión a todas las actividades que se realizan para formar, guiar e instruir a la persona para pueda vivir de manera adecuada en sociedad.

Pozo (2004) plantea que la educación debe considerarse como un conjunto de influencias tanto internas como externas. La educación debe asumir la interacción entre las capacidades de la persona para desarrollarse y las condiciones que provienen del entorno. En este sentido, la ONU (1948) plantea que la Educación presenta como primordial objetivo el desarrollo pleno de la personalidad, y promulgará el respeto por los derechos, la tolerancia y las libertades fundamentales de cada persona.

La educación es el motor para que la sociedad progrese de manera que todas las personas se desarrolleen integralmente según sus gustos, capacidades, limitaciones y destrezas, pero con la intención de disminuir la desigualdad de cualquier tipo.

Además, Morales (2019) plantea que el desarrollo de una nación depende exclusivamente de la educación impartida junto con el avance de ciencia y tecnología que haya alcanzado, para poder afrontar los retos futuros en todos los campos. Según este autor, la educación debe ser una de las prioridades de todos los gobiernos para mejorar las prácticas de vida de la sociedad en general.

Así mismo, Hernández (2015) afirma que la educación genera transformaciones que dan pie a una mejor realidad mediante el desarrollo de la sociedad. Su importancia radica en que es fundamental para solucionar todos los problemas que se presenten, no solo a una sociedad en particular, sino también en cualquier contexto global. Hernández (2015) plantea la importancia de llevar lo aprendido mediante el proceso educativo a situaciones propias de la vida cotidiana para que el estudiante encuentre sentido a lo que se le enseña, y así encuentre el gusto por aprender.

Esta prioridad de la educación se basa en que ella es una condición necesaria que garantiza el óptimo desempeño del ciudadano, la empleabilidad y la competitividad (Tedesco, 2011). Olivan (2015) también reconoce la responsabilidad de la educación para suplir las necesidades planteadas por la empleabilidad. En los próximos años, el mercado laboral se dividirá en dos, los que puedan dominar el conocimiento y los que realicen tareas repetitivas sin ejercer el acto de pensar.

Si bien, la educación es vista como la mejor opción para afrontar todos los retos que debe asumir la humanidad, es normal encontrar contenidos, didácticas, modelos educativos, currículos y metodologías de enseñanza, que muestran no estar a la altura respecto a lo que exige la sociedad actual, aunque de las cuales se podrían rescatar bastantes elementos positivos.

Hay unas situaciones críticas que la educación ha intentado resolver durante décadas, entre ellas se encuentran la necesidad de llegar a todos los sectores (cobertura), la adecuación a las exigencias sociales y económicas (pertinencia) y la efectividad de los procesos de enseñanza (calidad), pero además de estas problemáticas, en las últimas décadas se han sumado otras exigencias que se originan de los cambios de la sociedad industrial a la sociedad el conocimiento.

Según Morales (2019) el nivel del progreso de una nación es directamente proporcional a la posibilidad de accesos y permanencia que se ofrezcan a sus

ciudadanos en educación, debido a que se garantiza que la población pueda responder a los nuevos retos sociales planteados, con lo cual se propicia menor desigualdad social, mejor calidad de vida y una mayor empleabilidad, entre otros.

Para Hernández (2015) los cambios sociales ocurren de una manera tan vertiginosa que es casi que imposible que la educación este a la par de ellos. Es importante entonces que la educación desarrolle un pensamiento crítico en las personas para resolver todas las situaciones que se puedan presentar en la sociedad en cualquier campo, situaciones que en ningún momento podrán plantearse en un aula de clase.

Dada la importancia de la educación para todo ser humano, la ONU (1948) la ha considerado como un derecho que debe llegar a todas las personas de manera equitativa, sin distinción de raza, credo, posición económica y social sin dar pie a discriminación alguna.

En este sentido, las dinámicas a la que están sometidas constantemente las diferentes formas de vida hacen conveniente que la educación apunte, no solo a una actualización, sino que también sea promisoria respecto a los retos y dificultades que se debe afrontar en el mundo actual. Para Capella (2000), las instituciones educativas y los profesionales en educación, deben educar a las personas para ser ciudadanos cosmopolitas, pero ubicados en su contexto regional.

La globalización es una de estas tendencias que está marcando de manera definitiva a la educación. Según Capella (2000), la globalización presenta aspectos positivos, como la conciencia global sobre los problemas comunes que afronta la humanidad, y es allí donde la misión de la educación debe apuntar para obtener soluciones que competen a la sociedad en general y no solo a aquellos que sean más afectados. Así mismo, la educación debe afrontar los aspectos negativos de la globalización y educar en cada contexto, a partir de los aspectos que fortalezcan la soberanía y costumbres regionales.

Capella (2000) recalca que la educación debe fortalecer la identidad y las formas culturales de los diferentes grupos sociales. En concordancia con ello, la educación debe propiciar la sana convivencia entre culturas, pero a su vez, debe garantizar que no se afecte de manera negativa ninguna de ellas, es decir, globalización e identidad cultural son aspectos complementarios.

Lejos de esta preocupación por la globalización, al parecer, una de las misiones de la educación se centra en generar trabajadores productivos que tengan como norte la competitividad con fines económicos. Al respecto Mersé y Tula (2013) cuestionan a la sociedad industrial, al afirmar que no se puede pensar en que la misión fundamental de la educación sea capacitar personas para realizar trabajo técnicos y repetitivos. Sin desconocer que debe ser una de los de las misiones de la educación, asumirla como la única misión, es un error en el cual se ha incurrido comúnmente.

Delors (1996) estima que la educación, para lograr su propósito, debe sobrepasar las paredes de la escuela, por eso, a lo largo de toda la vida la educación se debe basar en cuatro pilares: aprender a conocer, aprender a hacer, aprender a vivir juntos y aprender a ser.

Hay que reconocer que la educación se ha ocupado más de los dos primeros pilares. Argumenta Delors (1996) que, aunque la educación ha privilegiado estos dos pilares principalmente, tampoco los ha asumido de la mejor forma. Es por esto que el tercer y cuarto pilar propuestos se están asumiendo como meras extensiones de las anteriores y, además, con poco peso; por ello es obligatorio asumirlas como fundamentales.

Según Delors (1996), el primer pilar de la educación, aprender a conocer, abarca las actividades orientadas para brindar todas las condiciones para que el individuo comprenda su entorno. Este pilar puede ser valorado como el que más atención ha tenido históricamente respecto a la educación, sin embargo, su reevaluación debe ser

tenida en cuenta, pues la educación ya no se puede limitar solamente a la adquisición mecánica de información.

El aprender a conocer, no se puede limitar a la incorporación de conocimientos que parten del educador como verdad universal, y donde el estudiante es un ente pasivo, de manera que se desconocen sus potencialidades, dificultades y necesidades contextuales. Al parecer, en este pilar se parte de suposiciones incorrectas, y por ello el proceso enseñanza y aprendizaje no es efectivo.

Delors (1996) plantea que el segundo pilar -el aprender a hacer-, está condicionado principalmente por el mercado laboral y los desconocidos retos que vendrán para la educación. Este pilar debe estar acompañado por el aprender a conocer en todo momento, y su funcionalidad ha evolucionado de tal manera, que pasó de la preparación técnica de una persona para realizar tareas mecánicas y repetitivas, a la creación de sistemas inteligentes que involucran pensamiento crítico y complejo de alto nivel.

Delors (1994) trabaja como premisa que la educación es, además, la herramienta fundamental para propiciar la convivencia, disminuir la pobreza, cualquier tipo de discriminación, los maltratos y generar el desarrollo integral de cada persona de manera libre y autónoma. Por ello, aprender a vivir juntos -denominado el tercer pilar- no implica que desaparezcan los conflictos porque, por las características de la naturaleza humana, estos deben existir. Pero, se debe apuntar a solucionarlos de manera que se respete en todo momento la condición humana. Si la educación logra que las personas aprendan a convivir, esto se hará extensivo a la convivencia con las demás formas de vida, y se logrará un equilibrio que, en muchas ocasiones, podría parecer utópico.

Así mismo, Delors (1996) asume que el cuarto pilar, no menos importante, es aprender a ser, y apunta a las diferentes dimensiones del ser humano: cuerpo, mente, inteligencia, sensibilidad, estética, responsabilidad y espiritualidad. Este pilar debe

fortalecer en la persona un juicio crítico respecto a sus competencias adquiridas, y respecto a los demás pilares, para que su comportamiento y sus decisiones contribuyan a logro de una sociedad sostenible.

Lograr una formación humana integral implica reflexionar permanentemente en cuanto a lo que se enseña, cómo se enseña y para qué se enseña. Esto es obligatorio en educación, pero, además, es necesario pensar en ella como el motor de desarrollos en otros campos, como el político, el económico, el cultural y el social.

Las transformaciones sociales, económicas y políticas en la sociedad se hacen obligatorias y se aceleran, sobre todo con la aparición de los avances científicos y de los nuevos adelantos tecnológicos. Lo directamente implicado con estos cambios es la forma de vida en las sociedades, debido que, a lo largo del tiempo, sus consecuencias modifican de manera imperante todas las costumbres y culturas existentes. Como es de esperarse, estas transformaciones generan nuevos retos para la sostenibilidad, tanto del planeta como de la especie humana.

Sumadas a las dificultades que ya se tenían por enfrentar –la cobertura, la calidad, la pertinencia-, aparecen problemáticas del mundo actual y retos globales que obligan a que se les preste atención casi que de inmediato. No solo se deben asumir las dificultades con respecto al medio ambiente, sino que, además, la forma de vida de los seres humanos está cambiando de manera abrupta con la imposición que presenta la tecnología. Esta, imposición puede presentar varias aristas, unas positivas y otras no tan positivas, lo cierto es que deben ser asumidas por la educación para sacar el mayor provecho de ellas.

Así mismo, en el cumplimiento de la difícil tarea de formar al ser humano, la educación debe afrontar otros retos. Para Tedesco (2011) uno de estos retos consiste en el manejo del alto volumen de información y la velocidad inimaginable para la producción de conocimiento. Es por ello que la educación debe desarrollar, en las

personas, la capacidad de producir y de utilizar el conocimiento, y despojarse de la idea de únicamente transmitir información.

Esta característica de la sociedad actual, relacionada con la importancia del conocimiento, ha dado lugar a la denominación que se le ha atribuido desde hace varios años como “sociedad del conocimiento”. Sakaiya (1995). Al referirse a la sociedad del conocimiento señala que esta corresponderá a un estilo de vida muy diferente a los anteriores, y que suplantará a la sociedad industrial.

En la era de la revolución industrial, la misión de la educación era totalmente diferente a la que se le atribuye hoy en día. En ese período la prioridad era capacitar a las personas como mano de obra.

Según Mayoral (2006), para llevar a cabo la revolución industrial, se necesitaban materiales, cualificación, calidad en los procesos y productos. Es por ello que se debieron desarrollar programas educativos para lograr la cualificación necesaria en las nuevas ocupaciones emergentes, pero dicha alfabetización industrial se acentuó entre las élites, lo cual, desafortunadamente, se sigue observando actualmente.

Para Mayoral (2006), la primera revolución industrial planteó entonces el término de mano de obra calificada, lo cual hizo que se estratificaran perfiles laborales de acuerdo con una posición social dada, y esto contradice la postura del desarrollo integral de la persona, y justifica políticas de discriminación de género, raza, por creencias religiosas, entre muchas otras. Pero la educación no solo afecta el desempeño y las competencias laborales de un empleado, la formación personal impacta de manera positiva la calidad de vida para toda la sociedad.

Para referirse al tipo de sociedad que ha ido surgiendo en las últimas décadas, Pérez (2016) continúa utilizado el término “industrial”, y describe lo que él ha llamado la segunda, tercera y cuarta revolución industrial.

La **segunda revolución industrial** inició a mediados del siglo XIX, focalizada en el manejo de energías para lo cual era necesaria la aplicación de la ciencia y el desarrollo tecnológico de ese momento. Según Mayoral (2006) esto hizo obligatorio el dominio del conocimiento científico, el cual permitía dar pie al avance tecnológico.

Para González (2020), la segunda revolución industrial se caracterizó, en sus inicios, por el dominio sobre los metales, debido a la necesidad de producción para los medios de transporte existentes en la época. A esto, se le sumó el desarrollo de la ingeniería química y la electricidad como fuentes de energía emergentes.

González (2020) plantea que, posteriormente, para suplir las nuevas demandas de la época respecto a la nueva organización laboral, el sistema educativo implementó formación específica que incorporó temas como tipos de materiales, energía, termodinámica, física aplicada a sistemas de transporte, y sistemas comunicaciones emergentes como el telégrafo.

Para González (2020) la denominada **tercera revolución industrial**, se fundamentó en las nuevas tecnologías de la información y la comunicación, además del desarrollo de las nuevas energías renovables. En esta época, la educación debía resolver problemas como formas de transporte más rápidos, cómodos y amigables con el medio ambiente.

Pérez (2016), al describir la **cuarta revolución industrial**, señala que esta viene acompañada por grandes innovaciones, por lo tanto, serán necesarias diferentes destrezas y habilidades para el trabajador. En consideración la educación, esta deberá plantear actividades pedagógicas que se enfoquen en fortalecer las habilidades necesarias en estos nuevos y cambiantes escenarios.

Lo más importante para suplir a cabalidad estos nuevos retos es identificar las megas tendencias que, según Pérez (2016), serán constantes a lo largo de la cuarta

revolución, como son: las innovaciones digitales, las innovaciones biológicas y las innovaciones físicas.

Así mismo, Oliván (2015) plantea que hay tres campos se van a modificar debido a la cuarta revolución industrial: el campo laboral, las formas de gobierno y las empresas. Por lo tanto, será necesario replantear el papel de la persona en los nuevos contextos. para las ciudades de un futuro no muy lejano.

Por otra parte, el planteamiento de Sakaiya (1995) va en otra dirección diferente a la de Pérez (2016). Ya desde 1991 Sakaya comenzó a distinguir la sociedad del conocimiento de la sociedad industrial, de manera que la sociedad del conocimiento se manifestaba como una ruptura de las condiciones anteriores, y sus características estaban fuera de cualquier categorización asociada a lo industrial.

Incluso Sakaiya (1995) hace una distinción entre quienes visualizan los cambios como un asunto de grados de perfeccionamiento de la sociedad industrial, y quienes los visualizan como un cambio radical en el cual la sociedad industrial tiene que quedar atrás para dar paso a esta nueva sociedad, que en última instancia es lo que Sakaiya denomina **sociedad del conocimiento**.

El tema es que esta nueva sociedad no se distingue por el hecho de que haya una mayor cantidad de conocimiento, ni por un mayor uso de la tecnología, sino por la forma como el conocimiento y la tecnología se convierten en directrices que reordenan todas las formas de relación social y económica.

Para Sakaiya (1995) todos los cambios que se están presentando gestionarán el nacimiento de una nueva sociedad con estructuras totalmente diferentes a las que hasta el momento se conocían. Con lo anterior, para este autor, es inminente la muerte de la sociedad industrial.

Sakaiya (1995) sugiere un paralelo entre los que piensan que la sociedad del futuro estará marcada por el progreso avanzado de la tecnología, *versus* los que creen que el modelo de sociedad industrial, interiorizado en la sociedad, va a desaparecer del todo, y será reemplazado por aspectos totalmente diferentes a los conocidos. Es decir, Sakaiya (1995) contrapone a los que visualizan una sociedad tecnológicamente avanzada contra los que proponen que en el futuro emergirá una nueva sociedad.

Sakaiya (1995) considera que de parte de los que piensan que la sociedad futura se caracterizará solo por ser tecnológicamente avanzada aciertan en que describen posibles casos reales y evolutivos que pueden ocurrir en el campo de la tecnología y la industria, entre otros, pero caen en el error de no percibir lo variado y diverso que puede ser el mundo. Bajo este argumento, pone en evidencia que dichos pensadores se equivocan en que analizan de manera aislada los diferentes aspectos y se olvidan de considerar el todo en su integralidad.

Aunque la segunda postura plantea una sociedad inimaginable y totalmente diferente, pocos autores presentan posibles características y estructuras de esta nueva sociedad. Sakaiya (1995) se suma a esta propuesta, pero sí describe las posibles estructuras, normas y paradigmas de esta sociedad totalmente nueva y diferente que desplazará a la sociedad industrial.

Sakaiya (1995) señala que, mientras en la sociedad industrial la inversión de altos capitales es obligatoria, en la nueva sociedad el conocimiento, la creatividad y la experiencia en cierto campo, estarán por encima de cualquier patrimonio tangible.

Sakaiya (1995), además, argumenta que la característica principal de una sociedad industrial es la separación entre el trabajo y el capital, mientras que, en una sociedad fundamentada en el conocimiento es todo lo contrario, por lo tanto, la nueva sociedad no puede considerarse, en lo absoluto, la continuidad de una sociedad industrial.

Según Sakaiya (1995) una sociedad basada en el conocimiento requerirá de una reflexión permanente que apunte, de manera acertada, hacia dónde se encaminarán las nuevas tecnologías, y que tendencias tendrán. Igual de importante es la toma de decisiones y la ejecución de estas para sacar el máximo provecho respecto a las transformaciones venideras. Finalmente, las organizaciones deben tener la capacidad de propiciar todos los espacios para generar y crear conocimiento.

Sakaiya (1995) concibe a la sociedad del conocimiento como una sociedad totalmente diferente a la impuesta por la sociedad industrial. Para este autor, tecnologías que se encuentran muy cotizadas, perderán absolutamente todo su valor y se volverán obsoletas con el surgimiento de las nuevas tecnologías

Hernández (2017) coincide en que la sociedad del conocimiento ha permeado y modificado concepciones en todas las disciplinas, y el campo educativo no queda por fuera. Por ello, han surgido nuevos enfoques formativos en la escuela, con la ventaja tecnológica que aportan los adelantos dados, y que al parecer no se detienen

Rubio (2006) fundamenta que, a partir **de la revolución del conocimiento**, se han gestado los grandes cambios para la humanidad y expone tres aspectos para la sana evolución y progreso de una sociedad:

- El **primer aspecto**: todas las personas deben ser libres y tener las mismas posibilidades de potencializar sus capacidades.
- El **segundo aspecto**, de acuerdo con Rubio (2006), es el desarrollo conforme a la razón en el campo de la ciencia, la investigación, la innovación y la creatividad, con el fin de dar soluciones tecnológicas y científicas mediante el conocimiento aplicado.

- Por último, Rubio (2006), plantea que **el tercer aspecto** para que una sociedad progrese íntegramente, es lograr la capacidad de satisfacer sus necesidades mediante el buen uso de los recursos naturales.

Para Echeverría y Martínez (2018) las nuevas condiciones de la sociedad del conocimiento eliminarán profesiones, y la necesidad de nuevos perfiles ocupacionales se verán cortos a la hora de satisfacer la demanda a la que serán expuestos. Una muy buena proporción será impactada por las competencias tecnológicas que necesitarán ser renovadas constantemente.

Echeverría y Martínez (2018) afirman que esta nueva sociedad del conocimiento, se verá supremamente influenciada por la **revolución 4.0**. Dicha revolución integra los avances de diferentes ciencias del conocimiento: la inteligencia artificial, la nanotecnología, impresión 3D, biotecnología, robótica, entre muchas otras.

Como todas las revoluciones ocurridas, la revolución 4.0 impondrá nuevos ritmos de vida, pero Echeverría y Martínez (2018) sostienen que esta revolución se diferencia de las anteriores por su gran impacto y por las transformaciones sin precedentes sobre la sociedad debido a su velocidad de cambio.

En este sentido, Echeverría y Martínez (2018), afirman que la revolución 4.0 cambiará hasta el concepto que se tiene de ser humano. Asuntos como la interacción, la comunicación, la salud, el tiempo libre promedio de las personas, y el mundo laboral, por mencionar algunos, se verán directamente afectados por ella.

Para Echeverría y Martínez (2018), las revoluciones, catalogadas como industriales, se centraron en el desarrollo de las máquinas y la tecnología, en la revolución 4.0 el centro de transformación es el ser humano con toda su potencialidad. Los nuevos retos planteados por esta revolución son: desarrollar el pensamiento crítico, integrar la alfabetización digital desde los mismos sistemas educativos, promover el

trabajo en equipo, aumentar la cobertura educativa en todas las edades y promulgar el aprendizaje interdisciplinario.

Echeverría y Martínez (2018) afirman que la revolución 4.0 será protagonista de la nueva sociedad del conocimiento. Por ello, la educación es la responsable de desarrollar las nuevas competencias en todas las personas, en lo posible. Es así como la educación debe reestructurar el currículo y la forma en que se orientan muchas áreas de conocimiento. En esa misma línea, el aprendizaje debe orientarse a la solución con base en problemas y, por último, el ciudadano debe ser tecnológicamente competente.

Con base en la creciente importancia del conocimiento en la sociedad actual y futura, para este trabajo, de los cuatro pilares de la educación, mencionados por Delors (1996), se destaca la importancia del primer pilar: aprender a conocer. Sin desestimar los otros pilares, el trabajo se enfoca en la importancia de que la persona comprenda su entorno y desarrolle sus capacidades cognitivas en competencias específicas con el fin de desarrollar habilidades para comprender, conocer y descubrir su entorno.

2.1.1.1 La educación en Colombia

Según Mayoral (2006), un objetivo de la educación debe ser dinamizar campos tan importantes como la economía que lleven a cambios sociales, políticos y culturales. Pero también tiene una misión más específica, de la cual depende la anterior: formar integralmente al ser humano.

En este sentido, el Congreso de la República de Colombia (1994), en su Ley General de educación, la ley 115, y de acuerdo con la constitución política de Colombia, el estado debe propiciar una formación permanente que defienda la dignidad de las personas y garantizar el acceso y permanencia al sistema educativo sin discriminación alguna. La educación en Colombia se debe garantizar mediante una estructura jerárquica en el cual participan ministerios, secretarías, recurso humano y

niveles educativos. En el campo educativo, la educación se rige más que todo por la Ley General de educación.

Para su misión, la educación se ha estructurado en grados y niveles. Según el Congreso de la República de Colombia (1994), en su Ley General de educación, la ley 115, atiende aspectos relacionados con la estructura educativa, niveles y ciclos escolares, el gobierno escolar, el desarrollo curricular que debe ofrecer cada establecimiento educativo, entre otros.

El Congreso de la República de Colombia (1994), en su Ley General de educación, la ley 115, decreta que en Colombia la educación puede ser formal, educación para el trabajo y desarrollo humano, y también educación informal, la cual atiende a la población con políticas de inclusión de todo tipo. Además, el estado regula la educación superior mediante la ley 30 de 1992.

Así mismo, El Congreso de la República de Colombia (1994), en su Ley General de educación, la ley 115 afirma que la educación formal se orienta en los establecimientos educativos aprobados por el Ministerio de Educación Nacional con el fin de titular a los ciudadanos en un determinado ciclo educativo.

El Congreso de la República de Colombia (1994), en su Ley General de educación, la ley 115, plantea que la educación está estructurada en tres niveles, preescolar, educación básica (primaria y secundaria) y la educación media. La ley 115 (1994) decreta que la educación básica secundaria es un ciclo de la educación básica y consta de cuatro grados obligatorios ($6^{\circ}, 7^{\circ}, 8^{\circ}$ y 9°) para la educación formal.

Además, El Congreso de la República de Colombia (1994), en su Ley General de educación, la Ley 30 aclara que la educación superior es el cuarto nivel educativo para el cual se ocupa directamente la ley 30 de 1992 debido a la gran cantidad de variables que esta maneja.

El Congreso de la República de Colombia (1994), en su Ley General de educación, la ley 115, afirma que los ciclos educativos colombianos son de carácter obligatorio y que el estado debe garantizar que todos los ciudadanos, como mínimo se titulen en ellos. Dichos niveles son: educación **prescolar** y educación **básica**.

Tanto la educación preescolar como la educación básica, se deben garantizar por el estado para todos los niños y niñas colombianos de manera gratuita. Es por ello que, el estado debe regularla, inspeccionarla y vigilarla respecto al acceso y calidad en este servicio catalogado como público (Sánchez y Garcés 2020).

El Congreso de la República de Colombia (1994), en su Ley General de educación, la ley 115, decreta que los niños de las edades comprendidas entre los tres y cinco años deben cursar el nivel prescolar de manera progresiva en los grados prejardín, jardín y transición.

El Congreso de la República de Colombia (1994), en su Ley General de educación, la ley 115, organiza que el nivel de educación básica atiende niños y niñas en la edad comprendida entre los 6 y 14 años, así mismo, al culminar dicho nivel los estudiantes deben cursar la educación **media**, la cual consta de dos grados, grado 10° y grado 11°, el cual, al terminar satisfactoriamente, otorga el título de bachiller.

Por otra parte, un comportamiento muy común, en la educación actual, es asumir el conocimiento mediante áreas o disciplinas que se encuentran desligadas unas de otras, con lo cual, se presentan condiciones que desmotivan del estudiante. Así, el estudiante no transversaliza ni construye vínculos entre el conocimiento adquirido en su currículo, sino que asume que las disciplinas se comportan como islas que no presentan relación alguna.

En este sentido, el Congreso de la República de Colombia (1994), en su Ley General de educación, la Ley 115, en su artículo 23 plantea que para un estudiante logre

los objetivos mínimos de la educación básica primaria y secundaria debe demostrar conocimientos en las siguientes áreas obligatorias y fundamentales:

- Ciencias naturales y educación ambiental.
- Ciencias sociales, historia, geografía, constitución política y democrática.
- Educación artística.
- Educación ética y en valores humanos.
- Educación física, recreación y deportes.
- Educación religiosa.
- Humanidades, lengua castellana e idiomas extranjeros.
- Matemáticas
- Tecnología e informática

Una de las características del sistema educativo colombiano, es que tradicionalmente, se orientan estas áreas o asignaturas desvinculadas unas de las otras y, con ello, los niños y las niñas perciben el conocimiento de manera fragmentada.

Para Fingermann (2011) una integración curricular es la forma más apropiada de que el estudiante adquiera el conocimiento tal cual como se da en su cotidianidad. La razón es que de esta forma puede percibir su realidad como un todo y no como segmentos fragmentados.

Así mismo, según Fingermann (2011) la educación debe favorecer el aprendizaje significativo. El currículo integrado induce a que los niños y las niñas relacionen hechos, los comparen y los ubiquen de manera racional en un espacio y tiempo determinado, lo que contribuye a que utilicen el conocimiento brindado por las diferentes disciplinas y lo transfieran a los diferentes aspectos de su vida.

Según Asencio (2017), aunque la transversalidad entre las áreas es una necesidad, en su mayoría, las áreas se han orientado como disciplinas aisladas que desmotivan al estudiante pero, aun así, se observa que las experiencias de laboratorio y los proyectos

de asignaturas como tecnología, ciencia e innovación impactan de manera positiva al estudiante.

En áreas como matemáticas, la cual parece impermeable respecto a los avances tecnológicos, se observa como aún hoy día, se continua con la clase magistral, el uso de la tiza y la pizarra, el docente es la única fuente del conocimiento y el estudiante es un ente totalmente pasivo que se limita a recibir información. Los contenidos del área siguen siendo islotes que no se muestran para nada importantes en otras disciplinas, y si esto ocurre, ni se vinculan con demás áreas ni mucho menos con la realidad.

En nivel de básica primaria, básica secundaria y hasta en el nivel universitario, los contenidos de la mayoría de las áreas se presentan de manera aislada, sin ninguna aplicabilidad, esto hace que el estudiante tenga un aprendizaje sin sentido en la mayoría de los casos.

Para Campos (2002) la integración de áreas obliga a la interdisciplinariedad, en la cual el saber se encuentra vinculado sin desestimar ninguna disciplina. Además, esto permite que el estudiante se adapte a nuevas realidades y adquiera la capacidad de aprender en diferentes situaciones.

Al respecto, Allard y Cortez (2013) enfatizan la necesidad de la integración de varias disciplinas con un fin científico: la promoción de la diversidad en disciplinas y el trabajo conjunto entre estudiantes, investigadores y académicos.

Así mismo, para Araya (2016) uno de los principales retos que tiene la educación es la integración de la ciencia, la tecnología, las matemáticas y la ingeniería en los procesos que se desarrollan dentro del aula (*Science, Technology Engineering and Mathematics*, STEM). El día de hoy, dichas áreas se orientan de manera aislada y desconectada de las otras, sumando a esta dificultad que los docentes, en su generalidad solo dominan su área específica, por lo que el trabajo a realizar es arduo desde los mismos maestros.

Por otra parte, Araya (2016) plantea que la educación debe permitir que el estudiante evidencie el aporte de cada disciplina en una propuesta que sea resuelta totalmente por un grupo de trabajo del aula y que dé respuesta a un problema vivido por la comunidad. Este autor considera que algunas situaciones que limitan al aprendizaje para que los estudiantes sean competentes frente a las nuevas exigencias del mundo actual son:

- La existencia de áreas segregadas.
- Los docentes trabajan de manera aislada.
- La ingeniería ni siquiera aparece en el currículo y se considera totalmente ajena a la formación en educación básica primaria y secundaria.
- No se trabaja en base a la solución de problemas reales que vivencie el estudiante.

Campos (2002) sustenta que en toda integración curricular el trabajo en equipo es fundamental, y siempre debe estar asociado a un proyecto investigativo, bajo cualquier metodología de aprendizaje requerida en el entorno escolar.

Así mismo, Campos (2002) considera que la integración curricular potencia los aportes del aprendizaje significativo, la motivación y autoconfianza respecto al desempeño de las niñas y niños en el mundo académico. En esta línea, Arteaga et al. (2016) coincide con Campos, al afirmar que el trabajo interdisciplinario y la integración de saberes en la escuela es vital para conceptualizar ideas y principios en las ciencias y la tecnología.

2.1.1.2. Enseñanza de las ciencias como generación de pensamiento científico

Etimológicamente la palabra **ciencia** viene del latín *scientiae* que tiene como significado saber o conocer. Según Ander-Egg (2011) la definición de ciencia involucra

todo tipo de saber. La ciencia se asume como la relación de conocimientos racionales, obtenidos a partir de una metodología y que se pueden validar bajo ciertas condiciones.

En otro sentido, Asencio (2014) define la ciencia como el camino necesario para buscar el conocimiento, el cual se debe enfocar la solución de problemas de la vida real. Una de las principales actividades para desarrollar ciencia es la investigación, la cual confirma teorías y genera conocimiento nuevo en campos como las formas de vida, los fenómenos naturales, comportamientos y pensamientos del ser humano. Según la definición anterior, la ciencia, en conjunto con la educación parece ser la opción para que la humanidad pueda suplir la demanda a la que está expuesta.

Un aspecto interesante es que los dos autores anteriores parten de conceptos diferentes de ciencia. Para Ander-Egg (2011), la ciencia es vista como el conocimiento que se logra dentro de cada área del saber, mientras que para Asencio (2014), la ciencia se entiende como el proceso y las competencias mediante los cuales se llega a ese saber. En otras palabras, para el primero la ciencia es un resultado, mientras que para el segundo es un proceso

Para Pérez et al (2013) el pensamiento científico es la base para entender la naturaleza, la sociedad y los comportamientos. Lo anterior, se considera una exigencia para poder cohabitar en cada entorno propio, tanto en la naturaleza como con la sociedad.

Al respecto, Asencio (2017) argumenta que la enseñanza orientada a los procesos científicos es fundamental en la educación del siglo XXI. Conceptualizar y comprender conceptos tecnológicos y científicos debe ser el camino en la formación de las personas para generar un desarrollo que sea realmente sostenible.

Desde el punto de vista de pensamiento científico, Pérez et al (2013) definen la ciencia como una aproximación objetiva de la realidad. Para lograrlo se debe comprender la esencia de los objetos y fenómenos que sean de interés y plantear

relaciones mediante procesos metódicos que se fundamentan en valores, conceptos, leyes y clasificaciones de acuerdo con una teoría sustentada.

De acuerdo con Gutiérrez (2002), el proceso de hacer ciencia se puede aplicar tanto a casos particulares como generales. Su objetivo, es buscar explicaciones y principios que permitan la fundamentación teórica de situaciones de índole física, natural, social, psicológica, política y económica. Con una teoría sólida, se infieren conclusiones y se toman decisiones a partir de la predicción de posibles eventos futuros.

Sanmartí y Márquez (2017) afirman que la enseñanza para beneficiar el proceso de hacer ciencia procura la conceptualización de conocimientos claves y generales, que se puedan transferir a otros espacios o se puedan interpretar en diferentes ambientes. Es entonces importante contextualizar el entorno, definir los objetivos del aprendizaje, aplicar procesos de investigación y tener un comportamiento establecido para el desarrollo de las competencias científicas que debe adquirir el estudiante.

De esta manera, para Arteaga et al. (2016) los nuevos retos obligan a que la acumulación de conocimientos sea reemplazada por el pensamiento crítico, la comprensión y la aplicación de conocimiento fundamentado en el proceso científico. Así mismo, se deben desarrollar competencias y habilidades que permitan la observación, la descripción, la categorización y la formulación de premisas que lleven a la solución de problemas por parte del estudiante.

Badia y Cano (2018) reconocen la importancia de que toda la población desarrolle el pensamiento científico, y cada uno sea capaz de adquirir conocimiento y usarlo para explicar su entorno, mejorar la calidad de vida y considerar decisiones que afecten a toda la población.

En el mismo sentido, Arteaga et al. (2016) también resaltan la importancia de formar personas que desarrollen el pensamiento científico con un potencial aplicado en su cotidianidad. Además, aunque la sociedad necesita científicos y científicas, la

enseñanza orientada al proceso de hacer ciencia no solo se debe dirigir hacia este objetivo, sino a que el pensamiento científico se vuelva parte de la cotidianidad.

Según Pérez et al (2013), al momento de desarrollar el conocimiento científico en la básica secundaria, no se consideran los saberes previos que los estudiantes traen consigo desde su diario vivir. Al ocurrir esto, los intereses de los niños se desligan de los aprendizajes que se orientan desde la escuela, con lo cual se genera desmotivación de parte del estudiante hacia el pensamiento científico.

Para Badilla y Cano (2018) un primer obstáculo en el proceso de hacer ciencia es el poco interés que despierta frente a las realidades de los niños y las niñas. Sin embargo, una razón más de fondo es la forma cómo los estudiantes interpretan los conocimientos, y ello es lo que obliga a la educación a plantearse alternativas para dar significado a los conocimientos adquiridos por parte del estudiante. De igual forma, la falta de un razonamiento científico desarrollado en las niñas y niños afecta el aprendizaje en diferentes áreas del conocimiento.

Según Asencio (2017) la escuela debe tener como tarea prioritaria educar en el proceso científico y tecnológico, con el objeto de contribuir a la formación integral de todas las personas y asumir la transcendencia que esto implica, tanto para la sociedad actual como para las futuras generaciones.

Según Arteaga et al. (2016) los estudiantes se deben familiarizar con comportamientos y métodos propios del pensamiento científico. Para ello, la escuela debe fomentar una actitud crítica y reflexiva ante situaciones que preocupan a la humanidad.

Para el Ministerio de educación de España (2009) el conocimiento científico permite a las naciones actuales mantener o alcanzar liderazgos que conllevan al desarrollo de la sociedad. Por ello, es tan importante la formación continua de profesionales que compitan tanto en ciencia como en tecnología.

Para lograr estar en sintonía con las exigencias de la sociedad cambiante, el Ministerio de educación de España (2009) resalta las ocho competencias claves que, según la Unión Europea, se deben desarrollar en los estudiantes de educación básica primaria y secundaria.

- El pensamiento crítico.
- La creatividad.
- La iniciativa.
- La resolución de problemas.
- La toma de decisiones.
- La evaluación del riesgo.
- La inteligencia emocional.

En la misma línea, para Busquets et al. (2016) la educación científica en la escuela permitiría desarrollar competencias relacionadas con al acto reflexivo frente a cualquier situación, el pensamiento crítico, la comunicación y todas las habilidades que propicien el pensamiento científico.

Gutiérrez (2002), plantea la importancia de reconocer que la adquisición del conocimiento requiere inversión. Sin embargo, todos los esfuerzos orientados a desarrollar el conocimiento científico se ven recompensados por todas las transformaciones de índole social que trae consigo. Esto implica una reflexión permanente de parte del sistema educativo, sustentada en los requerimientos impuestos por las nuevas sociedades.

2.1.1.3. La ciencia como área de saber

Por otra parte, es conveniente aclarar que la definición de ciencia como proceso científico de ninguna manera excluye a alguna disciplina. En este sentido, Sandoval

(2012) afirma que el pensamiento científico se caracteriza por utilizar métodos, pero ellos no tienen que ser exclusivos de las ciencias exactas y naturales.

Según Sandoval (2012), la ciencia se puede ajustar a las necesidades de cada disciplina y se expresa de diferentes maneras. Es por ello, que no es un error referirse a diferentes áreas del conocimiento con el calificativo de ciencia. El error está en aplicar la denominación de ciencia únicamente a las ciencias exactas y naturales, debido a que su conocimiento ha sido desarrollado, demostrado y formalizado con cierta generalidad, lo cual no ocurre en el caso de las ciencias sociales.

Según Bohórquez (2015) las ciencias exactas y naturales utilizan como lenguaje común las matemáticas. En dichas disciplinas se utiliza a menudo el llamado “método científico” y normalmente se comprueba una hipótesis de manera rigurosa, que bajo ciertas condiciones se puede generalizar. Sin embargo, recientemente se han desarrollado otras formas de ver la investigación.

Para Bohórquez (2015), las ciencias exactas, como áreas del saber, se pueden clasificar en dos tipos: ciencias no experimentales y ciencias experimentales. En este orden, las ciencias no experimentales contemplan disciplinas como las matemáticas, la estadística y la lógica, mientras que las ciencias exactas experimentales, también llamadas ciencias naturales, abarcan la astronomía, la química, la geología, la biología, la ecología, entre otras.

2.1.1.4. Enseñanza de las ciencias naturales y exactas en educación secundaria

El Ministerio de Educación Nacional de Colombia La ley 115 (1994) formula los objetivos específicos que se deben desarrollar durante los cuatro grados 6°, 7°, 8° y 9° de la educación básica secundaria. Entre ellos, se resalta que los **estudiantes deben adquirir** capacidades para el razonamiento lógico, de manera que se dominen los sistemas numéricos, geométricos, analíticos, y se haga uso de operaciones y relaciones.

Así mismo, el estudiante debe utilizar esta competencia en la interpretación y solución de problemas de la tecnología, la ciencia y en la vida cotidiana.

Otro objetivo relevante para la investigación, según la Ley 115 (1994), es que el estudiante debe conocer y comprender las leyes que explican los fenómenos físicos, químicos y biológicos. Con esto el estudiante estará en capacidad de realizar una investigación experimental que lo lleve a plantear y resolver problemas reales en su contexto.

Un tercer objetivo a resaltar y planteado por la Ley 115 (1994) es que el estudiante debe aplicar en la práctica sus conocimientos teóricos, para aumentar la capacidad de resolver problemas y dar nuevas opciones de mejora a los sistemas y procesos ya existentes.

Por último, la Ley 115 (1994) propone que desde la educación básica secundaria se debe dar una iniciación y una enseñanza continua en las disciplinas que estén vinculadas con los avances tecnológicos modernos. Esto con el fin de permitir una participación socialmente útil como ciudadano.

La ley general de educación (1994) establece que, para lograr los objetivos planteados en la educación básica secundaria, se tendrán que ofrecer las siguientes áreas que son consideradas fundamentales y obligatorias: ciencias naturales y educación ambiental, matemáticas, tecnología e informática, ciencias sociales, educación artística, educación ética, educación física y humanidades.

La enseñanza de las ciencias exactas y naturales se realiza de manera obligatoria en la educación básica primaria, en educación básica secundaria y en educación media. Estas áreas se distribuyen de acuerdo con los niveles escolares. Según Tacca (2010) la forma como se administran los contenidos de cada disciplina debe ser coherente con el desarrollo y la madurez mental de los estudiantes. Es así como en los primeros grados las niñas y niños deben observar, diferenciar y construir conceptos previos, y de manera

progresiva formarse hasta que culminar el nivel de básica secundaria, en el cual se debe proveer al estudiante el conocimiento necesario para entender y mejorar su entorno mediante un pensamiento crítico y reflexivo.

Según el Ministerio de Educación Nacional de Colombia (2004) los conocimientos en las ciencias naturales se clasifican en tres ejes fundamentales: entorno vivo, entorno físico, y ciencia, tecnología y sociedad. Además, se plantea que el entorno vivo contempla las competencias que debe desarrollar el estudiante para comprender la vida, las interacciones y transformaciones que sufren los organismos vivos.

De igual forma, el entorno físico, considera las habilidades necesarias que se debe desarrollar el estudiante para comprender su entorno, explicar las relaciones que ocurren y cómo se transforma la materia. Además, en este entorno, al igual que en el entorno vivo se estudian procesos biológicos, procesos físicos y procesos químicos (Ministerio de Educación Nacional de Colombia, 2004).

Por último, el Ministerio de Educación Nacional de Colombia (2004) explica que, el tercer eje fundamental para el aprendizaje de las ciencias naturales -ciencia, tecnología y sociedad- contempla las competencias que se deben desarrollar en el estudiante para mejorar la calidad de vida de las personas, y para visualizar las consecuencias que traen los nuevos avances científicos.

Arteaga et al. (2016) afirman que la enseñanza de las ciencias naturales y exactas en la escuela debe mantener los mismos contenidos, pero obligatoriamente debe cambiar sus métodos de enseñanza. Es así como la enseñanza de las ciencias exactas y naturales debe fomentar el descubrimiento y la creatividad en el estudiante, y vincular siempre la resolución de problemas que toquen la realidad de las personas, no solo para la transmisión de información, sino para la permanente construcción de conocimiento.

Según López (2015), la enseñanza de las ciencias naturales presenta grandes falencias a nivel de educación básica secundaria, lo cual afecta la calidad educativa. Para subsanar dichas dificultades, se requiere de una transformación pedagógica, que vincule ciencia, tecnología e innovación, y que forme ciudadanos conscientes de la importancia del conocimiento en las nuevas sociedades.

Para Busquets et al. (2016) la enseñanza de las ciencias naturales y exactas en el nivel de secundaria en Colombia se presenta de manera rezagada en el tiempo. Es posible encontrar aulas de clase en donde el conocimiento se imparte de manera unidireccional, y el docente se presenta como dueño de la verdad en cuanto al conocimiento. El estudiante se desmotiva frente al nuevo conocimiento y no lo considera útil para su realidad. Además, los escasos recursos limitan el acto de enseñanza y de aprendizaje.

Busquets et al. (2016) plantean que uno de los mayores problemas, no solo en las ciencias naturales y exactas sino también en las demás áreas del saber, es la ausencia de la educación científica en las aulas.

Para Busquets et al. (2016), una situación que preocupa es que los docentes de ciencias naturales y exactas siguen al pie de la letra un texto guía, su mayor preocupación son los procesos memorísticos y hay poco espacio para la experimentación, por lo que lo único que se logra es una participación mínima de parte de los aprendices.

2.1.1.5. Las matemáticas en la educación

Dentro de las ciencias exactas, las matemáticas son consideradas un área del conocimiento. Según el Ministerio de Educación de Colombia (2002) existen dos razones fundamentales para la enseñanza de las matemáticas a nivel de básica primaria, básica secundaria, educación media y educación superior. La primera justificación es

el desarrollo de competencias como el razonamiento lógico, razonamiento abstracto y sus aportes al desarrollo del pensamiento científico y tecnológico de los ciudadanos. La segunda justificación, pero no menos importante, son las aplicaciones directas del conocimiento matemático en las demás áreas del conocimiento que proponen consigo una transformación social.

El Ministerio de Educación de Colombia (2002) afirma que existen dos conocimientos básicos respecto a las competencias matemáticas que debe desarrollar todo ciudadano: el conocimiento conceptual y el conocimiento procedimental. Así mismo, plantea que el conocimiento conceptual se vincula con el “saber qué” y con el “saber por qué, y, se fundamenta en conceptos y relaciones. De otro lado, el conocimiento procedimental sugiere una aplicabilidad y se asocia al “saber cómo”.

Según el ministerio de educación nacional de Colombia (2002), para que un ciudadano sea matemáticamente competente debe desarrollar tanto el pensamiento lógico como el pensamiento matemático. A su vez, el pensamiento matemático se subdivide en:

- Pensamiento numérico.
- Pensamiento espacial.
- Pensamiento métrico.
- Pensamiento aleatorio.
- Pensamiento variacional.

Estos tipos de pensamiento determinan los lineamientos curriculares para la educación básica primaria, educación básica secundaria y educación media.

Según el ministerio de educación nacional de Colombia (2002), la evolución y los adelantos que ocurrieron a lo largo de la historia en las matemáticas, propiciaron diferentes vertientes para la distinción de las formas de pensamiento matemático.

Aunque los griegos solo aceptaron dos de ellas: aritmética y geometría, fueron los precursores de los dos primeros, el pensamiento numérico y el pensamiento espacial. Con los aportes de la física y la química, surgió la necesidad de un nuevo componente, el pensamiento métrico. De igual forma, al consolidarse tanto la teoría de probabilidad como el cálculo, surgen los dos últimos, el pensamiento aleatorio y el pensamiento variacional.

Para el Ministerio de Educación Nacional de Colombia (2002), el primer lineamiento debe enfocarse en **el pensamiento numérico**, el cual, permite dominar los diferentes sistemas numéricos en cuanto a conceptos, operaciones, procesos y aplicaciones en diferentes contextos.

Así mismo, **el pensamiento espacial y geométrico**, se asume como el segundo lineamiento, y este desarrolla en el estudiante la capacidad de interpretar, comprender, diseñar y construir representaciones mentales de los objetos reales con diferentes formas y materiales en el espacio. Al tener representaciones de los conceptos teóricos en determinados marcos de referencia, al estudiante se le facilita la comprensión de modelos abstractos y complejos (Ministerio de educación Nacional de Colombia, 2002).

Así mismo, el Ministerio de Educación Nacional de Colombia (2002) enumera un tercer lineamiento curricular para la enseñanza de las matemáticas en educación: **el pensamiento métrico**. En este, se plantea el desarrollo de habilidades para comprender magnitudes y sistemas de medidas que se utilizan para diferentes aplicaciones. El pensamiento métrico, presenta su mayor potencial al apoyar las demás ciencias, por ejemplo, magnitudes físicas: velocidad, distancia y densidad con sus correspondientes unidades de medida.

El cuarto lineamiento se enfoca en **el pensamiento aleatorio**. Es un pensamiento que se encarga de la toma de decisiones a partir de situaciones que se caracterizan por

el azar como componente principal. Este pensamiento se apoya en la teoría de la probabilidad para procesos que de naturaleza son estocásticos (Ministerio de Educación Nacional de Colombia, 2002).

Por último, se propone **el pensamiento variacional**, y su principal objetivo es analizar los fenómenos que presentan una razón de cambio en una variable dada. Su importancia se evidencia en la resolución de problemas, y allí, actúan las matemáticas en conjunto con otras ciencias naturales y exactas (Ministerio de Educación Nacional de Colombia, 2002).

Aunque la legislación colombiana organiza, estructura y supervisa la enseñanza de las matemáticas, esta enfrenta dificultades que se pueden observar desde varias perspectivas. Una de estas dificultades es el rol del docente. Según Ruiz (2008), el rol del docente debe pasar de un concepto tradicional hacia uno en donde el estudiante sea el centro del aprendizaje. Reconocer este cambio de rol, no implica disminuir la importancia del docente, el cual es vital, pero si requiere de nuevas estrategias y habilidades cumplir este reto. Para Ruiz (2008) algunas situaciones que afectan el aprendizaje de la matemática son las siguientes:

- La didáctica no es la más pertinente pues, aunque los docentes dominan los saberes, no aplican una didáctica acorde a las nuevas necesidades.
- Las matemáticas se orientan de manera aislada en relación con las otras áreas del conocimiento.
- Existe desmotivación de parte de los estudiantes debido a que los saberes no involucran su realidad. Es importante vincular los intereses colectivos con los personales, y obligatorio tener en cuenta los ritmos de aprendizaje de cada quien.
- El aprendizaje de la matemática y demás ciencias naturales y exactas no parte de una situación real a resolver o mejorar.

Al reconocer a las áreas de las ciencias exactas como ciencia, y particularmente en el caso de las matemáticas, su vinculación con pensamiento científico se hace obligatoria. La matemática se considera el lenguaje universal que tienen en común la mayoría, por no decir en todas, las áreas del saber.

Rodríguez (2011) plantea que las matemáticas son imprescindibles en el aprendizaje de otras áreas, por ejemplo, al momento de caracterizar una población en las ciencias sociales, se hacen necesarios conceptos como la media, el promedio y la representación de su distribución por medio de gráficos. Sin embargo, la escuela, en ocasiones, le brinda al estudiante grados de abstracción que limitan su aprendizaje y alejan el conocimiento matemático de la realidad.

Así mismo, Rodríguez (2011) aclara que es un error excluir la relación que existe entre las matemáticas y las ciencias humanas y sociales. Esto ocurre por el no reconocimiento de dichas áreas del saber como parte del proceso científico. Por ello importante recalcar la transdisciplinariedad de las áreas del conocimiento con las matemáticas, lo que invita a una integración que muestre las relaciones entre ellas y que apunten al proceso de hacer ciencia.

En última instancia, para Rodríguez (2011) la matemática está presente en todas las demás áreas del conocimiento y aporta a la formación del pensamiento científico, por ello se debe incluir dentro de las prácticas sociales humanas. Es así, como la enseñanza de las matemáticas se debe trabajar en conjunto con otras áreas, y mostrar en todo momento que sus saberes están presentes en la cotidianidad.

2.1.1.6. Relación de las matemáticas con otras áreas del conocimiento

Además de las matemáticas, la física también es un componente de las ciencias naturales experimentales, y se considera que el estudiante debe conocer y comprender las leyes que explican los fenómenos e interacciones físicas que ocurren en el mundo

que forma parte del entorno físico. Para ello, en la educación básica secundaria, se deben considerar aspectos de la mecánica que involucran la cinemática, la dinámica y la estática, lo cuales ayudan a describir el entorno.

Es indiscutible el vínculo que existe entre la física y las matemáticas. Para Rodríguez (2011), las matemáticas ofrecen la posibilidad de expresar todas las relaciones de los principios físicos en un lenguaje concreto y preciso. Así mismo, el avance de otras áreas del conocimiento depende del progreso de las matemáticas.

Fuera de la física, cabe mencionar la aplicación de las matemáticas en los procesos biológicos. Según Rodríguez (2011), la matemática presenta retos que se encaminan al desarrollo de líneas de estudio como, por ejemplo, transformaciones poblacionales, la respuesta inmune hacia ciertas patologías y la actividad cerebral, por mencionar algunas.

Para Rodríguez (2011) las matemáticas desarrollan el razonamiento, la modelación, las relaciones, la representación de la realidad y la aplicabilidad de la tecnología. Dichos modelos matemáticos, se pueden utilizar en estudios que se vinculen a las diferentes áreas del conocimiento, como los rayos x, las tomografías, y las resonancias magnéticas, los cuales son algoritmos matemáticos aplicados al campo de la medicina.

En conclusión, según Rodríguez (2011), en el momento de enseñar y aprender matemáticas, es importante evidenciar su relación con las diferentes áreas del conocimiento. Para ello, se debe reconocer a la matemática como el lenguaje formal que facilita la modelación de un fenómeno en particular en cualquiera de las ciencias del saber. Además, las matemáticas deben involucrar los conocimientos del estudiante y su entorno para favorecer el avance de la humanidad y ser asumida como parte vital del proceso para hacer ciencia.

2.1.1.7. La problemática en la enseñanza de las ciencias exactas y naturales

A pesar de la importancia de las matemáticas y su vinculación con todas las áreas del saber, todavía existen muchas dificultades en el contexto educativo que impiden visualizar esta relación.

En sentido, Ocaña et al. (2015) analizan la problemática que se presenta en el nivel de básica secundaria a la hora de trabajar proyectos educativos orientados a la resolución de problemas con la integración de áreas. Una de las causas de la problemática es la separación que se presenta entre las áreas por diferentes motivos. Las áreas se presentan marcadas por una división, tanto espacial como temporal, por lo que se propicia que el estudiante trabaje desde un pensamiento segmentado.

Reconocer las dificultades que se presentan respecto a la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias exactas y naturales, apunta a resolver problemas que afectan el proceso de hacer ciencia. Aunque estas dificultades se pueden presentar en las demás áreas del conocimiento, en este trabajo se centrará la atención en las ciencias naturales y en las matemáticas.

Según Diaz et al. (2014) las consecuencias de una precaria enseñanza de las ciencias no solo se ven reflejadas en la escuela, sino también en la vida de la persona, e impactan de manera negativa en la sociedad en general.

Allard y Cortez (2013) plantean que el gran volumen de información científica contrasta con la que hasta hace poco existía, y con la imposibilidad de acceder a ella, y paradójicamente, ambos aspectos dificultan el avance en el proceso de hacer ciencia.

Al igual que en las otras áreas del conocimiento, las ciencias naturales y exactas se ven afectadas por los mismos fenómenos que ocurren de manera general. Entre ellos se pueden enumerar, la deserción, falta de recursos para cumplir a cabalidad con lo que exige la academia, y la desmotivación estudiantil, entre otros.

Un primer factor que puede caracterizar el proceso de enseñanza y de aprendizaje de las ciencias exactas, se refleja en el estudio realizado por Mazzitelli y Aparicio (2009), quienes concluyen que los estudiantes tienen una la percepción negativa sobre dichas áreas del conocimiento y consideran que estas son complejas y difíciles de entender.

De igual manera, Mazzitelli y Aparicio (2009) afirman que un porcentaje importante los estudiantes evidenció desinterés respecto a la importancia de aprender ciencias naturales y exactas, debido a que no encontraban vínculos entre lo que aprendían y lo que necesitaban para su vida.

Para Diaz et al. (2014), existen varias causas que llevan al bajo rendimiento en el aprendizaje de las ciencias naturales y exactas: la baja autoestima, cualquier tipo de discriminación, el estrés que se genera en el estudiante durante el acto educativo, las creencias y el factor cultural.

En este sentido, Diaz et al. (2014) consideran que un factor definitivo que conlleva a que los estudiantes no adquieran el conocimiento en ciencias naturales y exactas, según lo deseado por el sistema educativo, es que estas áreas no se orientan ni se enseñan de manera adecuada. Aunque se reconoce que, en su mayoría, los docentes tienen dominio del tema del área de conocimiento que orientan, una de las falencias que aparece es la forma como se están enseñando dichas áreas; en este aspecto los autores se refieren a la didáctica.

Según Tedesco (2011), la educación tiene por obligación enfrentar nuevos y complejos retos, y una de las dificultades se presenta en la significativa debilidad de paradigmas didácticos, teóricos y científicos que existen en educación. Al respecto, Valero et al. (2017) consideran que los modelos de enseñanza deben adaptarse a los nuevos retos planteados, para que desde la escuela el estudiante opte por convicción y

no por frustración a carreras afines a las ciencias naturales, las matemáticas y los estudios tecnológicos.

Dado los cambios que se están gestando en la sociedad, se requieren también transformaciones en la educación, es por ello por lo que la educación requiere un cambio en los modelos didácticos actuales. Según Ruiz (2007), en los momentos que se requiera transformar la enseñanza, la didáctica adquiere mucha importancia, y las propuestas didácticas deben plantear nuevas estrategias para satisfacer las exigencias del entorno escolar.

2.1.2. Bases investigativas

2.1.2.1. Antecedentes históricos

A continuación, se describen algunas situaciones que, a lo largo de la historia, han fomentado la discriminación de género contra las mujeres, y las razones por las cuales esta discriminación ha afectado su vinculación al campo de las ciencias, lo cual constituye un importante motivo para que este trabajo se centre en una población específicamente femenina.

2.1.2.1.1 La discriminación de género en la sociedad y en las ciencias

El hecho de que la sociedad asuma la formación en desarrollo científico, según Arteaga et al. (2016), supone que toda la población se beneficie, por ello, una de sus intencionalidades es la de lograr la equidad y erradicar cualquier tipo de discriminación. Durante el proceso educativo, además, de aprender a convivir, el ser humano debe potenciar sus capacidades y utilizar el trabajo grupal para fomentar el trabajo colaborativo.

Para Badia y Cano (2018) el proceso para enseñar a hacer ciencia se puede reconocer como una tarea difícil. Una de las dificultades que se observa es la actitud

de exclusión que se ha manifestado durante años, bajo el supuesto de que no todos tienen capacidades para ser investigadores.

Una de las limitantes para que la sociedad avance de manera acertada hacia una sociedad justa y libre es la impuesta por cualquier tipo de **discriminación**. Según la Comisión Nacional de los Derechos Humanos (2012) la discriminación en su mayoría ocurre hacia grupos minoritarios, ataca la dignidad de las personas y las ubica en una posición de inferioridad. La discriminación denota un mal trato hacia la persona y atenta en contra de todos los derechos. Un caso de discriminación es la ocurrida en contra de la mujer denominada discriminación de género.

Según González y Jiménez (2016) las causas de la discriminación de género se focalizan en la interrelación de varios aspectos culturales, educativos, psicológicos, políticos y sociales.

Las mujeres siguen siendo uno de los grupos discriminados en ciertos contextos. Arredondo et al (2019) plantean que la mujer se ve afectada en sus posibilidades, por actitudes que coartan su desarrollo en la sociedad, con base en motivos estructurales y culturales. Este fenómeno no solo perjudica a las mujeres, sino que también lo hace con la sociedad en general debido a que la priva de soluciones que pueden surgir de este grupo social.

Para González y Jiménez (2016) el primer paso para erradicar la **discriminación por género** es reconocer la existencia de una sociedad machista que coarta el libre desarrollo de la personalidad del ser humano, sobretodo el de la mujer.

Según González y Palencia (2016) la influencia cultural y social desde temprana edad, desmotiva y motiva tanto a mujeres como a los hombres a participar en determinadas áreas pues, desde el género, la sociedad asume e impone estereotipos particulares. Al parecer la elección de los juguetes es hecha por la sociedad y no por la

persona: la muñeca pertenece a la niña, el balón pertenece al niño. Esto al parecer es una importante influencia para toda la vida de la persona.

Asumir las diferencias biológicas entre hombre y mujer es lo más razonable. Para Jadresic (2010) estas diferencias se deben considerar en todo momento, y con esto, concientizar de que la mujer tiene capacidades más desarrolladas para realizar algunas tareas que los hombres y viceversa, e igual ocurre con las limitaciones. Pero el riesgo latente es que se usen estas diferencias para justificar la inequidad de género. Es así, como en todos los espacios se pueden fortalecer conductas y estereotipos que condicionan la discriminación en contra de la mujer.

Según INADI (2018) muchos de las creencias y tradiciones transmitidas por la cultura, contienen prejuicios en contra de aquellas personas que pertenecen a grupos minoritarios en la sociedad. En su mayoría, dichas concepciones hacen que esos grupos se encuentren en una posición de inferioridad que genera discriminación sin justificación alguna.

Para Samudio (2016) es claro que la desigualdad planteada y que desfavorece a la mujer no es producto de las diferencias naturales sino el resultado de costumbres socio-culturales.

Para INADI (2018) el ser humano puede ser víctima de discriminación por varios motivos. Algunos que se pueden mencionar son la discriminación por el color de piel, por la nacionalidad, por ideologías, o la discriminación por su nivel socioeconómico. Lo que preocupa es que, si a estas condiciones se suma la discriminación por género, la mujer puede verse afectada por una múltiple discriminación que aumenta su vulnerabilidad.

INADI (2018) sustenta que la discriminación del género femenino acrecienta la violencia en contra de la mujer en todas las etapas de la vida. La mujer al ser víctima de violencia de género se ve afectada en su dignidad, y en su integridad física y

psicológica, lo que conlleva a que la mujer no pueda desempeñarse de acuerdo con sus capacidades y aspiraciones.

Para López (2007) lo más preocupante de la discriminación de género es que se acepta culturalmente. Esta tolerancia asumida como el deber ser, perjudica directamente a la mujer con muy malas consecuencias para ella y para su entorno. Es por ello por lo que, en un ambiente natural de convivencia, la discriminación en contra de la mujer no ocurre de manera aislada e individual, sino que es producto de ciertos tipos de relación social y cultural.

Por otra parte, el hogar es uno de los sitios en donde más se fomenta la discriminación de género. Se puede afirmar que la discriminación en contra de la mujer nace en el seno familiar. Desde el mismo momento que se distribuyen tareas de acuerdo con el género se le atribuyen responsabilidades que, en su mayoría son asumidas por las mujeres de la casa para el servicio del hombre. Además, a esto se le suma el poco reconocimiento de la importancia de los deberes del hogar, los cuales en la mayoría de los casos no se ven recompensados económicamente y se menosprecian constantemente.

Según Baeza (2005), es en el hogar donde se enseñan, mediante la tradición, algunas sentencias que determinan el desarrollo de la mujer. Una de las primeras premisas es que la mujer debe consagrarse a su vida al bienestar de su hogar. Aunque es una obligación velar y responder por su hogar, la amenaza en contra de la mujer radica en que se pone a terceras personas por encima del bienestar y la autorrealización de la propia mujer.

De igual manera, Baeza (2005) reflexiona acerca de la concepción que presenta a la mujer como el sexo débil. Esto hace que la mujer asuma una posición de ser menos competente y más frágil, lo que limita sus capacidades desde la infancia.

Baeza (2005) reconoce que, por naturaleza, también se presentan dificultades que normalmente limitan el desarrollo integral de la mujer. Un ejemplo de ello es el rol de madre. Lo delicado es que en el hogar se coloca el papel materno como el rol principal y absoluto para la mujer, mientras que para el padre se asume una posición secundaria en la crianza de los hijos. En su mayoría, el hombre realiza deberes instrumentales, como por ejemplo conseguir el sustento, mientras que la mujer debe mantener las relaciones del hogar y responder por la crianza de los hijos.

Para Baeza (2005) las relaciones familiares deben ser equilibradas mediante la repartición equitativa de las funciones del hogar en donde tanto el hombre como la mujer, asuman la responsabilidad del hogar y no se recarguen oficios debido al género, que limiten el desarrollo integral de cualquiera de los dos.

Baeza (2005) considera que la mujer no puede seguir llevando a su cargo la total dedicación para el hogar, porque tanto la crianza como el cuidado de los hijos hace parte de la paternidad. La premisa que obliga a la mujer a responsabilizarse totalmente de los hijos normaliza la ausencia del padre y culpa a la madre, con perjuicios sociales, al momento de buscar su formación profesional.

Así mismo, Ribas (2012) ratifica que los estereotipos que definen los perfiles por género no solo existen, sino que también se reproducen de generación en generación. Es importante, entonces, romper con estas ideas y desarrollar campañas gubernamentales que impacten desde el hogar, la escuela, y la sociedad en general, y que resalten los logros y las capacidades de la mujer en cualquier campo del saber y en cualquier entorno ocupacional.

Según Ribas (2012) la mujer se ha visto discriminada en todos los campos, y esta situación se evidencia también en el acceso igualitario a la educación. Fue en el último siglo cuando las mujeres lograron aparecer, aunque con participación mínima en el

escenario educativo. Por ello, un problema actual, es la desmotivación y la baja participación femenina en profesiones que involucran ciencias y tecnología.

García (2012) considera que, de acuerdo con el género, las personas asumen roles debido a los numerosos aportes culturales y sociales, los cuales son en su mayoría transmitidos a través del sistema educativo. La educación debe entonces garantizar la igualdad de oportunidades para que cada persona se desarrolle integralmente respecto a lo que desea en todos aspectos de la vida.

Para González y Jiménez (2016) a lo largo de la formación, se alinea a la mujer a realizar oficios, tareas y a tomar decisiones que se ajustan al prototipo preestablecido por la sociedad. Obviamente, la niña nace y explora sin ningún prejuicio el mundo que la rodea. La curiosidad, las preguntas, el interés y su espíritu investigativo puede ser igual o mayor que el de los niños. El problema radica en que, además de que este interés no se fomenta, ni se propician espacios de formación que aprovechen este enorme potencial de las niñas, se coarta su acción por culturas y costumbres malsanas, y desde el lenguaje, la selección de juegos por género, los oficios y las posturas, entre otros, se moldea a las niñas para que adquieran solo ciertos perfiles.

Para García (2012), la educación y la sociedad en general marcan diferencias discriminatorias respecto al género. Es de aclarar que en muchas situaciones, estas diferencias no se hacen de manera consciente, sino que son la expresión del cúmulo de costumbres y de actitudes heredadas y transmitidas de acuerdo con la cultura en la que se desenvuelve el ser humano, lo cual determina el comportamiento de la persona según con su género.

Según Baeza (2005) los primeros contactos de los niños y niñas con la escuela se ven permeados por los mismos supuestos tradicionales de género que se observan en el hogar y en la sociedad. Al niño y a la niña se le pueden presentar dos posibilidades, que su maestra sea mujer o que su maestro sea hombre. En ambos casos se puede

favorecer o desfavorecer la transformación de algunos prejuicios de género, todo depende de la formación del docente.

Para Baeza (2005), es importante modificar los textos escolares que implícitamente promocionan la discriminación de género entre los niños y niñas, y determinan funciones sociales; por ejemplo, la autora cita que es difícil encontrar un libro que exprese: “Papá tiende la ropa y mamá lee el periódico”. Por esto, la escuela debe integrar nuevas formas de educación de género que consideren las capacidades y debilidades de hombres y mujeres, pero que evidencien oportunidad de igualdad para ambos.

Según la Comisión Nacional para prevenir y erradicar la violencia contra las mujeres (2018), la mejor etapa de aprendizaje para que las niñas y los niños adquieran comportamientos igualitarios es la educación temprana, la cual ocurre en prescolar y básica primaria. Esto debido a que en esta etapa los niños y niñas obtienen una gran influencia de su entorno, y son más vulnerables a adquirir estereotipos y roles sociales

Según la Comisión Nacional para prevenir y erradicar la violencia contra las mujeres (2018), los juguetes juegan un papel importante respecto a los valores y comportamientos de las personas en su adultez. Es entonces importante que no se influencie al niño o a la niña a la escogencia de juguetes de acuerdo con su género, pues esto puede o no desarrollar habilidades necesarias en el futuro. Los niños y niñas deben hacer dicha escogencia por su curiosidad y no por su género.

González y Jiménez (2016) plantean que las niñas que presentan interés por disciplinas, mal catalogadas como exclusivas de los hombres, son llevadas a la desmotivación y orientadas a otras disciplinas que supuestamente son propias de su género desde el mismo ámbito escolar.

De igual manera, Flores (2005) considera que la escuela es una de las instituciones que más influye en la construcción de la identidad de la persona y en su

proyecto de vida. Ahora bien, el desarrollo de este proyecto de vida se define por las características, los derechos y los deberes que la misma persona percibe desde su género.

Es por ello por lo que Flores (2005) reconoce que la preocupación ya no tiene que ver con cuántas mujeres ingresan al sistema educativo. Lo que preocupa es ¿cuál es el ambiente de aprendizaje ofrecido a las mujeres? y ¿cuál es la calidad de la educación que ellas reciben? Las anteriores preguntas se pueden resolver si se considera el currículo oculto en la escuela. Para Flores (2005) el currículo oculto plantea estereotipos y alimenta conceptos dañinos que aportan a la discriminación en contra de la mujer.

De igual manera, Flores (2005) reconoce que la persona es permeada inconscientemente por prejuicios de género que imponen formas de autopercepción y de percibir al prójimo, lo que lleva a una posición de ventaja o desventaja de acuerdo con el género propio. Desafortunadamente, la escuela sirve como escenario para reproducir estos perjuicios que llevan a la discriminación de género.

2.1.2.1.2 La discriminación de género en la educación

De acuerdo con Flores (2005) los docentes influyen mucho en la discriminación de género. Esto ocurre desde el mismo trato y el lenguaje utilizado en el aula de clase, que, en la mayoría de los casos, desfavorece a la mujer. Así mismo, culturalmente se restringen varios espacios de acuerdo con el género. Dichas limitaciones en los espacios fortalecen los prejuicios y afectan las inclinaciones de desarrollo profesional y personal de los estudiantes.

Campos (2014) plantea que, aunque la población femenina en los niveles de educación básica primaria y secundaria ha venido en aumento, hoy día existen diferencias a favor de la población masculina. Preocupa más aun el hecho de que la tasa de deserción de la educación a estos niveles es mayor para las niñas.

El bajo ingreso a la comunidad científica, la permanencia y la producción intelectual de la mujer se debe a la discriminación permanente a la cual es sometida desde la educación en básica primaria hasta la educación superior, para las pocas que acceden, argumenta Ribas (2012).

Para Ribas (2012) la falta de referentes femeninos en el campo de las ciencias es un factor relevante para que las niñas y jóvenes mujeres presenten tan baja participación en las ciencias. A esto se le suman los denominados estereotipos para hombres y mujeres que no han hecho sino truncar el desarrollo de la persona para lo que realmente le gusta.

Ribas (2012) resalta que una de las principales causas de que la mujer se vea rezagada en varios campos, en específico el científico, son las ideas preconcebidas, erradas pero que se asumen como si fueran correctas, sobre las obligaciones, tareas, deberes y derechos que se destinan de acuerdo con el género desde la misma infancia.

González y Jiménez (2016) argumentan que, aun así, las cifras respaldan, que una minoría de mujeres en comparación con los hombres logran certificarse como profesionales en disciplinas que involucran las ciencias, y aunque se podría pensar que en este nivel las mujeres tienen el campo despejado, siguen apareciendo factores discriminatorios que dificultan su desempeño, como, por ejemplo, la preferencia en el campo laboral, la inequidad en el salario y el protagonismo en investigación para con el género masculino.

2.1.2.1.3 Causas de la discriminación de género en las ciencias

La figura 8 muestra algunas causas que influyen en la participación de las mujeres en áreas afines a las ciencias, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas, catalogadas STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*).



Fuente: Elaboración propia

Figura 8 Causas asociadas a la baja participación del género femenino en carreras asociadas a disciplinas STEM

Según Campos (2014) la discriminación femenina en el campo educativo se ve reflejada en las aspiraciones de la mujer con respecto al campo profesional. Esta situación afecta directamente al desempeño de la mujer en el mundo laboral, y también sus expectativas salariales, las cuales, para el 2002, se encontraban en un 68% del salario de los hombres.

Para González y Jiménez (2016) no debe resultar extraño que la participación masculina sea mayoritaria respecto a la femenina, en disciplinas de las ciencias, las ingenierías y las tecnologías, tanto a nivel de formación e innovación, como el campo laboral e investigativo, con lo cual la mujer se ve rezagada solamente a ser una consumidora de artefactos, sistemas y servicios que se producen.

Para González y Palencia (2016) la diferencia entre la participación de la población femenina y la masculina se observa en rendimientos académicos medibles en pruebas censales, en ingreso a carreras profesionales, en desempeño laboral y producción investigativa, y la población femenina está siempre por debajo en disciplinas TIC.

Según González y Jiménez (2016) la presencia femenina en el ámbito académico y científico, como en muchos otros, se manifiesta por su poca participación. Así mismo, respecto a la innovación tecnológica, el género masculino protagoniza el avance y la producción, mientras que la mujer solo se ocupa de consumirla.

Para González y Jiménez (2016) es importante considerar el recorrido que debe realizar una persona hasta que logra su desarrollo integral. Se observa que, en la educación básica primaria y secundaria, las niñas que prestan interés por las disciplinas, mal catalogadas como exclusivas para los hombres, y son excluidas debido a supuestos estereotipos en disciplinas tradicionalmente femeninas. En el estudio se justifica que, además, muy pocas mujeres, en comparación con el número de hombres, ingresan a la universidad en carreras afines a las matemáticas, la física, las ciencias y la ingeniería. Además, que la deserción en la mujer es más alta en el sistema universitario que la del hombre, lo cual probablemente ocurre debido a las responsabilidades que se asumen como parte de la diferenciación de género.

Así mismo, según Vásquez et al (2019) la elección vocacional de una persona todavía está altamente marcada por su género. Los estudiantes hombres tienden por

disciplinas asociadas a la tecnología y aspectos científicos que aportan al mejoramiento de vida de la humanidad. Por su parte, las estudiantes mujeres se inclinan por las ciencias sociales. Uno de los factores puede ser que la mujer no cree en su potencial respecto al aporte que pueda lograr en disciplinas de las ciencias.

Según Avendaño y Magaña (2017), el género y el grupo étnico son los factores que más influyen en las personas respecto a una posible elección de una carrera profesional. Aunque este resultado no se puede explicar fácilmente, se sugiere que esto obedece a la falta de referentes femeninos y a los estereotipos culturales. Al parecer los hombres tienen 2.05 veces más probabilidad de escoger una profesión afín a las ciencias y a la tecnología que las mujeres.

Samudio (2016) expone que existe un imaginario de profesiones distintas según el género. Los datos de la Universidad de los Andes arrojan que, para carreras como odontología, humanidades, ciencias de la salud y educación, la mujer presenta porcentajes por encima del 65%, mientras que, en profesiones como ingeniería, la mujer tiene una representatividad del 32,2%. Es por esto, que se deben eliminar las diferencias y los comportamientos discriminatorios en el campus universitario en contra de la mujer.

Para González y Palencia (2016) los avances tecnológicos y científicos están sesgados por el pensamiento masculino, y por la omisión de necesidades y potencialidades del género femenino. El prejuicio social, ocasiona que se pierdan o migren personas talentosas que podrían alterar, para bien, el transcurso de la humanidad en aplicaciones tecnológicas y científicas; además, las pocas políticas públicas enfocadas en dicha problemática no han sido para nada eficientes y no se ven luces que permitan disminuir la brecha.

Para Vásquez et al (2019) la baja participación de población femenina en la contienda tecnológica preocupa, entre otras cosas, porque la mujer representa más de

la mitad de la población mundial con lo cual se desestiman necesidades, intereses y propuestas de la mujer, lo cual podría sin duda, expandir el abanico de posibilidades de desarrollo tecnológico a nivel global.

González y Jiménez (2016) concluyen que la baja representación de las mujeres en campos de desempeño matemático, de ciencias de ingeniería y de tecnología se aleja del tema de la capacidad de la mujer para generar conocimiento, aunque es cierto que el problema no radica en ello. Estudios revelan que las causas de dicho fenómeno, radican en confianza, interés, autoestima y falta de oportunidades para que la mujer se desempeñe en el campo académico–investigativo asociado a las áreas que involucran las ciencias. A esto, se suma la falta de referentes femeninos en la literatura científica, o de otro modo, a la falta de reconocimiento y a la invisibilidad que han tenido las pocas que lo han logrado.

Igualmente, Flores (2005) afirma que el género de una persona no debería influir en su desempeño en áreas determinadas, ni mucho menos en la escogencia de su carrera profesional. Pero sí es importante considerar el género durante el proceso de enseñanza de dicha persona. Si esto se tiene en cuenta, se podría aumentar la autoestima, mejorar la relación docente estudiante y observar cómo se condiciona el desarrollo integral de las niñas.

Para González y Palencia (2016), la capacidad cognitiva de la mujer no presenta ninguna desventaja con respecto a la del hombre, y las razones de la baja participación de las mujeres respecto a hombres en estas disciplinas masculinizadas más bien podrían estar asociadas al interés, los prejuicios sociales, la autoestima, las condiciones fisiológicas, el hecho de recibir una remuneración más baja comparada con su par masculino y la confianza en sí misma.

Por otro lado, según Vásquez y Blanco (2019) los hombres suelen presentar mayor interés en las ciencias exactas que las mujeres. A pesar de que ambos géneros

tienen las mismas capacidades en las áreas de las ciencias y las tecnologías, las personas del género masculino tienen más confianza en sí mismos respecto a su desempeño en dichas disciplinas.

Para Flores (2005), aunque el acceso a la educación para la mujer presenta dificultades, hoy en día no es uno de los grandes obstáculos, ya que respecto a este tema las cosas han mejorado ostensiblemente. Sin embargo, la inequidad respecto al género en contra de la mujer se sigue acentuando en la dificultad que imponen los estereotipos y la segregación en la orientación vocacional para el género femenino, lo cual perjudica directamente la participación de las mujeres en el ámbito científico-tecnológico.

Algunas políticas explícitas y propuestas para reivindicar a la mujer, entre otras acciones, han logrado un aumento en el ingreso a la educación superior de las mujeres, es por ello, que hoy día este aspecto no es motivo de tanta discrepancia como en el pasado. Un caso específico, es el de la Universidad de los Andes, la cual en sus orígenes era un espacio exclusivo de hombres durante la segunda mitad del siglo XX, en comparación con la década de 2010 en donde el 60% de la población estudiantil de dicha universidad es femenina (Samudio, 2016).

Por otra parte, González y Palencia (2016) describen que la participación femenina ha aumentado paulatinamente en todos los campos, pero preocupa que no lo ha hecho en el sector tecnológico. Las políticas y condiciones sociales favorecen más a los hombres que a las mujeres en todos los ámbitos, y se observa desde la falta de oportunidad en un proceso de selección, hasta una remuneración más baja por el mismo desempeño laboral. La poca participación femenina en áreas de programación, y ciencias como física, química, matemáticas e ingeniería, preocupa por varios aspectos. Sin embargo, es importante aclarar que en áreas sociales y en biotecnología, salud y áreas administrativas estos autores encontraron que hay un aumento en la participación de las mujeres con respecto a los hombres.

2.1.2.1.4 Tendencias para superar la discriminación de género en las ciencias

En todo caso, es necesario propiciar una mayor equidad. Al respecto, Arredondo et al. (2019) plantean que la mujer debe ser incluida en los espacios académicos, laborales, investigativos y científicos para la disminución de la discriminación de género en Latinoamérica. Para ello, la región debe fomentar el conocimiento de las disciplinas de ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas, todo sin ningún tipo de discriminación.

Según la UNESCO (2018) las entidades gubernamentales deben garantizar espacios de aprendizajes libres de violencia y de cualquier tipo de discriminación, con educación integral y de calidad en las escuelas. Sin embargo, la violencia y la discriminación están omnipresentes. A menudo, la influencia de normas y estereotipos de género, están en el sistema educativo, y resultan en su mayoría más afectadas las niñas que los niños.

En el mismo sentido, Ribas (2012) plantea que la educación básica primaria y secundaria deben generar interés en las ciencias, motivar y mostrar su utilidad en un contexto propio de la estudiante. Además, la escuela debe estar acompañada por cambios legislativos que promuevan la igualdad de género con el fin de brindar igual oportunidades para todos.

Así mismo, González y Jiménez (2016) afirman que propiciar el incremento de la participación femenina en ciencias y en las áreas tecnológicas significa encontrar soluciones mejores o inexistentes hasta el momento, gracias a perspectivas diferentes que puede aportar la mujer, ya que no se puede seguir desperdiciando este potencial.

Según la Comisión Nacional para prevenir y erradicar la violencia contra las mujeres (2018), a fin evitar la discriminación de género, el sistema educativo está obligado a que las maestras y maestros no fomenten, de ninguna forma, dicha discriminación y traten con equidad a los niños y niñas.

Para García (2012) tanto la legislación como la escuela, en cabeza de los docentes, deben trabajar mancomunadamente para erradicar estereotipos y comportamientos que aumentan la inequidad entre los géneros, todo ello para favorecer toda igualdad de oportunidades entre los géneros. Este autor plantea que la igualdad de género en el sistema educativo obliga a que tanto niñas como niños sean tratados de igual manera en ámbitos que garantizan la calidad educativa tanto en acceso, permanencia e igualdad de oportunidades de manera permanente.

Es importante resaltar que la educación no es el único factor que puede incidir sobre la discriminación por género. Como ya se describió, hay aspectos que también son importantes como la cultura. Para Arredondo et al. (2019) una estrategia loable para disminuir la discriminación en contra de las mujeres es orientar esfuerzos a la formación de ellas en las áreas STEM.

Según Arredondo et al. (2019) una de las particularidades de los proyectos educativos que buscan desarrollar competencias en ciencias, tecnología, ingeniería y en matemáticas es vincular poblaciones vulnerables para propiciar mejoras sociales y económicas, mediante la inclusión en desempeños tecnológicos y científicos.

Arredondo et al (2019) sostiene que propiciar la participación femenina en áreas STEM, puede promover la formación equitativa respecto a al campo científico y tecnológico, con lo cual se lograrían eliminar los prejuicios sobre estas disciplinas vinculadas tradicionalmente a los hombres. Así mismo, para Arredondo et al. (2019) un factor determinante para reducir la brecha de género en Latinoamérica es la adquisición de competencias en disciplinas académicas que vinculen la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas, dichas disciplinas son catalogadas STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*).

Por su parte, Avendaño y Magaña (2017) afirma que la elección de carreras con enfoque STEM se encuentra asociada con los siguientes factores: las relaciones familiares, el género, el grupo étnico, el nivel socioeconómico, entre otros.

Para Arredondo et al. (2019) Latinoamérica debe concentrar todos sus esfuerzos para despertar el interés y la formación de parte de las mujeres desde temprana edad en disciplinas STEM. Así, se puede garantizar que muy buena parte de ellas incursione en los campos académico, investigativo y laboral.

Además, Arredondo et al. (2019) plantean que se debe eliminar todo paradigma respecto al género creado por la sociedad y la cultura. Al incrementar la participación de las niñas en disciplinas STEM, se brindan elementos contundentes en contra de las tradiciones culturales que señalan negativamente a la mujer, sobre todo en Latinoamérica, por lo que, una didáctica apropiada para la enseñanza de las ciencias será un camino para lograr que la mujer haga parte de la excelencia tecnológica y científica.

2.1.2.2. Antecedentes Investigativos

2.1.2.2.1. La didáctica en las ciencias

Una de las mayores fortalezas de los docentes es que, en un gran porcentaje, dominan y conocen su área de conocimiento; realmente son pocos los que se enfrentan a un aula de clase sin este obligado requisito. Sin embargo, una de las mayores dificultades que se presentan respecto a la enseñanza y al aprendizaje en el aula son las deficiencias en la didáctica.

Según Abraham et al. (2010) la didáctica ofrece al docente herramientas, conocimientos y métodos para llevar a cabo procesos formativos que obligan la selección de contenidos significativos y de elementos esenciales y necesarios para

hacer de la enseñanza y el aprendizaje procesos agradables con un resultado satisfactorio respecto a desempeño de los estudiantes.

Para Soto (2012), la educación requiere que el docente utilice una didáctica en el cual estudiante participe activamente, de manera reflexiva y responsable. Es en esta instancia en la cual el docente debe comprender y dominar la didáctica, para que en su clase se refleje una planeación apropiada que apunte al desarrollo del pensamiento crítico del estudiante.

Para Casasola (2020) todo modelo didáctico debe contar con los recursos necesarios para instaurar su aplicación. Además, la didáctica debe ser flexible, de manera tal que sea capaz de adaptarse a los cambios requeridos en el aula, y garantizar que se pueda realizar una evaluación formativa, integradora, que motive y oriente al estudiante mediante una reflexión en conjunto con el docente. El docente debe asumir que no hay modelos didácticos exentos de caer en dificultades debido a las múltiples variables que se pueden presentar en un aula de clase, sin embargo, el acto reflexivo y orientado para escoger la didáctica más oportuna garantiza una metodología para evaluar el aprendizaje del estudiante.

Soto (2012) sugiere que la didáctica se rige por diferentes principios: El principio de científicidad, el principio de articulación de la teoría con la práctica, el principio de familiaridad y el principio de integralidad.

Soto (2012) argumenta que **el principio de científicidad** vincula el desarrollo de las diferentes áreas del conocimiento con la competencia en pensamiento científico que debe desarrollar el estudiante, mediante el trabajo inducido hacia ese fin por parte del docente.

El segundo principio planteado por Soto (2012), **el principio de articular la teoría con la práctica**, justifica la importancia de la teoría en el contexto de la realidad que vive el estudiante. Para ello, es de vital importancia relacionar lo que se percibe en

la cotidianidad con lo que se concibe de manera racional y teórica en la escuela. Para lograr esto, el docente debe evidenciar la necesidad de la teoría para la creación, transformación y mejora de los productos, artefactos y procesos de uso en un contexto determinado.

El tercer principio propuesto por Soto (2012), es **el principio de familiaridad**. Este principio invita al docente a que siempre tenga en cuenta que los estudiantes presentan saberes previos. La enseñanza debe partir de conocimientos previos y, con base en ellos, construir los nuevos. Para ello, desde la didáctica se deben procurar contenidos que sean familiares y que sean foco de interés y motivación para los estudiantes, de acuerdo con sus vivencias, su edad y su contexto.

Finalmente, Soto (2012) describe como cuarto principio **el de integralidad**. Los contenidos curriculares deben planearse de forma que cada uno aporte al desarrollo del pensamiento científico, critico, creativo y con un carácter sistémico. En este aspecto, la didáctica debe revelar las relaciones que existen entre las diferentes disciplinas que reciben los estudiantes y garantizar una verdadera comprensión.

En un aula de clase ocurren situaciones insospechadas. El aula se presenta como el escenario en donde todas las teorías, políticas estatales y educativas, las formaciones y en fin todos los esfuerzos, se deben ver reflejados con el objetivo de brindar una educación con calidad a los niños y las niñas. Soto (2012), afirma que en la clase se deben evidenciar categorías pedagógicas respecto al acto educativo como lo son: los objetivos de enseñanza, los contenidos, los métodos, los medios, la evaluación, el estudiante y el grupo al cual orienta el docente.

El docente debe reconocer en todo momento el objetivo de su acto pedagógico en el aula. Soto (2012) indica que **los objetivos** representan las habilidades o competencias que se desean mejorar en el estudiante. En todo momento se debe tener en cuenta que la educación es un proceso, y que, en la misma aula, se pueden encontrar

diferentes etapas de avance respecto a un objetivo propuesto. Por ello, el docente debe tener conciencia de cuánto tiempo es necesario para el cumplimiento de los objetivos propuestos a desarrollar en su ejercicio pedagógico.

A continuación, el docente debe proponer de manera clara y pertinente los contenidos a desarrollar en el aula de clase. Soto (2012) define **los contenidos** como el conjunto de conocimientos, competencias, posturas y normas que deben ser adquiridas por los estudiantes. La didáctica del docente debe incitar al desarrollo de la creatividad, la puesta en marcha de la innovación, la interpretación de situaciones y la solución a problemas mediante el pensamiento crítico.

Para Soto (2012), el docente debe responder preguntas como, por ejemplo: ¿Cuál es la mejor forma de enseñar?, ¿cuál es la mejor forma más fácil y entretenida con la que aprenden los estudiantes?, ¿en qué orden se debe desarrollar un tema en específico?, ¿qué acciones se deben generar en aula?, ¿cómo se motiva al estudiante? Todos estos interrogantes deben ser presupuestados por el docente antes de enfrentarse al ejercicio pedagógico con el grupo. Allí, la didáctica invita a utilizar algunos métodos como los foros de discusión, el método investigativo y el trabajo colaborativo, el aprendizaje basado en problemas, entre otros.

Hoy en día los medios y las herramientas didácticas con las que cuenta un docente ofrecen un gran abanico de posibilidades. Soto (2012) plantea que las ayudas didácticas son un apoyo fundamental que benefician la aprehensión del conocimiento por parte del estudiante. Dos preguntas importantes, que sirven para seleccionar las ayudas didácticas, son: ¿qué herramientas facilitan, y son necesarias para la enseñanza?, y ¿qué herramientas facilitan, y son necesarias para lograr un buen aprendizaje?

2.1.2.2.2. Modelos Didácticos aplicados en las ciencias naturales y exactas

Es importante señalar que la didáctica también responde al modelo pedagógico en el cual se ubica el docente. Un modelo didáctico está caracterizado por la práctica

educativa, y por los supuestos acerca de la educación y de la misión que esta debe cumplir. Además, hay un vínculo fuerte entre la práctica educativa y la formación del docente. En el modelo didáctico se deben evidenciar principalmente: las responsabilidades del docente y del estudiante, la relación entre el docente y el estudiante, el objetivo, el camino a recorrer durante el acto evaluativo asociado a una metodología, los medios necesarios y los medios con que se cuenta, el tipo de actividades a realizar, el enfoque que se pretende y la forma de realizar la evaluación (Fernández et al (2000).

La didáctica involucrada en el proceso de enseñanza presenta un abanico de opciones con ventajas y desventajas. Particularmente en la enseñanza de las ciencias exactas y naturales han predominado unos modelos didácticos por encima de otros. Para Ruiz (2007) uno de los modelos que más ha perdurado durante los años es **el modelo de enseñanza por transmisión**. Gracias a este modelo, las ciencias naturales han sido transmitidas de generación en generación, pero con la dificultad de que el estudiante acaba por percibir los conocimientos relacionados con las ciencias naturales y exactas como absolutos y universales. El modelo no considera importante que el estudiante se enfrente con la construcción de conocimiento, sino que por el contrario se ocupa de la transmisión fiel de lo que el docente este en capacidad de transmitir. Con ello, el estudiante es percibido como una hoja en blanco que se limita a recibir el conocimiento sin ningún tipo de objeción.

Para Ruiz (2007), el modelo basado en la transmisión-recepción de conocimiento en ningún momento considera ni los saberes previos del estudiante, ni su contexto, con lo cual el estudiante se limita a recibir la información sin ninguna clase de argumentos propios. El modelo anterior hace que el arte de educar parezca una tarea fácil para cualquier persona.

Ruiz (2007) plantea, como segundo, el **modelo por descubrimiento**. En este modelo se deben plantear situaciones y problemas en el aula, y el estudiante, bien sea

guiado por el docente o de manera autónoma, debe utilizar conocimientos propios y enseñados en el currículo para encontrar la mejor solución. El modelo se estructura de acuerdo con el principio de que el conocimiento se debe evidenciar en la cotidianidad, y, en las ciencias naturales y exactas se deben utilizar los elementos que aporta el diario vivir para la construcción de conocimiento.

En comparación con el modelo anterior, Ruiz (2007) concluye que ambos siguen acumulando el conocimiento, pero, en este último, el estudiante puede justificar principios de acuerdo con su experiencia. En este modelo, las ciencias naturales se continúan presentando como verdades universales y absolutas, debido a que en ningún momento el estudiante realiza la construcción de teorías de acuerdo con la necesidad de resolver una pregunta o un problema. Una de las mayores dificultades de este modelo didáctico es que, debido a que la fuente de conocimiento es la relación del estudiante con su entorno, los implicados pueden disminuir la importancia de la conceptualización.

Posteriormente, Ruiz (2007) plantea **el modelo recepción significativa**. Aunque en comparación con los dos modelos anteriores, se pretende que el estudiante siga acumulando conocimientos, este modelo reconoce la capacidad de razonamiento en cada estudiante. Tanto en ciencias naturales como exactas, el estudiante reflexiona sobre la forma en que se construye el conocimiento. Este modelo tiene siempre presente los saberes previos de los estudiantes, así como sus experiencias, y se propicia la integración de conocimientos nuevos con los que ya posee la persona. Es importante que el docente utilice estrategias didácticas para explicar los conceptos, promover la experimentación y vincular aplicaciones conocidas con el contenido orientado. Al acudir a este modelo didáctico se debe tener la precaución de que no todas las ideas previas que poseen los estudiantes son correctas, por lo cual, es imprescindible una reflexión al respecto.

Aunque los modelos didácticos se presentan en el orden de evolución histórica, con lo que se puede pensar que un modelo didáctico puede ser mejor que el anterior, la invitación es a no pensar que siempre es así, debido a que el contexto juega un papel muy importante.

El cuarto modelo propuesto por Ruiz (2007) es el **modelo conceptual**. En este modelo no solo se consideran los saberes previos del estudiante, sino que también el docente reconoce y cuenta con que cada persona tiene una estructura cognitiva. Este modelo propone un reto cognitivo de cualquier tipo para el estudiante. Es así como el docente debe proponer retos, problemas o situaciones que incomoden y planteen contradicciones que desacomoden al estudiante, para que este logre reemplazar, mediante la argumentación, ideas previas equivocadas.

Finalmente, Ruiz (2007) propone como último, el **modelo por investigación**. En este caso, al igual que en el modelo anterior, se antepone un conflicto que se debe resolver entre los conocimientos previos y los conocimientos teóricos desarrollados en las disciplinas de las ciencias exactas y naturales. Además, se introduce una convicción de que el conocimiento debe ser construido por el estudiante a partir de en situaciones problema propuestas, no solo por el docente sino también por cualquier estudiante que las vivencie y las proponga.

En este sentido Ruiz (2007) afirma que este último modelo acerca al estudiante a los procesos que realizaron los precursores de las ciencias exactas y naturales, pero en este caso, el estudiante es quien vivencia los problemas de acuerdo con su contexto. Es así como se consideran los saberes previos, el estudiante identifica situaciones problemáticas y se convierte en el protagonista de la construcción y desarrollo de procesos, para generar conocimientos que son realmente significativos.

La pregunta sería, entonces, cuáles modelos didácticos son los apropiados para la enseñanza de las ciencias.

Andrade (2013). resalta que la enseñanza de las ciencias se debe apoyar en prácticas basadas en la experimentación, con un aprendizaje activo de parte de los estudiantes. Para lo cual propone, un modelo didáctico basado en investigación enfocado a resolver una situación problema.

Bybee (2011) propone, entre otros, espacios de enseñanza que la escuela debe poner a disposición del estudiante para que este sea capaz de plantearse preguntas y dar explicación a los fenómenos naturales del entorno, de manera que pueda interpretar, desarrollar e implementar modelos matemáticos que se acerquen a una realidad dada. Además, el estudiante debe realizar investigaciones de temas del interés común para su comunidad, y utilizar el pensamiento computacional y matemático. Otra condición es que debe diseñar soluciones, construir explicaciones y publicar resultados útiles a la comunidad científica.

Para López et al. (2018) la práctica científica en el aula debe abordar básicamente las siguientes tres dimensiones científicas: Indagación, modelización y argumentación. La indagación se refiere a la recolección y análisis de datos producto de la observación y la experimentación. La modelización plantea la explicación de teorías y creación de modelos que se ajusten a un fenómeno real, y la argumentación se refiere a la explicación y evaluación de hechos mediante razonamientos válidos.

2.1.2.2.3. STEM como modelo didáctico, una posible solución

Coello et al. (2017) afirma que la educación con enfoque orientado a las áreas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas de manera integral ayuda a la conceptualización en las áreas de las ciencias exactas y naturales. Este enfoque, denominado STEM, es considerado como un recurso didáctico dirigido a la construcción de conocimiento aplicado.

Por otro lado, Caballero (2015) considera que el enfoque STEM es vital en el desarrollo de las naciones. Por lo tanto, es estratégico impulsar este enfoque como

herramienta para promover desarrollo económico y social, con lo cual se lograría la equidad sobre todo para grupos minoritarios de cualquier índole, entre los cuales se resalta el del género femenino.

En cuanto las experiencias y resultados de la aplicación de STEM, Miramontes et al. (2018) realizaron un estudio basado en la implementación de un programa de actividades STEM con intención constructivista, el cual se realizó en los museos científicos de la ciudad de La Coruña España, y estuvo dirigido a jóvenes entre los 14 y 17 años. A partir de este trabajo, los autores concluyeron que la motivación de los estudiantes hacia el aprendizaje de la ciencia y la tecnología adquiría importancia si se partía de la formulación de una situación problema que debía ser resuelta a partir de la interacción entre ellos.

Para Miramontes et al. (2018) la experiencia demuestra que las soluciones a problemas no son únicas, es así como se cambia el paradigma de muchas ciencias, sobre todo las exactas y, con esto, se logra la incrementar la motivación, potenciar las capacidades de las personas y asumir posiciones positivas a la hora de proponer soluciones.

Botero (2018) expone que, en países como Corea del Sur, Estados Unidos, Canadá, China, Taiwán y Alemania, se ha implementado el enfoque STEM, con tan alta seriedad que se ve reflejado como política pública de estado. El presidente Barack Obama oficializó el entrenamiento de más de 100.000 docentes en 10 años en Estados Unidos con el propósito de fortalecer dicho proceso de enseñanza, y con ello se postularon los estándares de ciencias para la nueva generación.

Para Coello (2017), STEM agrupa en su didáctica la ejecución de proyectos para ser realizados entre varias disciplinas, de manera que se aprende mientras se construye, y el manejo de la tecnología se enfoca en el desarrollo científico.

Para Bogdan y Greca (2017), el método basado en el enfoque STEM, en todo momento tiene en cuenta la experiencia previa de los estudiantes. El rol del docente es de orientador y acompañante en el proceso, los estudiantes son los protagonistas y todos sus aportes son tenidos en cuenta, de manera que, en caso de estar errados, se realiza una reflexión y se toman los elementos positivos. Inicialmente el estudiante o el docente proponen situaciones reales y cotidianas que son sensibles a la mejora. Este problema se asume como un pretexto para enseñar un contenido de una ciencia natural en específico.

El siguiente paso, según Bogdan y Greca (2017), es realizar una reflexión en grupo de acuerdo con el problema planteado. En este momento, el docente se asegura de que todos los integrantes entiendan bien la problemática y, a continuación, se realiza una lluvia de aportes por parte de todos los integrantes. Allí, los estudiantes utilizan diferentes recursos, tanto físicos como conceptuales para diseñar, siempre en torno a una discusión y a una posible solución. A continuación, se consideran cuáles recursos son necesarios, y didácticamente, los estudiantes exploran contenidos específicos para resolver su nueva experiencia. Luego, los estudiantes ponen manos a la obra para materializar la idea, la cual, al ser implementada, se somete a pruebas de ensayo y error, en un ejercicio de rediseño y mejora constante.

El enfoque STEM hace necesario el uso de las matemáticas, los conceptos de ciencias naturales, el trabajo colaborativo, el diseño, la ingeniería, la programación y las demás competencias propias del pensamiento científico.

Para Bravo (2009) todos los ciudadanos deben adquirir conocimientos y habilidades pertinentes de acuerdo con un contexto basado en la hiperconectividad, la conciencia social, los nuevos retos, la autogestión y el autodesarrollo. Una forma de lograr esto es por medio del enfoque STEM.

Sanders (2009) aclara que el término STEM surge en 1990 en la *National Science Foundation* (NFS). Originalmente el término utilizado fue “SMET” el cual tenía implicadas las mismas disciplinas, pero en diferente orden: *Science, Mathenatics, Engineering y Technology*, pero con el transcurso del tiempo se acogió el acrónimo STEM.

Vásquez et al (2013) define la educación STEM como un enfoque que integra las cuatro disciplinas Ciencias – Tecnología – Ingeniería – Matemáticas, y que elimina las barreras tradicionalmente impuestas entre ellas. Además, el enfoque STEM integra todas las áreas del currículo mediante actividades propuestas y las vincula con el mundo real mediante experiencias significativas para los estudiantes.

Según Charro y Martín (2018) en el enfoque STEM no solo debe desaparecer cualquier barrera que segregue las áreas en cuestión -ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas-, sino que este tiene la obligación de integrarlas con experiencias de aprendizaje significativas, tanto para docentes como para estudiantes, que presenten un impacto social favorable.

Hernández (2015) considera conveniente integrar disciplinas mediante la puesta en marcha de retos y de trabajo en equipo, que potencialice las virtudes de los estudiantes mediante el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo de todas las personas que actúen en el acto educativo.

Para Botero (2018) el enfoque STEM, implica, de por sí, una interacción valiosa entre docente, estudiante, comunidad y sector productivo, lo cual se puede evidenciar en la vida real. Es un concepto relativamente nuevo, que marca un camino laborioso para llevar a cabo, pero cuya reflexión se centra en el futuro de la sociedad a nivel ambiental, educativo, profesional y humano.

Sanders (2009) plantea que el concepto de STEM se mantuvo marginado de la comunidad hasta cerca del 2003, y en el 2005 se lanza el programa profesional en

educación STEM por parte de *The Techonology Education Program*. La NFS estuvo durante dos décadas refiriéndose a STEM como simplemente la integración de cuatro disciplinas, que en su mayoría se trabajaron por separado, y romper esos paradigmas no puede considerarse en ningún momento tan fácil como se piensa, pues en cada disciplina se presenta un celo propio de sus territorios.

Bybee (2010) enfatiza que, desde el ámbito educativo, el enfoque STEM se debe asumir como un cambio de paradigmas políticos, sociales y económicos para que su implementación tenga un verdadero impacto en todos los agentes implicados en la educación.

Contrariamente a otros autores, Bybee (2010) cuestiona que STEM aparece como otro término que atropella al ciudadano del común, y como ocurre con otros, la comunidad educativa lanza el concepto y no se toma el tiempo de explicar lo que realmente significa. Además, resalta el error que se comete al asociar STEM solo con las áreas de Matemáticas y las Ciencias.

Así mismo, para Domènec (2018) lo importante no es solo saber ciencias, matemáticas y tecnología; lo que debe generar el enfoque STEM es la solución óptima de problemas cotidianos mediante un pensamiento desarrollado en dichas áreas de manera transversal.

Según Botero (2018) lo importante de la educación STEM es vincular problemas reales con posibles soluciones en la vida académica, tanto para los estudiantes como para los docentes. STEM apunta a la integración de las ciencias, las matemáticas, la tecnología y la ingeniería de manera interdisciplinaria, de forma que se articulen contenidos que hasta el momento se han tratado de manera aislada, para que así la educación no pierda sentido frente a los aspectos y situaciones de la vida cotidiana. Así mismo, la educación STEM, potencia todas las habilidades del implicado para

solucionar o mejorar situaciones que son de su competencia, por lo tanto, el conocimiento adquirido se vuelve significativo para la persona.

Botero (2018) considera cuatro factores primordiales de STEM; a) el acercamiento interdisciplinario al aprendizaje; b) la disolución de barreras entre las cuatro disciplinas; c) la integración de las áreas con el mundo real y d) la propuesta de experiencias relevantes para los estudiantes.

Para el primer aspecto, referido al acercamiento interdisciplinario al aprendizaje, Botero (2018) resalta que la interdisciplinariedad en el aprendizaje da la oportunidad al estudiante de crear conexiones necesarias para comprender los conceptos fundamentales en cada área.

Para Botero (2018), el segundo aspecto, la integración entre las áreas, desarrolla en el estudiante competencias que debe tener el ciudadano del siglo XXI para poder responder las necesidades sociales debido a que, al romper las barreras entre áreas, no se cae en el error de conceptualizar los fundamentos de cada disciplina de manera aislada y, además, el estudiante vincula todo el conocimiento con la realidad que lo rodea.

Sin embargo, según Sanders (2009) pensar en que las disciplinas se van a integrar de la noche la mañana por el solo hecho del surgimiento de un nuevo término, STEM, puede ser hasta inocente. Hay que considerar que las áreas llevan toda la historia de la humanidad avanzando y percibiéndose de manera aislada.

El otro aspecto relevante que brinda el enfoque STEM, según Botero (2018), es que al igual que ocurre en la cotidianidad, las áreas en la academia se deben presentar como un todo y no en forma segregada. Botero (2018) considera que el estudiante crea nuevos y emocionantes conceptos que solucionan problemas cotidianos.

El último aspecto, pero no menos importante, es que el enfoque STEM ofrece experiencias significativas para los estudiantes. Botero (2018) plantea que todo proyecto debe retar al estudiante a sacar todo su potencial. Para ello, el proyecto debe estar inmerso en aquello que vive el estudiante en su casa, en su barrio, en su escuela y en todo lo que le interese. Ofrecer al estudiante experiencias vividas por los estudiantes permite construir conexiones entre el mundo real y lo que realmente le interesa a la persona.

Hom (2014) plantea que la diferencia más relevante de la educación STEM con respecto a la educación convencional son los ambientes de aprendizaje, en los cuales se combina el conocimiento y se dan soluciones en un contexto dado mediante el desarrollo de competencias científicas. En la misma línea, Sanmartí et. al (2011) argumentan que la competencia principal que transmite el enfoque STEM es la competencia científica. Lo importante es que la persona pueda llevar el aprendizaje adquirido a cualquier contexto real.

Así mismo, para Bybee (2010) una de las obligaciones conceptuales de STEM es retomar la educación científica -la cual ha sido subestimada-, y una de sus primeras misiones es asociar las ciencias con la tecnología y con la ingeniería desde la escuela. Un factor tan influyente como la tecnología no se puede obviar en educación. Generalmente, las matemáticas y las ciencias son orientadas con altas intensidades horarias, rigurosidad y de manera aislada, mientras que para la tecnología solo se tienen deficiencias, con lo cual se desconoce así su influencia, su aplicabilidad y su posible transversalidad con las demás disciplinas. Parece inaceptable que algo que afecta tanto la cotidianidad del ser humano, como la tecnología, presente un alto nivel de analfabetismo.

Según Bybee (2010), la educación STEM debe contemplar cuatro componentes interrelacionados así:

- Adquirir conocimientos científicos, tecnológicos, de ingeniería y matemáticos y, además, utilizarlos para solucionar problemas que a su vez permitan generar más conocimientos.
- Comprender los rasgos característicos de las disciplinas STEM que involucran procesos de investigación, diseño y análisis.
- Reconocer cómo las disciplinas STEM dan forma al mundo material, virtual, intelectual, cultural y social.
- Participar en temas relacionados con STEM mediante la implicación de ideas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, pero bajo la perspectiva de ciudadanos conscientes, preocupados y constructivos.

Allard y Cortez (2013), argumentan que el trabajo de los estudiantes, vinculado con personas expertas y con científicos, los encamina de manera directa hacia el campo laboral, con lo cual se puede garantizar cierto éxito en su vida profesional. La educación STEM puede ser la mejor alternativa para promover grupos pluriculturales y muy diversos, de manera que se pueda propiciar la participación de los grupos segregados históricamente.

Para Caballero (2015), propiciar en los jóvenes el desarrollo académico con enfoque STEM puede ofrecer un futuro prometedor, en donde se puedan suplir las diferentes demandas que se avizoran y, además, apuntarle a la disminución de la brecha de género parece ser un acierto necesario.

Según Botero (2018), la educación STEM debe contribuir a la educación de un país con tres grandes propósitos: desarrollar una sociedad instruida en STEM. Desarrollar una sociedad eminentemente tecnológica para el siglo XXI y desarrollar una fuerza laboral enfocada hacia la innovación y el emprendimiento.

Por su parte, Domènech (2018) considera que el enfoque STEM se fundamenta en tres ejes: Inclusión, creatividad y ciudadanía. Además, resalta que, mediante la inclusión, debe apoyar la participación de las minorías que históricamente han sido desfavorecidas, tanto por género como por su situación socioeconómica, entre otras muchas.

Además, para Allard y Cortez (2013) la educación STEM debe asumir fundamentalmente tres desafíos. El primero es encontrar un equilibrio entre la comprensión relevante respecto a un tema asociado a un conocimiento transversal y multidisciplinario. El segundo desafío de la educación STEM es lograr un puente entre los docentes y estudiantes con especialistas en el tema. Con ello se logra consolidar la orientación vocacional de las personas implicadas en el proyecto a realizar, debido a que se adquiere una identidad profesional y una cultura científica heredable en una disciplina determinada. Y, tercer desafío, que Allard y Cortez proponen, es que la educación STEM debe propiciar la participación de comunidades que han sido excluidos por la ciencia históricamente; un reto interesante, que puede brindar perspectivas diferentes para problemas que han salido de la órbita de las soluciones creativas para estas minorías.

En cuanto a las competencias que se deben desarrollar con la educación STEM, Morrison (2006) determina que para que un estudiante sea competente en STEM debe ser innovador, autosuficiente, inventor, solucionador de problemas, culto para la tecnología y utilizar la lógica como herramienta fundamental.

Según Casa et al. (2019) plantear problemas cotidianos susceptibles a resolver dentro de la escuela permite que el estudiante indague y construya conocimiento para explicar el mundo a partir de métodos científicos con fundamentación consolidada a priori en el aula. Esto permite que el estudiante participe activa y colaborativamente en la construcción de un conocimiento significativo para su vida.

Casa et al. (2019) agrega que brindar la opción al estudiante de resolver un problema puede generar aprendizajes mediante un proceso investigativo y un análisis permanente, debido a que él mismo se encarga de discernir lo que necesita aprender para resolver el problema planteado. Además, cada estudiante es protagonista y debe coincidir con sus pares en sitios de discusión para edificar un conocimiento más complejo y llegar a buen fin respecto a la solución del problema.

Por otro lado, Causado et al. (2015) afirman que el pensamiento crítico es vital en el aprendizaje de cualquier disciplina, por ello se estima que es una competencia transversal. El desarrollo de esta competencia en el estudiante permite desarrollar la innovación, la creatividad, el proceso investigativo y facilidad para el aprendizaje de por vida.

Causado et al. (2015) propone que el desarrollo del pensamiento crítico en la escuela se hace obligatorio mediante la implementación del currículo escolar. La importancia de ello radica en que una persona con esta habilidad es capaz de tomar decisiones mediante una posición basada en los argumentos tomados mediante la reflexión y el análisis.

En cuanto a la creatividad, Valero (2019) la define como la capacidad que tienen las personas para resolver situaciones mediante diferentes procedimientos que deben cumplir unos objetivos planteados. El reto que tiene la escuela es desarrollar en el estudiante imaginación, curiosidad por descubrir nuevos mundos, autoconfianza y un sentido común bien desarrollado a través de su propuesta curricular.

Valero (2019) resalta la importancia respecto a que la creatividad se puede potenciar en la escuela. La necesidad se tiene que plantear en el ámbito educativo para que el estudiante adquiera de manera adecuada su destreza creativa. Con ello se refuta la hipótesis de que la creatividad es innata.

Según Valero (2019) todas las personas tienen una gran capacidad de crear, pero el sistema castra, con sus normas y prejuicios, toda posibilidad de desarrollo incluso desde la misma escuela. Es por ello que, cuando se educa, se debe apuntar a que la persona desarrolle su originalidad, iniciativa, confianza, y su visión para afrontar nuevos retos, así como su capacidad para asumir los errores, no con miedo, sino como una oportunidad de aprendizaje. Además, es importante propiciar y un sinfín de situaciones que aporten a que el estudiante sea capaz de aportar para vivir mejor en una nueva sociedad.

En la misma línea, Klimenko (2008) presenta la necesidad de fomentar la creatividad en todos los actos educativos. Asimismo, afirma que la creatividad no es exclusiva de los genios, y que se debe asumir como un bien social accesible y disponible para todas las personas que pertenezcan a la sociedad.

Ararat y Camelo (2019) coinciden con los autores anteriores, al expresar que la creatividad emerge de la necesidad fundamental de innovar, como un componente de la formación integral del ser humano. Al parecer, habilidades y destrezas demandantes por la sociedad actual no son desarrolladas en el aula, debido a que el sistema educativo no ha reflexionado de manera correcta sobre ello. En ocasiones la educación trunca potencialidades del individuo, incrementa el desinterés y la desmotivación frente a la adquisición del conocimiento, y debilita posturas positivas que la persona posee de manera innata, sobre todo en su infancia. Coartar la curiosidad, exigir un pensamiento rígido, imponer normas y procedimientos no aptos para la edad, y asfixiar el espíritu de indagación y la experimentación, parecen ser equívocos por parte del sistema educativo que hacen que no se cultive la creatividad como competencia fundamental del ciudadano de la sociedad actual.

Según Ararat y Camelo (2019) propiciar espacios para fomentar la innovación requiere, de nuevo, garantías de políticas educativas permanentes y adecuadas.

En el caso de Colombia, la Secretaría de Educación de Medellín (2017) prioriza las políticas públicas educativas para implementar el enfoque educativo STEM+H, en las instituciones de educación básica y secundaria. La secretaría de educación de la ciudad asume el enfoque STEM, pero le adiciona el valor de la H, la cual se refiere al componente Humanístico a la propuesta de convertir la ciudad en territorio STEM+H.

Por su parte, en la ciudad de Medellín, en el 2008, 16 instituciones educativas públicas han asumido el modelo STEM, las cuales siguen un referente importante, STEM+H, en donde la H hace referencia a las disciplinas Humanas, además de generar nodos formativos para vincular a más de 150 instituciones de la ciudad.

Según Hom (2014) todas las políticas gubernamentales se deben dirigir para propiciar espacio en educación STEM, debido a la alta demanda por satisfacer en el ámbito laboral.

En este sentido, la importancia de fomentar la visión del enfoque STEM como política, se sustenta en situaciones como la planteada por Valero et al. (2017), quienes exponen la problemática relacionada con la carencia de profesionales STEM en países de la talla de España y Estados Unidos, en relación con la alta demanda de profesionales en especialidades científicas y tecnológicas. Aunque el mercado lo exige, los jóvenes se perfilan por profesiones en donde el mercado laboral se encuentra saturado, lo cual los obliga a desempeñar un puesto de trabajo por debajo de su formación.

2.1.2.2.4. El uso de la tecnología en el modelo STEM

Un aspecto que ha tenido gran influencia en el desarrollo la humanidad, son los avances tecnológicos. Según Arana (2005) la calidad de vida presente en las sociedades actuales y venideras se debe al desarrollo de la tecnología. Es aquí donde la educación debe intervenir para brindar una conciencia colectiva de lo que se puede lograr con la tecnología, el uso correcto de esta y obtener el mayor provecho para un bien común.

La sociedad de hoy está inmersa en la globalización, y los cambios adquieren una velocidad apabullante mediada por la tecnología, que sin dar alternativa cambia bruscamente en poco tiempo. Esto se constituye en una razón suficiente para que los nuevos ciudadanos sean tecnológicamente competentes (Ministerio de educación de España, 2009).

Asencio (2017) afirma que la tecnología no solo es la responsable de la facilidad para que el conocimiento sea un bien común, sino que también debe responder por los riesgos que ella misma propicia.

Por otra parte, Gallego et al. (2008) plantea que los sorprendentes avances de la ciencia se consolidan gracias al desarrollo en el campo tecnológico. Además, gracias a estos avances, se debe contemplar el nacimiento de nuevas ciencias que se han consolidado durante los últimos 50 años, como por ejemplo la biotecnología.

A pesar de la importancia de la tecnología en la sociedad actual, todavía no se ha logrado generar la motivación y los procesos necesarios para que haya más personas formadas en esos campos, es más, un porcentaje alto de la población es analfabeta tecnológica.

En este sentido, Arana (2005), considera que las nuevas tecnologías se deben utilizar para dinamizar la forma en que aprenden los estudiantes, y el conocimiento se debe reconocer como algo integral que toca todas las dimensiones del ser humano.

Dada la importancia de la tecnología, Badilla y Chacón (2004) consideran que una tendencia de la educación es la incorporación de esta, pero no solo como un medio para el desarrollo de habilidades cognitivas, sino como un fin en sí misma.

Igualmente, Gallego et al. (2008) consideran que es obligatorio formar personas que identifiquen problemas y planteen diferentes soluciones desde su contexto, con características que permitan expresar su creatividad con conciencia colectiva y con una

capacidad de adaptarse a los cambios tan rápido como estos ocurran. En resumen, para no dejar ninguna cualidad por fuera, la opción es la de formar ciudadanos con altas competencias tecnológicas.

Ahora bien, para que una persona sea digitalmente competente, según González et al. (2017), son obligatorias por lo menos cuatro habilidades, y estas han sido descritas también en los lineamientos dados por el Ministerio de Educación Nacional de Colombia: conocimiento acerca de la naturaleza y evolución de la tecnología; apropiación y uso de la tecnología; solución de problemas con la tecnología y, por último, comprensión del lugar que ocupa la tecnología en la sociedad.

Para González et al. (2017) la primera competencia, referida a **la naturaleza y evolución de la tecnología**, y abarca la comprensión de conceptos propios de la tecnología, y también estudia la evolución de la tecnología en el transcurso de la historia.

La segunda competencia, relacionada con la **apropiación y uso de la tecnología**, busca que las personas sean capaces de utilizar las herramientas de manera adecuada, y de esa forma puedan optimizar la realización de tareas específicas (González et al., 2017).

La tercera competencia, asociada a **la solución de problemas con tecnología**, consiste en la capacidad que debe tener la persona para identificar, formular y solucionar problemas con la ayuda de la esta (González et al., 2017).

Así mismo, González et al. (2017), explica que la última competencia, que se refiere a la vinculación entre **tecnología y sociedad**, propone concientizar a las personas de las consecuencias e impactos que trae la tecnología para la sociedad actual y futura.

Ahora bien, para Hernández (2015) no basta con desarrollar competencias digitales, sino que la tecnología se debe vincular de manera que permita reflexionar sobre la forma que se adquiere el conocimiento, propicie un pensamiento transversal y genere en el estudiante la capacidad de aplicar lo aprendido.

En la misma línea, Pedró (2015) considera que la educación debe utilizar la tecnología de manera acertada y efectiva para apoyar el qué y el cómo aprenden los estudiantes. Es entonces, obligatorio un cambio pedagógico que promueva el aprendizaje activo, interactivo y cooperativo, ofrezca una mayor personalización del aprendizaje, reforme el currículo con un enfoque de competencias y evalúe los aprendizajes de forma consistente con los objetivos.

Según Hernández (2017) la relación entre la educación y las TIC es vital para que el ser humano sea capaz de adquirir y generar conocimiento que le permita suplir la necesidad de adaptarse a las nuevas dinámicas de vida.

Un componente fundamental en el enfoque STEM, es la tecnología. Para Mackinnon et al. (2017) el aporte de la tecnología al enfoque STEM parte de la transformación y adaptación de cualquier producto, proceso o sistema en el cual se consideran todas las consecuencias para la sociedad.

Aunque el Ministerio de Educación de Colombia propone unos lineamientos para la buena formación en tecnología, Botero (2018) cuestiona que dichos lineamientos, se encuentran muy lejos de desarrollar en el estudiante las competencias tecnológicas necesarias, por lo que se debe vincular la formación tecnológica al enfoque STEM.

Así mismo, Botero (2018) enumera las capacidades que debe tener una persona para ser competente en tecnología, y a la vez aportar para que el enfoque STEM logre, con plenitud, su objetivo: identificar y resolver los problemas del mundo y de su contexto. Estas habilidades son:

- Comprender todo tipo de forma en donde se manifieste la tecnología.
- Describir el nacimiento de un producto tecnológico, su evolución y su adaptación a la sociedad.
- Concebir la tecnología como una aliada, y no experimentar exclusión por culpa de esta.

Por otra parte, Botero (2018) plantea que para aprender tecnología se debe considerar el vínculo de esta con la ingeniería. Esto implica enfatizar el aprender haciendo, lo cual es conocido como “manos a la obra”, *hands on*.

Para Araya (2016) un problema que podría estar afectando la integración de las áreas STEM, es justamente el tema de la ingeniería, pues lo común es que está no se incluya en el currículo de educación básica secundaria ni mucho menos en primaria. Lo conveniente es que la Ingeniería se incluya en el currículo debido a que esta disciplina permite que el estudiante se enfrente a problemas totalmente reales que puede ser planteados en un ambiente escolar y no teóricos.

Purzer et al. (2014) plantean que la ingeniería es el mejor pretexto para encontrar una aplicación integrada entre las ciencias, las matemáticas y la tecnología, en la cual el estudiante podría disfrutar más el proceso de aprender y cubrir la necesidad conceptual de integrar varias áreas del conocimiento al mismo tiempo.

Botero (2018) señala que el currículo vigente se encuentra desactualizado. El currículo aplicado en las escuelas responde a las necesidades pasadas. Una característica es que existen áreas más importantes que otras, por lo tanto, hay áreas que tienen muy poca intensidad horaria, y otras que ni siquiera hacen parte del plan de estudios en básica secundaria. STEM considera a todas las asignaturas en el mismo nivel de importancia, por ello, la integración de áreas es la solución para erradicar este problema.

Para Botero (2018), la ingeniería ha ingresado a las aulas de clase mediante proyectos de aula en tecnología. Dichos proyectos se caracterizan por tener un componente en diseño para resolver problemas, además de ser atractivos y con grandes resultados para el aprendizaje de los estudiantes. El autor califica este evento como el ingreso disimulado de la ingeniería al aula de clase.

El aporte de la ingeniería al desarrollo del proceso científico es notorio. Al respecto, Botero (2018) plantea que el proceso de diseño en ingeniería parte de un razonamiento metódico para resolver un problema real en específico. Así mismo, en todo momento, el diseño identifica las limitaciones y las características asociadas a la solución del problema. Además, el diseño en ingeniería busca varias soluciones y, con base en un análisis posterior, selecciona la mejor opción. Estos aspectos propician el desarrollo del pensamiento científico.

Según Domínguez et al (2019) el aprendizaje basado en problemas debe ser un elemento esencial para la enseñanza de la ingeniería. Además, los estudiantes deben recibir aportes de sus compañeros para ofrecer soluciones posibles y viables.

Para incorporar la ingeniería al proceso educativo, Botero (2018) plantea un modelo orientado a la educación en ingeniería de acuerdo con la escolaridad, desde grado 3º a grado 9º. El modelo consta de cinco pasos: hacer preguntas, imaginar, planear, crear y mejorar.

En este sentido, Domínguez et al (2019) afirman que dichos retos ingenieriles se deben ofrecer en todos los niveles educativos, para que los estudiantes reconozcan sus recursos y limitaciones a la hora de crear o modificar productos con un énfasis innovador.

Según Botero (2018) el primer paso se orienta a la importancia de **hacer preguntas**. En este paso, se plantea al estudiante un problema real del entorno, esta propuesta puede nacer de cualquiera que pertenezca al equipo de trabajo, tanto docente

como estudiantes. A partir del problema, los estudiantes deben formular todo tipo de preguntas con la intención de comprender el problema y de identificar tanto ventajas como limitaciones.

Seguidamente, se propicia un espacio para el segundo paso, **imaginar**. Para ello, se debe tener suficiente ilustración acerca del problema a solucionar. En equipos de trabajo es importante que todos los estudiantes estén comprometidos. Actividades como la lluvia de ideas y la revisión de investigaciones previas respecto al problema a solucionar pueden dar claridad a los estudiantes sobre lo que deben diseñar. A continuación, cada estudiante de manera individual realiza modelos, bocetos o gráficos que ayuden a materializar la idea para luego socializarla con sus compañeros. Con base en todas las ideas se construye la mejor opción de solución (Botero 2008).

Un aspecto importante, según Botero (2008), es la **planeación**. Lo importante es comenzar a detallar la solución propuesta por el equipo de trabajo en el paso anterior. Es obligatorio construir planos, con dimensiones, características y consideraciones generales que se deben tener en cuenta. En este paso se debe documentar todo lo que se necesite para la solución del problema.

Botero (2018) propone como cuarto paso la **construcción**. Este paso también es considerado como el “manos a la obra”. En este momento los estudiantes deben crear y materializar la solución. Es importante la división de los equipos por roles, de forma que se garantice la participación de todos. A continuación, se deben realizar pruebas para verificar que se apunta a la solución del problema.

Por último, Botero (2018) considera que se debe realizar un ejercicio de diseño de acuerdo con las pruebas obtenidas. **Mejorar** implica hacer correcciones al diseño para optimizar la solución. Todos los errores evidenciados se deben considerar como nuevas oportunidades para aprender.

Este proceso asociado a la ingeniería es el que se sigue durante la implementación del modelo STEM en el contexto educativo.

Domínguez et al (2019) considera que la ingeniería apoya de manera didáctica al acto educativo para la conceptualización de aspectos importantes de las diferentes áreas del conocimiento, con la capacidad de adaptarse a ciertos niveles de dificultad. En este espacio el estudiante podrá expresar sus pensamientos, inventar y materializar ideas enfocadas a un objetivo.

Para que la ingeniería ingrese al currículo estudiantil se presentan dificultades desde todo punto de vista, el primero, la legislación. Sin embargo, con la generación de tecnología a partir del conocimiento y el dominio de la ciencia: la **robótica educativa** aparece como una conjunción entre la ingeniería y la tecnología

2.1.2.2.5. La robótica educativa en el enfoque STEM

Según Moreno et al. (2012) la sociedad se ha visto marcada por la automatización que ha cambiado los roles del ser humano en la producción. En cualquier empresa se puede visualizar la implementación de las computadoras como cerebro que orienta y coordina cualquier proceso. Pero no por esto, el ser humano se ve rezagado, sino que simplemente, ha asumido un nuevo rol. De tareas repetitivas ha migrado a trabajar en las soluciones de los problemas que debe afrontar como retos intelectuales. De realizar extensas jornadas de trabajo mecánico, ha pasado a desarrollar algoritmos que ejecutan su idea y llevan a nuevas experiencias y productos.

Charro y Martín (2018) plantean la importancia de que las niñas, los niños, y jóvenes se acerquen al conocimiento de las ciencias y la tecnología de una manera agradable, que lleve al dominio y a la generación de nuevas propuestas en las disciplinas de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas, debido a que el desarrollo social y económico de un país demanda estos perfiles en su formación profesional.

Oliván (2015) argumenta que disciplinas como la robótica y la inteligencia artificial, desplazarán un estimado de siete millones de empleos, y solo generarán dos millones de empleos nuevos, con lo cual, se presentará un escenario difícil para los ciudadanos que no se adapten lo más pronto posible, a las nuevas exigencias.

Según Márquez y Ruiz (2014) un país competitivo y altamente productivo debe apropiarse del conocimiento en robótica debido a que, mediante ella, se puede generar un interés a temprana edad, por parte de los estudiantes, para con las ciencias y la ingeniería.

Acuña (2012) vincula a los proyectos de robótica educativa a un modelo basado en el construccionalismo de Piaget, en el cual, el estudiante es el protagonista del escenario de aprendizaje y el docente es un facilitador a disposición en todo momento.

Moreno et al. (2012) consideran que la robótica educativa es una didáctica de aprendizaje fundamentada en el enfoque STEM, debido a que ofrece, con facilidad, la integración de áreas; propicia el trabajo en equipo; resuelve problemas reales; genera espacios de discusión que motivan la innovación y fomenta la creatividad. Además, los estudiantes pueden cometer errores que ellos mismos van a evidenciar y a solucionar de manera óptima; Para Charro y Martín (2018) la robótica educativa se puede ver como una herramienta didáctica que puede apoyar metodologías de enseñanza y aprendizaje en todos los niveles de escolaridad, y que desarrolla competencias y habilidades en el estudiante mediante el diseño, construcción, operación y programación de un robot para un determinado objetivo.

Moreno et. Al (2012) reconocen que el desarrollo de un proyecto de robótica educativa vincula conocimientos de las ciencias, las matemáticas, la tecnología, la ingeniería, la electrónica, la mecánica, la programación y la física, entre otras disciplinas. La robótica educativa se presenta como una herramienta didáctica que potencia el proceso educativo en la enseñanza de todas las disciplinas que pertenecen

al currículo escolar, pero en ocasiones se limita equivocadamente al acompañamiento de las ciencias, matemáticas, física, programación, informática. En esta misma línea, Ocaña et al. (2015) plantean que la robótica educativa está integrada con diferentes disciplinas que se pueden trabajar en el currículo de la educación básica secundaria. Estas disciplinas son la mecánica, la electrónica, la informática, las matemáticas, el diseño y la programación.

Según Charro y Martín (2018) el uso de la robótica como estrategia didáctica facilita la integración de áreas como, por ejemplo, la ciencia, la matemática y la tecnología. Pero lo más valioso es que motiva al estudiante mediante el cambio de su perspectiva respecto a disciplinas que normalmente se perciben como difíciles, inalcanzables y aburridas

Una de las principales características que presenta la robótica educativa, es que atrae a los estudiantes hacia temas que, vistos desde otra perspectiva, se vuelven tediosos y que no presentan ninguna relación con la realidad que rodea a los jóvenes. Además, transversaliza áreas con el fin de cumplir el objetivo principal, con lo que el estudiante enfatiza en conceptos básicos de matemáticas, física del movimiento, informática, mecánica, entre otras. La robótica educativa presenta la oportunidad de vincular diferentes áreas del conocimiento de manera integral. Con el planteamiento de un objetivo común se adquieren destrezas, habilidades y competencias. Es así como la robótica educativa ayuda al estudiante a conceptualizar aprendizajes fundamentales para su formación.

Según Moreno et al. (2012) el primer reto que debe comprender el estudiante es que, en la robótica educativa, no se enfrenta solamente a una disciplina, sino que debe manejar conceptos básicos de diferentes áreas del conocimiento. Fundamentalmente, un robot se compone tanto de *hardware* como *software*, y presenta niveles de aprendizaje que pueden verse para el estudiante como retos entretenidos y didácticos

que debe resolver, a la vez que adquiere y desarrolla conceptos fundamentales en diferentes áreas.

Según Acuña (2012) la robótica educativa desarrolla el pensamiento mediante la construcción de sistemas compuestos. Es así como se crean vínculos en disciplinas científicas con los cuales se facilita su apropiación. Normalmente estas competencias resultan complejas para el estudiante cuando se trabajan las áreas de manera aislada, el trabajo en equipo que propicia la robótica educativa hace que cada integrante progrese, respecto a los conocimientos adquiridos, por la combinación entre el autoaprendizaje y los aportes de sus pares en las tareas propuestas; Márquez y Ruiz (2014) justifican que la robótica se puede utilizar como excusa perfecta para integrar las ciencias, las matemáticas, la tecnología y la ingeniería y que esta se emplea para conceptualizar y consolidar mediante experiencias a medida que se avanza. Además, motiva a el estudiante a que potencie su creatividad.

Para Acuña (2012) la robótica educativa genera espacios que, de manera didáctica, ayudan a construir el conocimiento de forma conjunta con aportes relevantes individuales que fomentan la creatividad y la innovación. Es por esto, que la robótica educativa surge como proyecto educativo que hace que los estudiantes sean competentes en diferentes espacios de aprendizaje capaces de la creación, inventiva, la innovación y el diseño necesario para producir soluciones a sus problemas.

Según González et al. (2017) las características que se deben modificar para asumir las propuestas como la robótica educativa son: el rol docente, la interacción entre los estudiantes, el clima de relaciones, y las competencias tecnológicas.

Acuña (2012) afirma que el estudiante es el actor más importante en su proceso de aprendizaje, por esto se le debe incitar a que participe, a que cometa errores, y todas sus propuestas se deben valorar y deben ejecutarse con las modificaciones que en conjunto se plantean. El rol del estudiante debe enfocarse en la ejecución de sus propias

ideas para la resolución de un problema real planteado. Por ello, su autoestima y autovaloración juegan un papel importante para que, desde su interior, el estudiante pueda creer en sus potencialidades.

Para Márquez y Ruiz (2014) el proceso de aprendizaje se facilita mediante la robótica. En este ambiente educativo, los estudiantes interactúan tanto con sus compañeros como con sus docentes en pro de lograr un objetivo común, de forma que se cumpla de manera eficiente y eficaz.

Para Acuña (2012) la robótica educativa facilita el trabajo enfocado a la resolución de un problema en específico. Los estudiantes se distribuyen roles y se responsabilizan de diferentes tareas, lo que conlleva a una mejor comprensión en el tema objeto de estudio. Esta subdivisión de responsabilidades mejora ostensiblemente el nivel de compromiso y obliga a la comunicación con otro para lograr un intercambio de saberes.

Moreno et al. (2012) consideran que un aspecto importante, es que además de las competencias propias de la disciplina, la robótica educativa genera la distribución de roles en un obligatorio trabajo grupal. Los estudiantes propician un espacio para lluvia de ideas, un trabajo colaborativo, la toma de decisiones y el pensamiento crítico reflexivo que los obliga a pensar en posibles soluciones de su entorno, que se gestionan mediante la innovación.

Según Acuña (2012) hacer que los estudiantes se enfrenten a problemas reales orientados desde aula, contribuye a la concientización de las causas y las consecuencias de otros problemas que están afectando la vida en el planeta, y a la vinculación de posibles soluciones para ellos. Además, se reflexiona sobre las soluciones existentes, lo que conlleva a realizar mejoras, con lo cual se pueden optimizar recursos de toda índole.

Para Acuña (2012) cualquier proyecto pedagógico de robótica educativa, debe estar enmarcado en un modelo pedagógico que proporcione pautas claras acerca de los objetivos de aprendizaje pretendidos. El modelo pedagógico brinda los ejes epistemológicos sobre los cuales el proyecto enfocará su esfuerzo y evaluará tanto su alcance como su impacto.

Acuña (2012) considera que para la implementación de un modelo apoyado en la robótica educativa se deben tener en cuenta aspectos financieros, administrativos y pedagógicos. Una buena planeación respecto a la robótica educativa como proyecto educativo hará que este se presente como algo valioso, consolidado y a largo plazo, de manera que impacte positivamente a la sociedad.

2.1.3. Bases conceptuales

Los eventos de estudio que corresponden a esta investigación son la didáctica en la enseñanza de las ciencias, las competencias matemáticas y las competencias mecánicas. A continuación desarrollan estos conceptos.

2.1.3.1. El concepto de didáctica en educación

Etimológicamente la palabra didáctica viene del griego *didaskein*, que significa explicar. Así mismo, se puede decir que también proviene del latín, de las palabras *discere* y *docere* que significan aprender y enseñar, respectivamente (Casasola (2020)).

Según Casasola (2020) la didáctica es una disciplina que apoya, orienta y organiza el proceso de enseñanza. La didáctica se debe pensar desde antes el acto de enseñanza y aprendizaje. En este espacio, el docente debe reflexionar de manera holística sobre todos los momentos requeridos y todos los recursos que se necesitarán para optimizar las enseñanzas que se van a propiciar. A este espacio se le denomina planificación didáctica.

En esta línea, Abraham et al. (2010) definen la didáctica como una disciplina cuyo objetivo es la reflexión y teorización de las prácticas de enseñanza en los espacios para tales fines. Así mismo, Gómez y Ramírez (2019) aportan que la didáctica debe propiciar facilidad para el aprendizaje mediante la organización del proceso de enseñanza por parte del docente.

En la didáctica se deben considerar aspectos que orienten y faciliten la enseñanza. En este sentido, Hernández (2019) plantea tres aspectos importantes que se deben considerar en la didáctica. El primer aspecto es la **planificación**. Es en este momento en el cual el docente debe organizar, buscar, descartar, articular y estructurar el momento educativo.

Así mismo, en el acto educativo, el docente debe generar actividades y espacios de **mediación**. Este segundo aspecto facilita el proceso de aprendizaje y es vital para la comprensión de los contenidos y el desarrollo de las competencias propuestas (Hernández 2019).

Por último, Hernández (2019) plantea la **evaluación**. Este aspecto debe valorar los avances de los estudiantes en el proceso de enseñanza orientado al alcance de las competencias planteadas inicialmente.

La didáctica trabajada en esta investigación corresponde al enfoque STEM. López et al. (2018) define el término STEM como conjunto de actividades, prácticas, conocimientos y competencias que incluye todo tipo disciplinas científico-tecnológicas que deben ser promovidas a lo largo de la escolaridad. Para Morrison (2006) STEM se puede ver como un nuevo método fundamentado en la integración de varias disciplinas, construido a partir de un espacio interdisciplinario en el cual se gestiona la propia identidad de una determinada sociedad.

Es importante no limitar el término STEM al acrónimo de *Science–Technology – Engineering–Mathematics*, lo cual puede desviar el verdadero potencial del enfoque

STEM. En todo caso, para López et al. (2018) el enfoque STEM implica, no solo el acto pasivo de transmitir información pertinente de las ciencias, la ingeniería, la tecnología y las matemáticas, sino que también debe generar en el estudiante la capacidad de interiorizar y hacer ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, con lo cual logre involucrarse de manera activa en discusiones cognitivas y propositivas propias del ámbito.

Como ya se mencionó, sin limitar el enfoque STEM a solo cuatro disciplinas, las disciplinas fundamentales que consolidan el enfoque son las ciencias, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas.

Asencio (2014) considera que la **ciencia** la búsqueda del conocimiento. El principal camino con el que cuenta la ciencia para la búsqueda del conocimiento, es la investigación, la cual confirma teorías y genera conocimiento nuevo. Mediante la ciencia y las metodologías fundamentadas en ella, se pueden explicar principios, causas y efectos.

Maranto y González (2015) definen la ciencia como el conjunto de conocimiento adquiridos respecto a un saber en específico, así como la metodología científica para lograrlo. En este sentido, la ciencia promueve, mediante la investigación, conocimientos que se pueden comprobar, clasificar y transmitir con el objeto de generar nuevos saberes.

Otro aspecto que forma parte de STEM es la tecnología. Bates (2015) concibe a la **tecnología** como un recurso necesario, pero que ha sido objeto de la resistencia al cambio en diversos momentos de la historia. Cada avance tecnológico que se asume como recurso didáctico ha modificado la forma de enseñanza y de aprendizaje con fines específicos, por lo tanto, reconocer recursos tecnológicos, desde los que facilitaron la escritura hasta los que generan una hiperconectividad hoy día, es una obligación que si no se asume puede generar una descontextualización educativa.

Así mismo, González et al. (2017) destacan que el uso de la tecnología en diferentes métodos de aprendizaje propicia la autonomía en el estudiante. Al vincular la tecnología de manera adecuada con el proceso educativo, se modifica la relación del estudiante con sus pares, con sus docentes y con su entorno, y se logra el cumplimiento de los objetivos propuestos en el acto educativo.

Pero esta autonomía también implica responsabilidad, tanto por parte del estudiante como del docente. Según Carvajal (2002), asumir que las implicaciones tecnológicas son siempre buenas aparta la reflexión ética del ejercicio pedagógico, lo cual puede generar cambios en los hábitos de manera negativa. En todo caso, el alcance de la tecnología es tal, que determina las características de vida de la sociedad.

El tercer aspecto contenido en STEM es la ingeniería. Osorio (2004), afirma que la **ingeniería** es el conocimiento orientado para hacer uso de la tecnología. Por ello, un aspecto fundamental del enfoque STEM, es también la incorporación de la **ingeniería** al currículo escolar. Bybee (2010) afirma que la ingeniería tiene una presencia casi nula en los currículos académicos de la educación básica primaria y secundaria, debido a dos razones fundamentalmente: la primera es la no obligatoriedad como área fundamental en la mayoría de los países, y la segunda razón puede ser la falta de reflexión sobre las problemáticas que se deben resolver para lograr un buen vivir.

En otro sentido, la educación en ingeniería tiene como característica principal que el estudiante participa, y se involucra tanto en la construcción de su aprendizaje que la educación deja de ser solo una transmisión pasiva de información por parte del docente. La ingeniería como área de conocimiento no pretende que los estudiantes se orienten por dicha disciplina como profesión, el objetivo es que el estudiante desarrolle un pensamiento que facilite la identificación y comprensión de problemas, propicie el trabajo en equipo, aporte soluciones justificadas en una teoría, evalúe y rediseñe soluciones (Botero 2018).

El cuarto aspecto de STEM es la matemática. La definición de la palabra **matemáticas** es compleja en sí. Lluis (2006) define el término como la agrupación de técnicas vinculadas al razonamiento para resolver problemas de cualquier disciplina en general, inclusive, según mismo autor, la propia matemática. Lo interesante es que la resolución de problemas en cualquier disciplina se puede llevar a otra con inimaginables aplicaciones de la misma técnica.

Vasco (1994) también confirma la dificultad para definir el término y afirma que no existe una definición. Sin embargo, Yirda (2020) lo define como una ciencia lógica deductiva, que se fundamenta en leyes, teoremas, axiomas, postulados y reglas para realizar construcciones y algoritmos mediante deducciones e inferencias.

2.1.3.2. El concepto de competencias

Algunos autores definen inicialmente a las competencias como como aquellos comportamientos observables que garantizan el buen desempeño de una persona en una actividad determinada. Sin embargo, esta definición, solo se limita a lo procedural, es decir, al saber hacer. Es indispensable en la definición considerar aspectos como el saber en sí mismo (conocimiento) y el deber ser (Tobón 2005).

En este sentido, las competencias deben considerar no solo aspectos observables, sino también debe tener como componentes cualidades como el conocimiento, las actitudes, los valores y las habilidades necesarias para afrontar determinadas situaciones.

El término de formación por competencias es común en el ámbito educativo desde las décadas de los 70's y los 80's. Según Tobón (2005) las competencias son procesos complejos que deben desarrollar todas las personas para poder realizar actividades cotidianas y resolver problemas reales mediante la acción, la actuación y la

creación. En educación, las competencias delimitan los objetivos que debe alcanzar el estudiante en un ciclo educativo.

Según Tobón (2005), las competencias abarcan diferentes aspectos que la persona logra desarrollar. El primer componente es la dimensión **cognitiva**, la cual permite que la persona conozca, perciba, explique, comprenda e interprete la realidad mediante procesos que permiten asimilar la información que ofrece el entorno.

Además, es importante que la persona tenga la capacidad de aplicar lo que sabe. Para ello, la persona debe desarrollar la dimensión **procedimental** de la competencia que permite realizar construcciones y productos creados para satisfacer las necesidades del ser humano, y esto se refiere al saber hacer.

Un aspecto esencial es que todas las acciones y consecuencias de la persona deben estar enfocadas a construir una mejor sociedad y a transformar realidades de manera positiva. Este deber ser alude a la dimensión **actitudinal**, que se fundamenta en valores y actitudes, que propician la buena convivencia y los comportamientos que deben desarrollar las personas para vivir en comunidad (Tobón 2005).

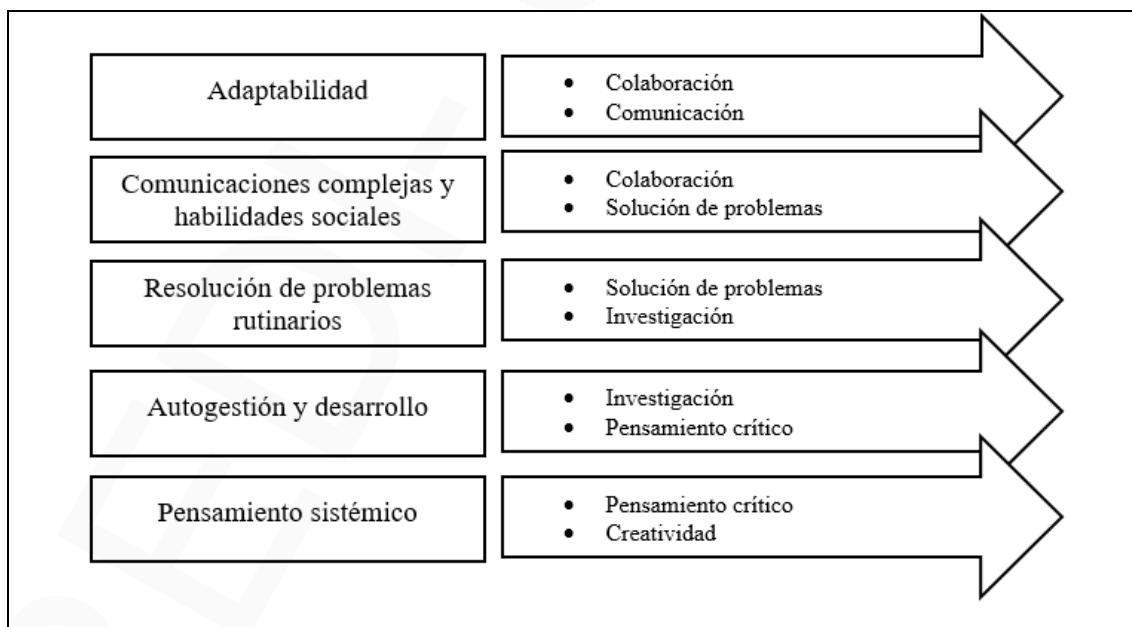
De acuerdo con el área de desempeño de la persona, las competencias se pueden clasificar en competencias básicas, competencias genéricas y competencias específicas. Las competencias básicas son las competencias fundamentales que necesita cualquier persona para desempeñarse bien en la vida cotidiana. Estas competencias son el soporte para el desarrollo de cualquier otro tipo de competencia, entre ellas se encuentran las competencias comunicativas, lógicas, competencias para el buen manejo de las TIC y el liderazgo. Así mismo, las competencias básicas pueden ser interpretativas, argumentativas y propositivas (Tobón 2005).

Según Corominas (como se citó en Tobón, 2005), las competencias genéricas se refieren a las competencias comunes a varias ocupaciones. Entre ellas se consideran el emprendimiento, el buen manejo de los recursos, el trabajo en equipo, la resolución de

problemas, etc. Posteriormente, la persona debe desarrollar competencias exclusivas de un área del conocimiento, y estas son las competencias específicas. Un espacio propicio para desarrollar estas competencias es la formación profesional, debido a que las competencias se necesitan según el oficio en el cual se desempeña la persona.

Con respecto a las competencias a desarrollar con el enfoque STEM Botero (2018) plantea que este permite desarrollar dos tipos de habilidades. Las cognitivas basadas en las competencias interpretativas, descriptivas, argumentativas y propositivas con lo cual es posible adquirir conocimiento útil para el estudiante, y las habilidades socioafectivas, concernientes a las competencias para propiciar la reflexión, la conciencia y la capacidad de la persona de comprender la diferencia. Este proceso apunta siempre a mejorar habilidades para ser una persona cada día mejor.

Botero (2018) relaciona las competencias que debe desarrollar el enfoque STEM de acuerdo con las habilidades cognitivas y socioafectivas, lo cual se muestra en la figura 9.



Fuente: Educación STEM. Botero Espinosa (2018)

Figura 9. Competencias y habilidades que debe desarrollar el enfoque STEM

Para esta investigación, en lugar de utilizar las dimensiones cognitiva, procedural y actitudinal del concepto de competencias desarrollado por Tobón (2005), se tomaron los niveles de aprendizaje propuestos por la taxonomía SOLO, debido a que, con ella, se puede medir el nivel cognitivo alcanzado por cada estudiante en cada competencia matemática y mecánica.

2.1.3.3. La taxonomía SOLO

La expresión SOLO es el acrónimo de *Structure of the Observed Learning Outcome*. Según Rodríguez y Fernández (2018) la taxonomía SOLO se refiere a las etapas o escalones que debe superar el estudiante para demostrar cierto nivel de aprendizaje en una disciplina específica.

En este sentido, Difabio (2010) señala que la taxonomía organiza y estructura el conocimiento en cinco niveles ordenados ascendente: preestructural, uniestructural, multiestructural, relacional y abstracto extendido. Estos niveles abarcan desde un nivel de ausencia total de la competencia, hasta un nivel considerado experto.

Esta taxonomía se utilizó para medir el progreso de los estudiantes de la muestra, tanto para el desarrollo de las competencias matemáticas como de las competencias mecánicas. Los instrumentos se adaptaron a los niveles uniestructural, multiestructural y relacional con base en las competencias correspondientes al ciclo educativo de básica secundaria.

Cada nivel de la taxonomía SOLO se adaptó para medir el progreso de los estudiantes en las áreas establecidas –mecánica y matemáticas–, de acuerdo con cada instrumento, pues según Riveros et al. (2020), con la Taxonomía SOLO se pueden diseñar, implementar y validar instrumentos para medir el nivel cognitivo de los estudiantes en una disciplina dada.

2.1.4. Bases Legales

Para la presente investigación se tomaron los siguientes referentes legales, relacionados con los lineamientos, leyes y políticas educativas asociadas tanto con la educación en general, como con los diferentes eventos de estudio.

Con respecto a la educación, el primer referente legal a considerar fueron los lineamientos internacionales dados por la UNESCO (2019) para definir los fines de la educación, reafirmarla como un derecho sin ninguna clase de discriminación y determinar su misión.

A nivel nacional, se consideró como documento prioritario, la Constitución Política de Colombia (1991). La norma de normas establece que la educación es un derecho fundamental y obligatorio que se debe garantizar a todos los niños, niñas y jóvenes colombianos en los ciclos de prescolar, básica primaria y básica secundaria.

Además, en la Constitución Política de Colombia se consideran todos los derechos y deberes de los ciudadanos colombianos, y se resalta el derecho a la dignidad, a la participación, a la igualdad, a la no discriminación entre otros.

Para argumentar la importancia, pertinencia y obligatoriedad de la educación en Colombia se revisó la Ley 115, conocida como la Ley general de educación. Dicha ley fue decretada por el Congreso de la República de Colombia (1994). En su artículo 1 se define la educación y se reconoce como un ámbito social e integral que fomenta los derechos y deberes de todas las personas. Así mismo, el artículo 4 se responsabiliza al Estado colombiano, a la sociedad y a la familia de velar por el acceso igualitario al sistema educativo. A su vez el artículo 5 establece los fines de la educación de acuerdo con el artículo 67 de la constitución política de Colombia.

Así mismo, la Ley 115, según el Título II, organiza la estructura actual de la educación en Colombia, con lo cual define cómo se conforma la educación colombiana,

en cuanto a grados y niveles: educación preescolar, educación básica primaria, educación básica secundaria, educación media y educación profesional. Además, establece los grados correspondientes a cada nivel y sus áreas fundamentales.

La Ley 115 de 1994 también plantea los objetivos de aprendizaje que se deben lograr en cada ciclo en las diferentes áreas. En esta investigación específicamente se hace referencia a los objetivos para ciencias naturales, matemáticas, tecnología e informática en la educación básica secundaria, que corresponden al contexto de este trabajo.

Otra orientación importante de la Ley 115 de 1994, es la exigencia de la elaboración y puesta en acción del Proyecto Educativo Institucional (PEI). Este aspecto legal, considera los fines de la educación nacional aplicados a un contexto en específico. Para ello, la institución debe soportar bajo condiciones sociales, económicas y culturales los aspectos que permitan el acceso igualitario a todos los integrantes de la comunidad educativa.

Para tratar temas relacionados con la estructura educativa colombiana en cuanto al nivel superior se utilizó como referente legal, fue la Ley 30 creada por el Congreso de la República de Colombia (1992).

Por otra parte, se consideraron los lineamientos del Ministerio de Educación Nacional (2008) para comprender y clarificar los ejes, los estándares curriculares y los objetivos básicos de aprendizajes de las áreas de ciencias naturales, matemáticas. Entre los lineamientos dados por el Ministerio de Educación Nacional para comprender los contenidos curriculares de matemáticas y ciencias están los Estándares de competencias matemáticas, los de ciencias y los de tecnología e informática. De acuerdo con el documento *Revolución Educativa Colombia Aprende* (2006) se tomaron aspectos de la importancia de los estándares básicos en Matemáticas y Ciencias, la estructura de los estándares y los aspectos relacionados con la enseñanza, el aprendizaje

y la evaluación. Así mismo, se utilizaron los lineamientos para clarificar los estándares, los lineamientos curriculares, y los objetivos básicos de aprendizajes en el área de tecnología e informática.

Según el Ministerio de Educación Nacional de Colombia (2004), un estándar es un criterio claro y público que permite especificar los niveles básicos de calidad de la educación a la que tienen derecho los niños y las niñas de todas regiones del país, en todas las áreas que forman parte del conocimiento escolar. Así mismo, el Ministerio de Educación Nacional de Colombia define los ejes curriculares como los lineamientos sobre los cuales se formulan los estándares, y son un conjunto de temáticas que organizan un plan, sirven de guía para orientar el recorrido formativo de los estudiantes, y abarcan competencias específicas y rutas de aprendizaje para lograr dichas competencias (Ministerio de Educación Nacional de Colombia 2004).

El Ministerio de educación de Colombia (2020) define los lineamientos curriculares como las directrices pedagógicas, curriculares y fundamentadas en el conocimiento que apoyan el proceso de formación de cada disciplina. En el caso de la tecnología, hay cuatro ejes curriculares:

- El primer eje está referido a la naturaleza y evolución de la tecnología, y abarca la comprensión de conceptos propios de la tecnología, y también estudia la evolución de la tecnología en el transcurso de la historia.
- El segundo eje, está relacionado con la apropiación y uso de la tecnología en la cual se desea desarrollar la capacidad de hacer un uso correcto de los productos y los diferentes sistemas para una función dada.
- El tercer eje está asociado a la solución de problemas con tecnología, que consiste la capacidad de la persona para identificar, proponer, argumentar y resolver problemas con el apoyo de la tecnología. Así mismo, el último eje, que se refiere a

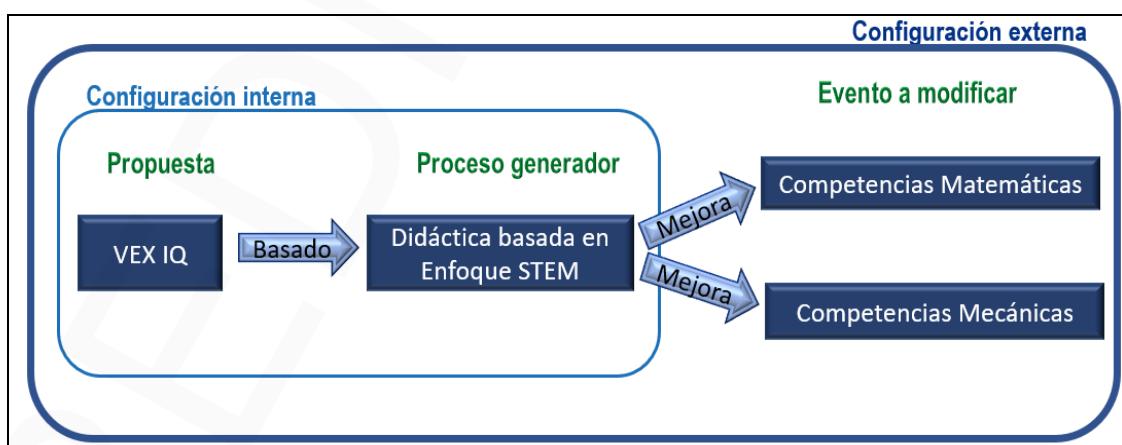
la vinculación entre tecnología y sociedad, propone concientizar a las personas de las consecuencias e impactos que trae la tecnología para la sociedad actual y futura.

Respecto a la evaluación que se emplea en las instituciones educativas del país, se tomó como referencia el decreto 1290 del Ministerio de Educación Nacional (2009), que reglamenta la evaluación, el aprendizaje y la promoción de los estudiantes en la educación básica secundaria.

Además, el decreto 1290 orienta los lineamientos que debe contemplar el Sistema Institucional de Evaluación de los Estudiantes (SIEE), con lo cual se garantizan, entre otros, los criterios de evaluación, la escala de valoración, las acciones de seguimiento y mejoramiento para los estudiantes, y las estrategias de apoyo.

2.2. Definición conceptual y operacional de las variables

La configuración de los eventos de estudio en esta investigación se muestra en la figura 10. La investigación pretende medir efectividad de la implementación de la propuesta VEX-IQ fundamentada en una propuesta didáctica basada en el enfoque STEM para conocer los efectos sobre las competencias matemáticas y las competencias mecánicas, que son los eventos a modificar.



Fuente: Elaboración propia a partir del esquema de Weiss, 1990

Figura 10. Eventos de estudio

En la figura 10, se observa que existen tres eventos de estudio en esta investigación: un proceso generador, que es la didáctica basada en el enfoque STEM, y dos eventos a modificar: las competencias matemáticas y las competencias mecánicas. A continuación, se presentan las definiciones conceptuales y operacionales de cada evento.

2.2.1. Proceso generador: Didáctica basada en el enfoque STEM

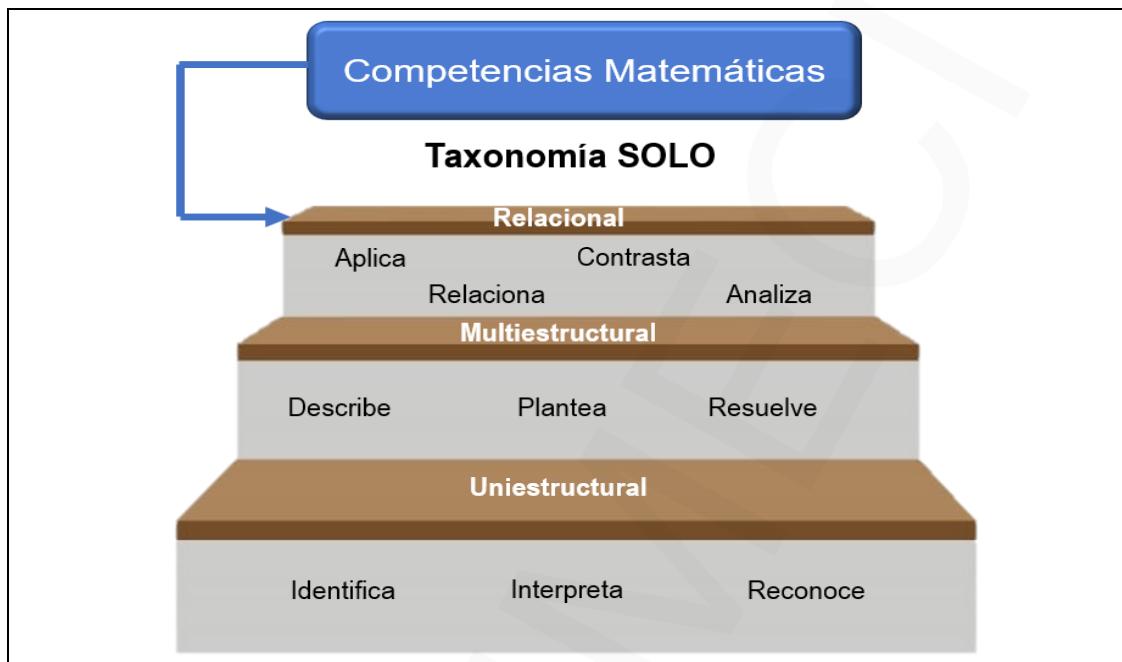
- Definición conceptual: La didáctica basada en el enfoque STEM es el conjunto de acciones desarrolladas por el docente, a través de la planificación, la mediación y la evaluación para propiciar la generación de conocimiento transversal a través de la robótica educativa en las áreas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas.
- Definición operacional: Desde el punto de vista operacional, la didáctica basada en el enfoque STEM consiste en el paso por una primera etapa de ambientación y de reconocimiento tanto de espacio como de las personas que participaron en el proyecto; una segunda etapa de identificación de saberes previos y la conceptualización de conocimientos necesarios para cumplir los objetivos de la propuesta; y una tercera etapa de implementación de la propuesta VEX-IQ. Esta propuesta VEX-IQ, fue patrocinada por la fundación Global Arte, ciencia y Tecnología y la fundación Motorola.

2.2.2 Evento a modificar 1: Competencias matemáticas

- Definición conceptual: Habilidad para desarrollar y aplicar el razonamiento matemático, sus ejes fundamentales son: pensamiento numérico, pensamiento variacional y pensamiento geométrico-espacial. Los cuales se desarrollan mediante tres niveles propuestos por la Taxonomía SOLO: uniestructural, multiestructural y relacional.

- Definición operacional: Las competencias matemáticas se expresan en tres tipos de pensamiento: el pensamiento numérico, el pensamiento variacional y el pensamiento geométrico-espacial. Cada tipo de pensamiento debe desarrollarse de manera progresiva, por lo que se definen las tres sinergias conceptuales que muestran el nivel de desarrollo de competencias matemáticas adquiridas por los estudiantes. Las competencias matemáticas pueden definirse operacionalmente como el resultado arrojado por el Cuestionario de Competencias matemáticas de Giraldo (2020).
- Dimensiones de las competencias matemáticas:
 - a. En la **dimensión uniestructural**, se estima lo que el estudiante ha adquirido en su formación en educación básica primaria y en su cotidianidad. En este nivel el estudiante debe realizar procedimientos sencillos como identificar, interpretar y reconocer aspectos pertinentes a cada pensamiento.
 - b. En la segunda dimensión, la **multiestructural**, el estudiante debe estar en capacidad de describir, plantear y resolver problemas sencillos que involucren su realidad. Además, debe vincular conocimiento entre los tres pensamientos propuestos.
 - c. En la tercera dimensión, la **dimensión relacional**, el estudiante debe desarrollar habilidades contenidas en las dos dimensiones anteriores, y aplicar, contrastar, relacionar, analizar y proponer nuevas soluciones respecto a problemas que él mismo es capaz de reconocer de su entorno. En esta dimensión el estudiante es capaz de transversalizar el conocimiento de manera interdisciplinaria con áreas pertinentes a su formación.

Los aspectos contenidos en cada dimensión de las competencias matemáticas, vistas desde la taxonomía SOLO, se ilustran en la figura 11.



Fuente: Elaboración propia a referencia Biggs y Collins, 1982

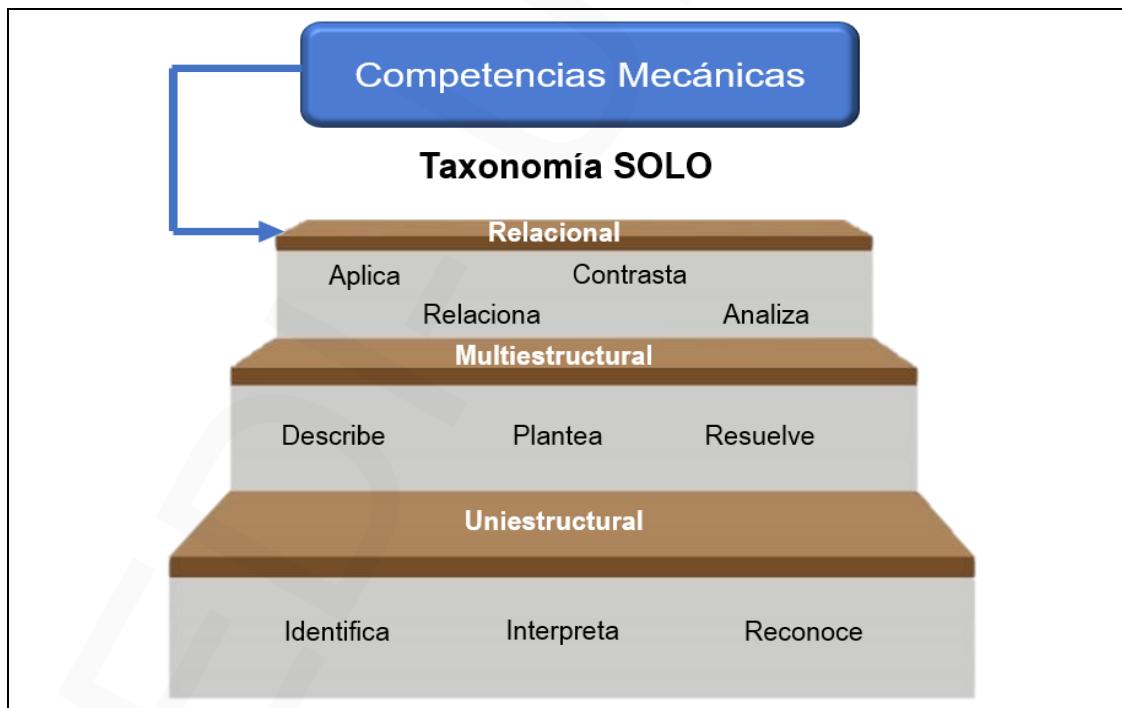
Figura 11. Niveles de aprendizaje para competencias mecánicas según la taxonomía SOLO

2.2.3. Evento a modificar 2: Competencias mecánicas

- Definición conceptual: Se refiere a las habilidades y destrezas necesarias para identificar, comprender, diseñar e implementar sistemas mecánicos que facilitan la actividad humana en determinado campo.
- Definición operacional: Proceso que mide el desarrollo del estudiante a medida que se apropia progresivamente del conocimiento relacionado con los siguientes contenidos: estática, máquinas simples, dinámica de los cuerpos y transmisión de movimiento. Se definen operacionalmente como el resultado obtenido por los estudiantes en el Cuestionario de Competencias mecánicas de Giraldo (2020).
- Dimensiones de las competencias mecánicas:
 - a. La sinergia uniestructural abarca lo que el estudiante ha adquirido en su formación en educación básica primaria y en su cotidianidad, y en este nivel el

estudiante debe realizar procedimientos sencillos como identificar, interpretar y reconocer aspectos pertinentes a cada pensamiento.

- b. En la sinergia multiestructural, el estudiante debe estar en capacidad de describir, plantear y resolver problemas sencillos que involucren su realidad. Además, debe vincular conocimiento entre los tres pensamientos propuestos.
- c. En sinergia relacional, el estudiante debe desarrollar habilidades propias de las dos sinergias anteriores y además debe aplicar, contrastar, relacionar, analizar y proponer nuevas soluciones respecto a problemas que él mismo es capaz de reconocer de su entorno. En esta dimensión el estudiante es capaz de tranversalizar el conocimiento de manera interdisciplinaria con áreas pertinentes a su formación. Lo anterior se ilustra en la figura 12.



Fuente: Elaboración propia a referencia Biggs y Collins, 1982

Figura 12. Niveles de aprendizaje para competencias mecánicas según la taxonomía SOLO

2.3. Operacionalización de las variables

Para el proceso causal -la didáctica basada en el enfoque STEM-, no se construyó ningún instrumento debido a que la propuesta ya estaba diseñada y lo que pretendía el trabajo era evaluar su efectividad al aplicarla a la población estimada.

En el caso del instrumento de las competencias matemáticas la tabla de operacionalización se visualiza en la tabla 1.

Tabla 1. Operacionalización del evento competencias matemáticas

Evento	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Instrumento	Fuente
Competencia Matemática	Uniestructural	Reconoce terminología y símbolos sencillos utilizados en el lenguaje cotidiano	1a, 5a, 2a	Cuestionario de competencias matemáticas	Estudiantes de grado 8° y grado 9° de la Institución Educativa Lorenza Villegas de Santos Ciudad de Medellín Colombia.
		Interpreta información de manera adecuada sin realizar ningún tipo de relación entre ella.	8a, 6a 12a		
		Identifica conceptos sencillos de manera aislada.	7a, 9a, 11a, 12a 13a		
Relacional	Multiestructural	Realiza planteamientos de problemas a partir de premisas dadas.	1b, 6b, 11b		
		Realiza procedimientos sencillos para resolver un problema.	8b, 9b, 12b 13b 13c		
		Comprende a partir de la integración de conceptos y de información presentada.	1c, 5b, 7b, 7c, 8c, 11c, 12c, 13d		
		Aplica el concepto a un conjunto de premisa dadas.	2b, 4		

Fuente: Elaboración propia

Para el instrumento de las competencias mecánicas la tabla de operacionalización se visualiza en la tabla 2.

Tabla 2. Operacionalización del evento competencias mecánicas

Evento	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Instrumento	Fuente
Competencia Mecánica	Uniestructural	Reconoce condiciones establecidas que conllevan a la resolución de problemas sencillos.	1a, 2a, 3a, 4a, 5a, 7a, 8a, 9a, 12a		
		Interpreta información de manera adecuada sin realizar ningún tipo de relación entre ella.	11a, 13a		
		Identifica conceptos sencillos de que hacen parte de un sistema complejo.	14a, 15a		
	Multiestructural	Realiza planteamientos de problemas a partir de premisas dadas.	2b, 3b, 4b, 5b, 7b, 9b		Estudiantes de grado 8° y grado 9° de la Institución Educativa Lorenza Villegas de Santos ciudad de Medellín Colombia.
		Determina relaciones entre conocimientos previos.	6a, 8b, 12b	Cuestionario de competencias mecánicas	
		Describe conceptos que ocasionan un efecto determinado.	10a, 11b, 13b, 14b, 15b		
	Relacional	Analiza la situación de un problema de manera integral para dar solución a un problema real.	1b, 2c, 3b		
		Comprende a partir de la integración de conceptos y de información presentada.	1c, 2d, 3c, 4c, 7c, 9c		
		Razona cómo aplicar el concepto a un conjunto de premisa dadas.	5c, 6b, 8c, 9c, 10b, 12c		
		Analiza la situación de un problema de manera integral para dar solución a un problema real.	11c, 13c, 14c, 15b		

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO III.

ASPECTOS METODOLÓGICOS

DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Enfoque y método de investigación

3.1.1. Enfoque de la investigación

La investigación debe ser vista como un conjunto de actividades integrales que acercan al ser humano al conocimiento. Esta no debe presentar lineamientos que sometan a los investigadores a unas reglas rígidas para llevarla a cabo, al contrario, debe ofrecer un sin número de alternativas que se pueden tomar, adaptar y mejorar, expresadas en diferentes opciones que permitan adaptaciones, de acuerdo con un contexto determinado que se presente.

Según Hurtado (2012) el conocimiento se puede considerar desde diferentes perspectivas y, obviamente, estos puntos de vista se han hecho notar a lo largo de la historia de la humanidad. Es por ello por lo que han aparecido diferentes formas de concebir y de estudiar al conocimiento. A cada “perspectiva” se le denomina enfoque de investigación o modelo epistémico. Velásquez (2011) afirma que lo que se debe lograr en la búsqueda del método para una “investigación ideal”, es el despojo de radicalismos que solo llevan una parcialidad nociva del uso de un solo paradigma. Integrar varios enfoques bajo una mirada global permite enfocar la investigación de manera que se puede sacar lo mejor de cada uno, para potencializar el método a utilizar en la investigación en cuestión.

En la presente investigación no se trabaja desde un enfoque, sino desde la Comprensión holística de la investigación, que consiste en una integración de enfoques. Según Hurtado (2010) la comprensión holística de la ciencia asume coincidencias entre los diferentes enfoques, además de visibilizar la complementariedad de aspectos que al parecer son opuestos. Además, se presenta como requisito fundamental de toda investigación, la creación de conocimiento nuevo, y para ello, se hace obligatoria la revisión bibliográfica exhaustiva para garantizar así la novedad del conocimiento

propuesto, o al menos, para que se puedan realizar aportes inexistentes, hasta la fecha, en la disciplina estudiada.

Históricamente en disciplinas como la física cuántica, se evidenciaron situaciones que podrían verse como contradictorias vistas desde un solo paradigma pero que acudieron a la complementariedad para dar explicaciones que eran imposibles de sustentar con las teorías por separado. Este concepto de complementariedad, llevado a la investigación, permite una integración modelos epistémicos con diferentes paradigmas, que en vez de tomarse como contradictorios se asumen como complementarios. Es por ello, que la palabra más pertinente a usar para definir esta integración de paradigmas es “sintagma”. Hurtado (2012) afirma que un sintagma es la acción dinámica y progresiva de conducir hacia la unión, a la simultaneidad, y a lo coincidente. Además, que, se puede definir un núcleo sintagmático como un punto de encuentro entre las diferentes definiciones de los modelos epistémicos y que al mismo tiempo devele la complementariedad entre ellos.

El sintagma holístico plantea “escalones” en la investigación que son marcados por sus diferentes objetivos propuestos, pero lo relevante es que los vincula a procesos de investigación más complejos. Es así, como el punto de llegada de algunas investigaciones se convierte en el punto de partida para otras, lo cual lleva a una integración inteligente de los diferentes enfoques investigativos.

La comprensión holística orienta a la redacción de los objetivos de la propuesta de manera que se entienda que lo que se espera es un nivel de desarrollo, que involucra, y en ningún momento descarta, otros objetivos que se encuentran implícitos y a la vez completan la ruta para lograr el propósito de la investigación.

Según Hurtado (2010) es importante percibir el acto investigativo en el sintagma holístico, mediante características que son aportadas por los enfoques originales, es por

ello por lo que la investigación debe ser: metódica, universal, sistemática, innovadora, clara y precisa, comunicables y aplicable.

3.1.2. Método de la investigación

El método se refiere al camino que se debe recorrer en todo el desarrollo de la investigación, el cual debe ser planeado, sistemático y organizado. Según Touriñán (1983), el método es la mejor forma de ordenar procedimientos, recursos y técnicas para alcanzar el objetivo propuesto en la investigación.

El método utilizado en esta investigación es la **holopraxis**, la cual, según Hurtado (2012) es un sintagma de todos los métodos usados en los paradigmas en investigación y es considerado el método general de la investigación holística. La holopraxis es el paso por los estadios necesarios propuestos en la espiral holística hasta llegar al nivel del objetivo general.

El objetivo general propuesto para este estudio, fue evaluar los resultados de la implementación de la metodología STEM en estudiantes de grado 8 y 9, de manera que el método propone el inicio del recorrido por **un estadio descriptivo** que permitió diagnosticar el rendimiento académico de las estudiantes en las áreas de ciencias naturales y matemáticas para los años 2016, 2017 y 2018. **Un estadio comparativo** que permitió identificar diferencias significativas entre el grupo control y el grupo experimental en cuanto al desempeño académico en las dos áreas durante el mismo intervalo de tiempo. **Un estadio interactivo** que determinó los cambios del grupo experimental en el transcurso de la implementación de la metodología STEM, y **cuatro estadios evaluativos**, dos que se encargaron de evaluar los cambios en el rendimiento académico de las dos áreas tanto del grupo control como el experimental antes y después de la intervención y, dos estadios que evaluaron las competencias mecánicas y matemáticas después de la intervención tanto en el grupo control como en el grupo experimental.

Objetivo	Estadio	Evento	Unidad de estudio	Población	Muestra	Fuente	Diseño	Técnica de recolección e instrumento	Técnicas de análisis
Caracterizar el rendimiento académico en Matemáticas y Ciencias Naturales de las niñas de 8° y 9° de básica secundaria, antes de aplicar el programa durante 2016, 2017, 2018	Descriptivo	Evento a describir: Rendimiento académico en matemáticas y ciencias	Estudiantes de género femenino que cursan grados 8 y 9 de básica secundaria.	249 estudiantes de género femenino de grados 8 y 9 de básica secundaria	33 del grupo experimental y 43 del grupo control Muestreo no probabilístico por auto selección	Sistema de Información institucional Máster.	Documental, evolutivo, retrospectivo, univariable	Revisión documental Matriz de registro	Estadística descriptiva: mediana, frecuencias, porcentajes y prueba de Friedman
Comparar el grupo control con el grupo experimental, en cuanto su rendimiento en matemáticas y ciencias naturales, como indicadores de competencias matemáticas y mecánicas antes de la intervención	Comparativo	Evento a comparar: Rendimiento académico en matemáticas y ciencias	Estudiantes de género femenino que cursan grados 8 y 9 de básica secundaria	249 estudiantes de género femenino de grados 8 y 9 de básica secundaria	33 del grupo experimental y 43 del grupo control Muestreo no probabilístico por autoselección	Sistema de Información institucional Máster	Documental, evolutivo, retrospectivo, univariable	Revisión documental Matriz de registro	Análisis cuantitativo. U de Mann Whitney
Determinar, durante las actividades del enfoque STEM los cambios generados en el desarrollo de competencias matemáticas y mecánicas en el grupo experimental	Interactivo	Proceso generador: método STEM Evento a modificar: competencias.	Estudiantes de género femenino que cursan grados 8 y 9 de básica secundaria	249 estudiantes de género femenino de grados 8 y 9 de básica secundaria.	33 del grupo experimental y 43 del grupo control Muestreo no probabilístico por autoselección	Cuaderno de ingeniería de los grupos de trabajo.	Documental, evolutivo, retrospectivo, univariable	Revisión documental Matriz de registro	Análisis cualitativo
Caracterizar el rendimiento académico de las estudiantes de la muestra en matemáticas y ciencias naturales después de la aplicación de la propuesta.	Descriptivo	Evento a describir: Rendimiento académico en matemáticas y ciencias	Estudiantes de género femenino que cursan grados 8 y 9 de básica secundaria	249 estudiantes de género femenino de grados 8 y 9 de básica secundaria	33 del grupo experimental y 43 del grupo control Muestreo no probabilístico por autoselección	Sistema de Información institucional Máster	Documental, evolutivo, retrospectivo, univariable	Revisión documental Matriz de registro	Estadística descriptiva: mediana, frecuencias, porcentajes y prueba de Friedman
Evaluar los cambios en el rendimiento las estudiantes de la muestra, en cuanto al rendimiento en matemáticas y ciencias naturales, a partir de la comparación, en cada grupo, antes y después de la aplicación de STEM.	Evaluativo	Proceso generador: método STEM Evento a modificar: competencias	Estudiantes de género femenino que cursan grados 8 y 9 de básica secundaria.	249 estudiantes de género femenino que cursan los grados 8 y 9 de básica secundaria.	43 del grupo control, y 33 del experimental, Muestreo no probabilístico por autoselección	Sistema de Información institucional Máster	Cuasi-experimental pretest-post test de grupo control	Revisión documental Matriz de registro	Análisis cuantitativo: T de Wilcoxon

Fuente: Elaboración propia

3.2. Tipo de investigación

En el presente trabajo, el tipo de investigación es **evaluativa**. Escudero (2005) manifiesta que la investigación evaluativa es un tipo especial de investigación que se relaciona con la evaluación de programas y con la toma de decisiones. Al respecto, Hurtado (2010) afirma que la investigación evaluativa, permite evaluar programas específicos en un contexto en particular sin apuntar, necesariamente, a la generalización. Además, se indaga si los objetivos planteados en cierta propuesta se logran o no, analiza las posibles causas de ello, e intenta dar solución a una situación a través de una intervención que se evalúa durante la investigación.

Según Weiss (1990) el fin de la investigación evaluativa es medir los efectos del programa en contraste con los objetivos planteados en la propuesta, y así, facilitar la toma de decisiones. Por lo tanto, permite detectar si vale la pena seguir aplicando la propuesta -o el programa-, tal como está diseñado, o incluso, si es necesario hacer cambios y reformulaciones.

En este caso, la investigación es evaluativa porque se evalúan los resultados de la implementación de la metodología STEM, y se reconocen consecuencias respecto al impacto obtenido, se tienen en cuenta sus objetivos propuestos y se contrastan con los resultados logrados. Lo anterior sirve para tomar decisiones respecto a su continuidad, necesidades, aportes, mejoras y la posible ampliación del programa a otros espacios académicos.

Según Briones (1990) el propósito principal de la investigación evaluativa es evaluar si una propuesta está cumpliendo los objetivos para los cuales fue desarrollada. En ella se considera la estructura, los procedimientos y los resultados con el fin de dar opciones que sirvan para la toma de decisiones respecto a condiciones, características, modificaciones, y la adecuada aplicación de esta.

3.3. Diseño de la investigación

Según Hurtado (2012) el diseño se refiere a la recopilación de la información necesaria para llevar a cabo la investigación. El diseño se define con base en tres criterios aplicables a cualquier tipo de investigación: la fuente de recolección de datos, la temporalidad y la amplitud de foco. A continuación, se expone el diseño de la investigación discriminado por evento de estudio, y con base en la tabla holopráctica.

Para los dos primeros objetivos específicos de la investigación, (diagnosticar el rendimiento académico en las áreas de ciencias naturales y matemáticas, y comparar los grupos control y experimental, en cuanto al rendimiento académico), se utilizó un diseño documental, porque los datos se tomaron del sistema institucional de registro de notas, de manera que las calificaciones ya habían sido asignadas por los docentes y estaban registradas allí. El diseño también fue evolutivo debido a que se estudió el proceso a lo largo de tres años (2016, 2017 y 2018). Además, fue retrospectivo porque se tomaron datos del pasado.

Con respecto al tercer objetivo específico, orientado a determinar los cambios que se generaron durante la implementación de la estrategia STEM, se utilizó una fuente documental debido a que los datos se extrajeron del cuaderno de ingeniería de los grupos conformados por los estudiantes; también fue evolutivo debido a que se estudió el proceso a lo largo de 18 meses.

Para los objetivos específicos 4, 5, 6 y 7 se utilizó un diseño cuasi-experimental pretest-postest de grupo control. Según Campbell y Stanley (1995) y Weiss (1990) un diseño es cuasi-experimental cuando el investigador pretende ver los efectos causados en las variables dependientes, a partir de modificaciones planificadas de las variables independientes, aunque no pueda hacer un control estricto de variables extrañas.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para ambos eventos de estudio, competencias matemáticas y competencias mecánicas, se utilizó la técnica de encuesta, y como instrumento se utilizaron dos cuestionarios. Ambos cuestionarios fueron construidos y validados en el transcurso de la investigación. Los cuestionarios se aplicaron al final del proceso de aplicación de la didáctica basada en el enfoque STEM, y se tuvieron en cuenta como un post-test que permitió comparar el grupo control con el grupo experimental para evaluar la efectividad del programa en el desarrollo de las competencias en ambas áreas.

En ambos instrumentos, el puntaje total se transformó a una escala de 10 puntos para unificar la interpretación, según la tabla 4 que se presenta a continuación.

Tabla 4. Criterios de interpretación de los puntajes de las pruebas de competencias matemáticas y mecánicas

Intervalo	Categoría
0,0 - 1,9	Muy baja
2,0 - 3,9	Baja
4,0 - 5,9	Regular
6,0 - 7,9	Alta
8,0 – 10,0	Muy alta

Fuente: Elaboración propia

El cuestionario de **competencias mecánicas** consta de 42 ítems, dicotómicos, de respuestas cerradas, categorizadas como correcta e incorrecta, y codificadas como 1 o 0 respectivamente (Anexo A). El instrumento da un puntaje máximo de 42 puntos. El puntaje total fue transformado a una escala de 10 puntos, como se advirtió anteriormente.

Este instrumento estuvo conformado por tres dimensiones elaboradas a partir de la taxonomía *Structure of Observed Learning Outcome* (SOLO). Por lo tanto, los ítems se agruparon en las dimensiones: uniestructural, multiestructural y relacional.

- a. El nivel uniestructural tiene 12 ítems, para un puntaje bruto máximo de 12 puntos y un puntaje máximo transformado de 10.
- b. El nivel multiestructural tiene 11 ítems, para un puntaje bruto máximo de 11 puntos y un puntaje máximo transformado de 10.
- c. El nivel relacional tiene 19 ítems, para un puntaje bruto máximo de 19 puntos y un puntaje máximo transformado de 10.

Los puntajes de cada dimensión de competencias mecánicas también se interpretaron mediante las categorías utilizadas en la tabla 4.

Por otra parte, el cuestionario de **competencias matemáticas** consta de 24 ítems respuestas cerradas, categorizadas como correcto e incorrecto y con códigos 1–0 respectivamente, para cada alternativa de respuesta (Anexo B). El instrumento da un puntaje total máximo de 24 puntos, que se transforma a una escala de 10 para unificar la interpretación, según la tabla 4.

En este instrumento se asumió la taxonomía SOLO, por lo tanto, los ítems se agruparon en tres sinergias: uniestructural, multiestructural y relacional.

- a. El nivel uniestructural tiene 8 ítems, para un puntaje bruto máximo de 8 puntos y un puntaje máximo transformado de 10.
- b. El nivel multiestructural tiene 7 ítems, para un puntaje bruto máximo de 7 puntos y un puntaje máximo transformado de 10.
- c. El nivel relacional tiene 9 ítems, para un puntaje bruto máximo de 9 puntos y un puntaje máximo transformado de 10.

Los puntajes de cada dimensión competencias matemáticas también se interpretaron mediante las categorías de la tabla 4.

Para los pretest de ciencias naturales y matemáticas, la información se obtuvo del sistema de información de notas de la Institución Educativa Lorenza Villegas (MASTER 2000), donde las calificaciones ya se encontraban registradas. Los puntajes para estas calificaciones estaban expresados en una escala de 0 a 5 puntos y se convirtieron a una escala de 0 a 10. Los criterios que se utilizaron para su interpretación son los que se muestran en la tabla 5, a continuación, cuyas categorías corresponden a Sistema de evaluación institucional para estudiantes institucional (SIEE).

Tabla 5. Criterios de interpretación del SIEE para los puntajes del pretest en matemáticas y ciencias naturales

Intervalo	Categoría
0,0 – 5,9	Bajo
6,0 – 8,0	Básico
8,0 – 9,0	Alto
9,0 – 10	Superior

Fuente: Sistema de evaluación institucional para estudiantes institucional (SIEE)

Por lo tanto, no se diseñaron instrumentos para medir el rendimiento académico en las áreas de matemáticas y ciencias naturales, ya que este había sido medido previamente por los docentes de la institución.

3.5 Población y muestra

La investigación se realizó en la ciudad de Medellín, una de las ciudades principales de Colombia. Medellín se distribuye en 16 comunas, y la propuesta se llevó a cabo en la comuna 4, Aranjuez. El estrato social predominante en la comuna es el estrato tres, que corresponde a un nivel socioeconómico medio. En dicha zona se encuentra ubicada la Institución Educativa Lorenza Villegas de Santos, la cual es una institución pública y de carácter femenino.

Según el Departamento Nacional de Planeación de Colombia (2020) el SISBEN es la entidad encargada de caracterizar la población en situación de pobreza con el

propósito de otorgar beneficios sociales y económicos por parte del estado a las poblaciones menos favorecidas.

Para la zona urbana, los ciudadanos que obtenga un puntaje menor que 44.79 en la clasificación del SISBEN se califican en el nivel 1, y los que tengan un puntaje entre 44.80 y 51.57 se califican en el nivel 2. Estos dos niveles son los que tienen prioridad para los beneficios otorgados por el gobierno debido a que presentan una condición evidente de desfavorabilidad, y representan el mayor porcentaje dentro de la institución educativa con la cual se trabajó.

En la tabla 6, se muestran los resultados de la encuesta de caracterización realizada a toda la población de la institución, perteneciente a la jornada de la mañana, respecto al nivel asignado por el SISBEN. El tamaño de la muestra para esta encuesta fue de 49 estudiantes de grado 9 y 83 de grado 8 para un total de 132 estudiantes.

Tabla 6. Niveles del SISBEN, discriminados por grado en la institución educativa

Grado	Nivel 1	Nivel 2	Total
8	30	12	42
9	13	7	20
Total	43	19	62

Fuente: Elaboración propia

Es importante advertir que la mayoría de las estudiantes de la población pertenecen a barrios aledaños a la comuna de Aranjuez. En la tabla 6 se observa que el 69.35% de las estudiantes encuestadas presenta un puntaje SISBEN en el nivel 1 y, por lo tanto, presentan condiciones desfavorables de inequidad, falta de oportunidades y condiciones muy limitadas. La mayoría de las familias son monoparentales, donde, la madre es la cabeza de hogar con poca formación profesional y las niñas son cuidadas por sus abuelas.

3.5.1. Población

La población está conformada por estudiantes entre los 12 y 15 años de los grados 8° y 9° de educación básica secundaria de la Institución Educativa Lorenza Villegas de Santos de la ciudad de Medellín. En la institución hay tres secciones para 9° grado y cuatro secciones para 8°, y en cada grado se tienen en promedio 35 estudiantes. El grado 8° cuenta con 144 y el grado 9° con 105 estudiantes, para un tamaño de la población de 249.

Se trabajó en esta institución porque tiene un rendimiento académico que la ubica en la categoría de medio a bajo, según el histórico de las pruebas censales, lo que implica que requiere de manera urgente una intervención que apunte a mejorar dichos resultados. Por otra parte, las niñas que asisten a la institución viven situaciones de alto riesgo: hay importantes porcentajes de embarazo temprano, existen situaciones de abuso sexual, y tienen pocas probabilidades de acceso a la universidad (una o dos niñas al año ingresan a la educación superior). Además, el apoyo económico y logístico para implementar la propuesta fue asumido por el representante legal de la Institución Educativa, lo cual facilitó su puesta en marcha, dado que el programa basado en la didáctica STEM requiere de material y equipos muy costosos. Todas estas razones motivaron a llevar a cabo la implementación de la propuesta en este contexto.

3.5.2. Muestra

La muestra estuvo compuesta por 72 estudiantes que se distribuyen en un grupo experimental en el cual fueron intervenidas 33 niñas y en un grupo control conformado por 43 estudiantes. El tipo de muestreo fue no probabilístico, y la técnica fue la autoselección. Se hizo una convocatoria abierta para que el grupo de estudiantes se incorporara al programa, con base en la disponibilidad de cupos respecto a los kits con los que se contaba y el compromiso que debían adquirir las niñas. Tal como se muestra en la tabla 7. La participación debía ser voluntaria para evitar la deserción.

Tabla 7. Población y muestra discriminada por grado

Grado	Población grupo control	Muestra grupo control	Grupo experimental
8	144	24	15
9	105	19	18
Total	249	43	33

Fuente: Elaboración propia

La selección inicial de niñas de 9° grado en el grupo experimental era de 18, de manera que todas ellas participaron en la aplicación del programa, pero cuatro de ellas perdieron contacto, por lo cual no pudieron presentar la prueba posterior. Al final quedaron 14 niñas de 9° grado en el grupo experimental.

3.6. Procedimiento de la investigación

En la siguiente investigación se desarrollaron los siguientes pasos:

- a. Identificar la situación problema con la ayuda de la experiencia y los bajos resultados evidentes en las áreas de ciencias naturales y las matemáticas.
- b. Gestionar recursos necesarios y apoyo institucional de manera tanto interna como externa.
- c. Realizar la convocatoria abierta y pública en todos los canales institucionales.
- d. Cumplir con requisitos legales y normativas para conformar el grupo de trabajo.
- e. Conformar el equipo de trabajo y proponer un plan de trabajo.
- f. Recolectar información para la realización de un diagnóstico, aplicar el pretest y construir los instrumentos, para describir el desempeño académico de las estudiantes de manera general antes de la intervención.

- g. Implementar la propuesta y describir progresivamente los avances y resultados obtenidos por las estudiantes que participaron en la propuesta.
- h. Contrastar el rendimiento académico de las estudiantes del grupo control *versus* las estudiantes del grupo experimental en las áreas de ciencias naturales y matemáticas.
- i. Aplicar los instrumentos a las estudiantes del grupo experimental para medir el nivel de desarrollo de las competencias matemáticas y mecánicas después de la intervención, y compararlas con las del grupo control, para así determinar qué cambios ocurrieron.
- j. Procesar y analizar los datos recolectados.

3.7. Validez y confiabilidad de los instrumentos

3.7.1. Validez de los instrumentos

Para trabajar la validez de constructo del **cuestionario de competencias matemáticas**, se desarrolló inicialmente una tabla de operacionalización, con las sinergias y los indicadores correspondientes mostrados en la tabla 1. A partir de esos indicadores se redactaron los ítems.

Para calcular el índice de validez de constructo se envió el formato de validación a tres expertos (Anexo C). Los expertos seleccionados cuentan con el siguiente perfil: El experto 1 tiene experiencia de docencia tanto a nivel universitario como de básica secundaria en el área de matemáticas. Doctor en ciencias de la educación y Magister en educación de la Universidad de Antioquia, actualmente docente secretaria educación de Medellín. El experto 2 tiene experiencia de docencia tanto a nivel universitario como de básica secundaria en el área de matemáticas actualmente trabaja en el Centro de investigación y tecnología de Ecopetrol; doctor en ingeniería y con experiencia

investigativa en la Universidad Industrial de Santander. El experto 3 tiene experiencia de docencia, tanto a nivel universitario como de básica secundaria, es doctor en logística, actualmente docente de planta de la universidad de Córdoba.

A partir de las respuestas de los expertos se obtuvo un índice inicial de validez de 0,90, para el Cuestionario de competencias matemáticas, como lo muestra el Anexo C, sin embargo, se hicieron modificaciones según las sugerencias recibidas:

- a. El ítem 7b, originalmente estaba ubicado en la dimensión multiestructural, y fue clasificado por los tres expertos en la dimensión relacional, por lo tanto, una vez revisado el ítem, se ajustó en dicha dimensión, y se reevaluó el índice de validez.
- b. El ítem 6a, se encontraba en la dimensión uniestructural, pero fue ubicado por dos de los expertos en la dimensión multiestructural. En este caso se corrigió la redacción para evitar confusiones, y el ítem quedó ubicado en la dimensión original.
- c. En el ítem 13c se cambió la redacción y se ajustó a la dimensión multiestructural.

Al ajustar la tabla se obtuvo, en definitiva, una validez de 0.93, lo cual representa un alto índice (Anexo D). La apreciación de los expertos, con respecto a los ítems en cuanto a su congruencia con la respectiva sinergia y la precisión de los ítems, es buena. Por otro lado, para la amplitud de los contenidos, la redacción de los ítems, la ortografía y la presentación, los expertos consideraron que el instrumento se encontraba en la categoría excelente, con lo cual se puede decir que el instrumento es adecuado y cumple con el primer criterio de validez de constructo (Anexo E).

Además, se calculó la validez estructural por medio de las correlaciones sinergia-total, tal como indica la tabla 8, que se muestra a continuación. Se utilizó la fórmula de correlación con el coeficiente de Spearman.

Tabla 8. Correlaciones sinergia-total para la validez estructural del Cuestionario de competencias matemáticas

		Uniestructural	Multiestructural	Relacional	Competencias matemáticas
Uniestructural	Correlación (Sig. unilateral)	1.000	,433**	,555**	,796**
			.000	.000	.000
Multiestructural	Correlación (Sig. unilateral)	,433**	1.000	,499**	,766**
		.000		.000	.000
Relacional	Correlación (Sig. unilateral)	,555**	,499**	1.000	,865**
		.000	.000		.000
Competencias matemáticas	Correlación (Sig. unilateral)	,796**	,766**	,865**	1.000
		.000	.000	.000	

**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (unilateral).

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la tabla muestran una correlación positiva alta entre las sinergias de competencias matemáticas y el evento total (mayores que 0,70), lo cual indica que efectivamente las sinergias pertenecen a ese evento. Además, se observa que las correlaciones entre ellas son positivas y moderadas en su valor (entre 0,43 y 0,55), con lo cual se puede decir que cada sinergia, aunque pertenece al mismo evento, mide aspectos diferentes que contribuyen de manera importante al evento de estudio.

Para este cuestionario, también se trabajó la validez de contenido, la cual consiste en abarcar la mayoría de contenido posible en la elaboración del instrumento. Para ello se construyó la tabla de especificaciones durante el diseño del instrumento. Los contenidos de la tabla fueron los siguientes: pensamiento numérico, pensamiento espacial y pensamiento variacional, de manera que los ítems de cada sinergia se distribuyeron en cada uno de estos contenidos, tal como se muestra a continuación en la tabla 9. Además, se ubicaron los ítems de las preguntas asociados a una de las sinergias y a un pensamiento matemático correspondiente.

Tabla 9. Tabla de especificaciones del evento competencias matemáticas

Evento de estudio	Dimensiones	Indicadores	Pensamiento Numérico	Pensamiento Espacial	Pensamiento Variacional
Competencias Matemática	Uniestructural	Reconoce terminología y símbolos sencillos utilizados en el lenguaje cotidiano	2a	5a	2a
		Interpreta información de manera adecuada sin realizar ningún tipo de relación entre ella.	7a	6a	12a
		Identifica conceptos sencillos de manera aislada.	11a 12a		13a 9a
	Multiestructural	Realiza planteamientos de problemas a partir de premisas dadas.	1b	6b	11b
		Realiza procedimientos sencillos para resolver un problema.	8b 13b		13c 12b
	Relacional	Comprende a partir de la integración de conceptos y de información presentada.	1c 8c	5b 7c	11c
		Aplica el concepto a un conjunto de premisa dadas.	7b 11c	4	2b

Fuente: Elaboración propia

Para trabajar la validez de constructo del **Cuestionario de competencias mecánicas**, se desarrolló inicialmente una tabla de operacionalización, con las sinergias y los indicadores para cada una de ellas, ver tabla 2. A partir de esos indicadores se redactaron los ítems.

Para calcular el índice de validez de constructo se envió el formato de validación a tres expertos (Anexo F). Los expertos seleccionados cuentan con el siguiente perfil: el experto 1 tiene experiencia de docencia tanto a nivel universitario como de básica secundaria en el área de física, es Magister en matemáticas aplicadas, especialista en didáctica de la física y licenciado en matemáticas y física; además, actualmente es docente de planta de la Universidad El Bosque ubicada en la ciudad de Bogotá. El experto 2 tiene experiencia de docencia, tanto a nivel universitario como de educación básica secundaria, actualmente trabaja en el Centro de investigación y tecnología de Ecopetrol, es Doctor en ingeniería y tiene experiencia investigativa en la Universidad Industrial de Santander. El experto 3 tiene experiencia de docencia, tanto a nivel universitario como de educación básica secundaria, es doctor en logística, y actualmente es docente de planta de la universidad de Córdoba, Colombia.

A partir de las respuestas de los expertos se obtuvo un índice inicial de validez de 0,8125, como se muestra en el anexo F.

Respecto a la apreciación de los expertos con respecto a los ítems acera de su congruencia con la respectiva sinergia, la precisión, la redacción, la amplitud de los contenidos, la ortografía y la presentación de los ítems, todos consideraron que es excelente (Anexo G).

Además de la validación por expertos, se calculó la validez estructural por medio de las correlaciones sinergia-total, tal como indica la tabla 10, que se muestra a continuación.

Tabla 10. Correlaciones sinergia total para la validez estructural del cuestionario de competencias mecánicas

		Uniestructural	Multiestructural	Relacional	Competencias mecánicas
Uniestructural	Correlación (Sig. unilateral)	1.000	,413** .000	,498** .000	,786** .000
Multiestructural	Correlación (Sig. unilateral)	,413** 0.000	1 .	,454** .000	,728** .000
Relacional	Correlación (Sig. unilateral)	,498** .000	,454** .000	1 .	,825** .000
Competencias mecánicas	Correlación (Sig. unilateral)	,786** .000	,728** .000	,825** .000	1 .

**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (unilateral).

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de la tabla muestran correlaciones positivas y altas entre las sinergias de competencias mecánicas y el evento total (mayores que 0,72), lo cual indica que efectivamente las sinergias pertenecen a ese evento. Además, se observa que las correlaciones entre las sinergias son positivas y moderadas (entre 0,413 y 0,498), con lo cual se puede decir que cada sinergia, aunque pertenece al mismo evento, mide aspectos diferentes que aportan de manera importante a ese evento del estudio.

Para este cuestionario, también se trabajó la validez de contenido, la cual consiste en abarcar la mayoría de contenido posible en la elaboración del instrumento. Para ello se construyó la tabla de especificaciones durante el diseño del instrumento. Los contenidos de la tabla fueron los siguientes: equilibrio y máquinas simples, dinámica de los cuerpos y transmisión de movimiento, de manera que los ítems de cada sinergia se distribuyeron en cada uno de estos contenidos, como se muestra a continuación en la tabla 11. Además, se ubicaron los ítems de las preguntas asociados a una de las sinergias y a un pensamiento matemático correspondiente.

Tabla 11. Tabla de especificaciones del evento competencias mecánicas

Evento de estudio	Dimensiones	Indicadores	Equilibrio y máquinas simples	Dinámica de los cuerpos	Transmisión de movimiento
Competencias Mecánicas	Uniestructural	Reconoce condiciones establecidas que conllevan a la resolución de problemas sencillos.	1a 4a 5a	3a 7a 8a	2a
		Interpreta información de manera adecuada sin realizar ningún tipo de relación entre ella.			13a
		Identifica conceptos sencillos de que hacen parte de un sistema complejo.	15a	14a	
Relacional	Multiestructural	Realiza planteamientos de problemas a partir de premisas dadas.	4b 5b	3b 7b	2b 9b
		Determina relaciones entre conocimientos previos.	6a	8b	12b
	Relacional	Describe conceptos que ocasionan un efecto determinado.	11b 15a	10a 14b	13b
		Analiza la situación de un problema de manera integral para dar solución a un problema real.	1b	3b	2c
		Comprende a partir de la integración de conceptos y de información presentada.	1c 4c	3c 7c	2d 9c
		Razona sobre cómo aplicar el concepto a un conjunto de premisa dadas.	5c	8c	9c
		Analiza la situación de un problema de manera integral para dar solución a un problema real.	6b 11c 15b	10b 14c	12c 13c 13c

Fuente: Elaboración propia

3.7.2. Confiabilidad de los instrumentos

Para evaluar la confiabilidad de **ambos instrumentos**, antes de aplicarlos, se realizó una prueba piloto con una muestra aleatoria conformada por 27 casos.

Los dos instrumentos se aplicaron a estudiantes que pertenecían a la población y que tenían condiciones similares a las estudiantes del grupo control y del grupo experimental. Las estudiantes de la prueba piloto pertenecían a los grados 8 y 9 de la institución y su rango de edad era igual al de las niñas involucradas.

En cuanto a la confiabilidad del **cuestionario de competencias matemáticas**, se utilizó la fórmula del Alfa de Cronbach, y se obtuvo una confiabilidad total de 0,875, un valor por encima de 0,70 lo que indica que el instrumento tiene consistencia interna y es confiable, tal y como muestra la tabla 12,

Tabla 12. Confiabilidad total del cuestionario competencias matemáticas

Alfa de Cronbach	N de elementos
,875	24

Fuente: Elaboración propia

Para observar el detalle de la correlación de cada ítem con el total de la prueba se puede ver el Anexo H.

También se realizó el cálculo de la confiabilidad de cada una de las sinergias. En la sinergia uniestructural se obtuvo un alfa de Cronbach de 0,748 el cual es mayor que 0,70 que es el mínimo aceptado (tabla 13). En consecuencia, dicho instrumento presenta una confiabilidad aceptable para dicha sinergia. La correlación entre ítems de la sinergia uniestructural y el total de la sinergia se encuentra en el Anexo I.

Tabla 13. Confiabilidad de la sinergia Uniestructural de Competencias matemáticas

Alfa de Cronbach	N de elementos
,748	8

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a la sinergia multiestructural se obtuvo un alfa de Cronbach de 0,733 el cual es mayor que 0,70, que es el mínimo aceptado (tabla 14). Por lo tanto, dicho instrumento presenta una confiabilidad aceptable para dicha sinergia. La correlación entre ítems de la sinergia multiestructural y el total de la sinergia se encuentra en el Anexo J.

Tabla 14. Confiabilidad de la sinergia Multiestructural de Competencias matemáticas

Alfa de Cronbach	N de elementos
,733	7

Fuente: Elaboración propia

En la sinergia relacional, el alfa de Cronbach fue de 0,735 el cual es mayor que 0,70, que es el mínimo aceptado (tabla 15). Esto significa que dicho instrumento tiene una confiabilidad aceptable para esta sinergia. La correlación entre ítems de la sinergia relacional y el total de la sinergia se encuentra en el Anexo K.

Tabla 15. Confiabilidad de la sinergia Relacional de Competencias matemáticas

Alfa de Cronbach	N de elementos
,735	9

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la confiabilidad del **cuestionario de competencias mecánicas** se utilizó la fórmula del Alfa de Cronbach, y se obtuvo una confiabilidad total de 0,82, valor que se encuentra por encima del mínimo aceptado de 0,70, lo que indica que el instrumento tiene consistencia interna y es muy confiable. El valor de la confiabilidad se muestra la tabla 16.

Tabla 16. Confiabilidad total del cuestionario competencias mecánicas

Alfa de Cronbach	N de elementos
,826	42

Fuente: Elaboración propia

Para observar el detalle de la correlación de cada ítem con el total de la prueba se puede ver el Anexo L.

También se realizó el cálculo de la confiabilidad para cada una de las sinergias del instrumento. Con respecto a la sinergia uniestructural del instrumento de competencias mecánicas, se obtuvo un alfa de Cronbach de 0,722, el cual es mayor que 0,70, que es el mínimo aceptado, (tabla 17). Esto indica que dicho instrumento presenta una confiabilidad aceptable para dicha sinergia. La correlación entre ítems de la sinergia uniestructural y el total de la sinergia se encuentra en el Anexo M.

Tabla 17. Confiabilidad de la sinergia Uniestructural de Competencias mecánicas

Alfa de Cronbach	N de elementos
,722	12

Fuente: Elaboración propia

En lo que respecta a la sinergia multiestructural del instrumento de competencias mecánicas, se obtuvo un alfa de Cronbach de 0,711, el cual es mayor que 0,70 que es el valor mínimo aceptado (tabla 18).

Este resultado indica que, el instrumento presenta una confiabilidad aceptable para dicha sinergia. La correlación entre los ítems de la sinergia multiestructural y el total de la sinergia se encuentra detallado en el Anexo N.

Tabla 18. Confiabilidad de la sinergia Multiestructural de competencias mecánicas

Alfa de Cronbach	N de elementos
,711	11

Fuente: Elaboración propia

Con respecto a la sinergia relacional del instrumento de competencias mecánicas, el cálculo del alfa de Cronbach generó un resultado de 0,707 el cual supera al 0,70 que es el criterio mínimo aceptado (tabla 19). Esto muestra que dicho instrumento presenta una confiabilidad aceptable para esta sinergia.

El resultado de la correlación entre cada ítem de la sinergia relacional y con el total de la sinergia se encuentra detallado en el Anexo O.

Tabla 19. Confiabilidad de la sinergia Relacional de competencias mecánicas

Alfa de Cronbach	N de elementos
,707	19

Fuente: Elaboración propia

3.8 Consideraciones éticas

3.8.1. Criterios de confidencialidad

En la investigación participaron estudiantes de la Institución Educativa Lorenza Villegas de Santos con edades entre los 12 y 14 años. Para ello, y de acuerdo con la normativa de protección de datos, se recogieron, se almacenaron y se procesaron los datos con el debido consentimiento de aprobación de parte de los acudientes de las estudiantes (Anexo P).

La protección, el manejo y la publicación, tanto de los datos como de la imagen de las estudiantes, se realizó de forma cuidadosa y con fines institucionales y académicos. Además, cualquier participación de las estudiantes en los medios de comunicación se hizo bajo el régimen legal que se encuentra establecido en la Ley 23 de 1982 y decisión 351 de la CAN.

De igual manera, el uso de datos de las estudiantes fue manejado bajo la política de tratamiento de datos personales que comprende competencias funcionales, límites, notificaciones y registros, según lo decreta la Ley Estatutaria 1581 de 2012, para las disposiciones generales de la protección de datos personales. Es de advertir que los rendimientos académicos de las estudiantes no se difundieron y se trataron solo para el objetivo de esta investigación, de manera que se respetó el derecho a la intimidad de cada persona.

Además, todo el tratamiento de los datos de las estudiantes, junto con sus calificaciones solo se utilizaron para la investigación y se trataron con políticas de confidencialidad. Para ello los nombres de las niñas fueron debidamente codificados con un número y, tanto en los análisis como en las tablas de resultados solo aparecen estos códigos.

3.8.2. Descripción de la obtención del consentimiento informado

El rector como representante legal de la institución educativa Lorenza Villegas de Santos aprobó el desarrollo de la propuesta con todas sus implicaciones. Para esto, destinó un espacio dotado de computadores, mesas de trabajo, internet, pizarra, video beam, equipos de audio, y con una capacidad para 40 estudiantes. Además, se entregaron los kits de robótica educativa VEX – IQ, los cuales siempre permanecieron en el aula de robótica bajo una seguridad especial debido a su alto costo. Se estipuló institucionalmente como horario de trabajo del grupo de robótica de lunes a jueves de 12:00 a 15:00 pm, en la jornada contraria de las estudiantes.

La información utilizada para el pretest y postest, se obtuvo de la base de datos del sistema de información utilizado en la institución, el MASTER 2000. Dicha información es de carácter público y es de acceso abierto. Así mismo, los acudientes como representantes legales de las estudiantes estuvieron al tanto de todas las actividades, salidas y horarios que se debían cumplir para llevar a cabo el programa. Respecto a los instrumentos utilizados, éstos fueron de elaboración propia con su correspondiente validez de expertos tal como se referencia en el marco metodológico.

3.8.3. Riesgos y beneficios conocidos y potenciales.

Uno de los riesgos que siempre está presente en educación es la deserción. Por ello fue importante detectar algunas situaciones que podrían generar la deserción. Una de ellas fue que, en el desarrollo de las actividades, se observó que para varias estudiantes era imposible llevar el almuerzo, por lo que se gestionó con el Plan de Alimentación Escolar (PAE) un refrigerio para todas las niñas que hacían parte del grupo experimental. Esta medida disminuyó al máximo la deserción del grupo.

Sin lugar a duda, el mayor aspecto que desestabilizó el proceso fue la pandemia. A partir de la implementación de las nuevas normas de bioseguridad debido al COVID

19, se implementaron aulas virtuales para seguir con el proceso, pero desafortunadamente casi el 30% de las estudiantes no poseían las herramientas necesarias para esta modalidad.

Un beneficio de la investigación fue el auge y la visibilidad que se logró a nivel local y nacional. En las figuras 12 y 13 se muestra la participación de una de las estudiantes del grupo de robótica en el lanzamiento del programa Red de Mentoras STEM, encabezado por la vicepresidenta de la República Marta Lucía Ramírez



Marta Lucía  9 h · 

Ayer conocí a Isabella Vanegas, quien con su inteligencia, sus sueños ambiciosos y su carisma, me hizo reafirmar mi compromiso de trabajar sin pausa, para lograr una Colombia incluyente, que incentive a niñas y jóvenes a proyectarse como científicas y líderes. Debemos apostarle al cierre de la brecha de sueños, la generación de oportunidades para todos y el empoderamiento de nuestras mujeres del mañana.

#Colombia #MujeresSTEM #CerrandoLaBrechaDeSueños
#EquidadDeGénero #MujeresInspirandoMujeres #NoMoreMatildas

Fuente: Tomado página oficial de la vicepresidencia de la Republica de Colombia.

Figura 12. Estudiante en lanzamiento de la Red Mentoras STEM

El proyecto fue protagonista de una nota en el programa *Camino al barrio* que se transmite en los canales del departamento de Antioquia Tele Medellín y Tele Antioquia. Además, se hizo visible en una nota del Canal Caracol para conmemorar el día de la niña en la ciencia y en la tecnología. A partir de esas dos notas en televisión, la Secretaría de Educación de Medellín, invito al grupo a participar en dos conversatorios sobre la participación de las niñas en el uso de las TIC y, por último, la Vicepresidencia de la República de Colombia, invito a una de las estudiantes para el lanzamiento del programa *Red de mentoras STEM*.



Fuente: Tomado Facebook oficial de la vicepresidencia de la Republica de Colombia.

Figura 13. Estudiante semillero robótica en lanzamiento de la Red Mentoras STEM

CAPÍTULO IV.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Técnicas de análisis de datos

Cada objetivo específico requirió de una técnica de análisis acorde a su alcance. A continuación, se describen dichas técnicas para cada uno de ellos.

Para el primer objetivo específico, orientado a diagnosticar el rendimiento académico, tanto del grupo control como del grupo experimental de la muestra, en las áreas de matemáticas y ciencias naturales antes de la intervención, se utilizaron técnicas de estadística descriptiva basadas en el cálculo de las medianas y se realizaron gráficos de caja y bigotes que permitieron describir el rendimiento de los estudiantes de ambos grupos en las áreas mencionadas.

Además, en este primer objetivo, también se utilizó la prueba de Friedman, para detectar cambios en la evolución del aprendizaje en el área de ciencias naturales y de matemáticas durante los años 2016, 2017 y 2018 (antes de la intervención). Mediante el análisis de medianas y diagramas de caja y bigotes se evidenció la evolución del rendimiento académico en dichas áreas.

Así mismo, se utilizó la prueba T Wilcoxon para revisar si existían diferencias significativas en el rendimiento académico entre los puntajes de matemáticas y ciencias naturales, para cada grupo. Por último, se realizó la prueba de U Mann Whitney para verificar si existían diferencias significativas entre el rendimiento del grupo control y del grupo experimental en matemáticas y ciencias naturales. Esto permitió, en primer lugar, detectar si había una tendencia natural a mejorar año tras año en cada asignatura, porque de ser así esto podría generar conclusiones falsas en relación con la efectividad del programa; y, en segundo lugar, para detectar diferencias de entrada entre las asignaturas, y poder precisar, posteriormente, si el programa tenía efectos diferenciales en cada área, es decir si era más efectivo en un área que en otra.

Respecto al segundo objetivo específico, en el cual se pretendía comparar al grupo control con el grupo experimental en cuanto a su desempeño académico en las

áreas de ciencias naturales y matemáticas, antes de la intervención, se realizó un análisis con las medianas, apoyado en los diagramas de caja y bigotes para describir el comportamiento de los puntajes de los grupos control y experimental en las áreas mencionadas. Luego, se utilizó el análisis comparativo con la U de Mann Whitney debido a que el evento a comparar estaba en un nivel de medición ordinal, y los datos no se distribuían según el criterio de normalidad. Este análisis se utilizó para concluir si existía, o no, diferencia significativa entre los dos grupos antes de la intervención. Esto permitió precisar si los grupos control y experimental eran equivalentes antes de la intervención.

Para el tercer objetivo específico encaminado a determinar los cambios generados durante la implementación de la estrategia STEM respecto al desarrollo de las competencias matemáticas y mecánicas en el grupo experimental, se utilizaron técnicas de análisis cualitativo. Como fuente principal se utilizó el cuaderno de ingeniería llevado por los estudiantes, la guía de implementación del programa VEX IQ, y las evidencias recolectadas en el transcurso de la aplicación de la propuesta. En este objetivo, los grupos de trabajo de los estudiantes plasmaron absolutamente todas sus vivencias respecto a sus enseñanzas, aprendizajes, experiencias significativas, ejercicios y retos planteados y desarrollados a lo largo de la intervención. Además, se describieron de manera detallada, las actividades, sus objetivos, su desarrollo y los principales logros observados en su ejecución.

El cuarto objetivo proponía caracterizar el rendimiento de ambos grupos (control y experimental) después de la intervención en las áreas de ciencias naturales y matemáticas. Para ello se realizó un análisis descriptivo apoyado en las medianas de los grupos discriminados por grado (8° y 9°). Luego, con la ayuda de los diagramas de caja y bigotes se compararon los puntajes obtenidos, por las estudiantes de la muestra, en las dos áreas, tanto en matemáticas como en ciencias naturales. Además, se

utilizaron diagramas de barra para observar el porcentaje de casos en cada categoría de desempeño, según la tabla 5.

El quinto objetivo proponía evaluar los cambios en el rendimiento de las estudiantes en las áreas de ciencias naturales y matemáticas, del grupo control antes y después de la intervención. Para corroborar si hubo diferencias significativas entre los puntajes antes y después de la intervención, en el grupo control de 9° grado, se realizó la prueba de Friedman. Se utilizó esta prueba porque se incluyó una medida del pretest (2018) y dos medidas del postest (2019 y 2020). Por otro lado, para corroborar si hubo diferencias significativas entre los puntajes antes y después de la intervención, para del grupo control de 8° grado, se realizó la prueba T de Wilcoxon. Se utilizó esta prueba porque se incluyó una medida del pretest (2018) y una medida del postest (2020).

El sexto objetivo proponía evaluar los cambios en el rendimiento, en las áreas de ciencias naturales y matemáticas, de las estudiantes del grupo experimental antes y después de la intervención. Para corroborar si hubo diferencias significativas entre los puntajes del grupo experimental de 9° grado antes y después de la intervención, se realizó la prueba de Friedman, se utilizó esta prueba porque se incluyó una medida del pretest (2018) y dos medidas del postest (2019 y 2020). Por otro lado, para corroborar si hubo diferencias significativas entre los puntajes del grupo experimental de 8° grado antes y después de la intervención, se realizó la prueba T de Wilcoxon. Se utilizó esta prueba porque se incluyó una medida del pretest (2018) y una medida del postest (2020).

Para el séptimo objetivo específico, evaluativo, que implicaba comparar los postest del grupo control y del grupo experimental, a partir de los instrumentos de competencias matemáticas y mecánicas, se realizó primero un análisis descriptivo para los puntajes totales de ambas competencias mediante el cálculo de las medianas y los diagramas de caja y bigotes para cada grupo.

A continuación, se realizó una comparación entre la distribución de las categorías entre los dos tipos de competencias para cada grupo. Además, se realizó un análisis con medianas por cada sinergia y un análisis por ítems correspondientes a ambos tipos de competencias para los dos grupos. Esto se hizo para saber cómo se encontraba cada uno de los grupos -control y experimental-, en cada competencia después de la aplicación de la propuesta. Posteriormente, se aplicó la prueba U de Mann Whitney, para comparar el grupo control con el grupo experimental, en cuanto a los resultados obtenidos en competencias matemáticas y competencias mecánicas. Por último, la prueba U Mann Whitney también se aplicó para verificar si existieron o no cambios significativos entre el grupo control y el grupo experimental en cuanto a las sinergias de cada tipo de competencias (matemáticas y mecánicas).

4.2 Procesamiento de los datos

4.2.1. Descripción del desempeño académico en las áreas de matemáticas y ciencias naturales para toda la muestra antes de la intervención

Para realizar esta descripción se tuvieron en cuenta, como pretest, las calificaciones de los estudiantes de grado 8° y 9°, para las áreas de matemáticas y ciencias naturales durante los años 2016, 2017, 2018. En dichos años las estudiantes que, para el momento del pretest se encontraban en grado 8°, estaban cursando los grados 5° de básica primaria, 6° y 7° de básica secundaria. Así mismo, las estudiantes que, para el momento del pretest se encontraban en grado 9°, en dichos años se cursaban 6°, 7° y 8° de básica secundaria. Lo anterior, aplica para estudiantes que en este intervalo de tiempo no habían sido repitentes.

Para iniciar el análisis se calcularon el valor máximo, valor mínimo, medianas y cuartiles, para los datos del pretest de todas las niñas, para cada año, en las áreas de ciencias naturales y matemáticas, lo cual se muestra a continuación en la tabla 20.

Tabla 20. Mediana del rendimiento de la muestra en ciencias naturales y matemáticas por año

	Ciencias Naturales			Matemáticas		
	2016	2017	2018	2016	2017	2018
Mediana	7,60	7,40	7,00	7,00	6,80	6,60
Mínimo	6,00	6,00	6,00	4,80	4,60	4,60
Máximo	9,60	9,80	9,20	9,80	9,80	9,20
Percentiles	25	6,60	6,60	6,40	6,60	6,20
	50	7,60	7,40	7,00	7,00	6,80
	75	8,20	8,35	7,60	7,75	7,80
						7,60

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos

La tabla 20 muestra que las medianas del grupo de niñas en matemáticas fueron de 7,00 para 2016, 6,80 para 2017 y 6,60 para 2018, en una escala de 0 a 10 puntos. Se puede observar que la mediana de 2018 parece ser menor que la de 2017 y 2016.

Según la tabla de interpretación de puntajes (Tabla 5), las medianas del pretest de las estudiantes se ubicaron la categoría Básico en el área de matemáticas. Dicha categoría se establece para un intervalo de calificaciones de 6,0 a 7,9, y corresponde a un nivel de desempeño en el cual la estudiante cumple con los indicadores mínimos previstos en el plan de área. Según el SIEE (2015) una estudiante se considera en desempeño básico si reúne, entre otras estas características:

- a. Solo alcanza los niveles necesarios de desempeño propuestos.
- b. Tiene faltas de asistencia justificadas que han limitado su proceso de aprendizaje.
- c. Su sentido analítico no se evidencia en sus acciones.
- d. Cumple con las actividades de mejoramiento para resolver situaciones académicas pendientes.

En resumen, el desempeño Básico es particular en estudiantes que realizan lo mínimo para ser promovidas al grado siguiente y en ningún momento sobresalen respecto a sus compañeras.

Respecto a los valores de calificaciones mínima y máxima en matemáticas, se obtuvo un valor máximo de 9,80 para el 2016 y el 2017, y un máximo de 9,20 para el 2018. Lo anterior, puede indicar un desmejoramiento del desempeño de las estudiantes para el 2018 debido a que en dicho año se encontró el menor valor máximo.

En relación con calificaciones mínimas, se observa un valor de 4,8 para el 2016, 4,60 en el 2017 y 4,60 en el 2018. El valor de calificación para aprobar el área es de 6,00 y aunque la institución ofrece bastantes oportunidades para recuperar y aprobar las áreas, se observa que aun así varias estudiantes no aprobaron el área durante los tres años.

Así mismo, la tabla 20 muestra que las medianas del grupo de niñas en **ciencias naturales** fueron de 7,60 para 2016, 7,40 para 2017 y 7,70 para 2018, en una escala de 0 a 10 puntos. Se observa que la mediana de 2018 también es menor que la de 2017 y 2016.

Estas medianas también se ubicaron en la categoría básico de la tabla de interpretación (Tabla 5). Esto significa que, en el área de ciencias naturales, las medianas de la muestra presentaron el mínimo desempeño necesario para aprobar el área; además, es necesario acotar que su nota definitiva en dicha área normalmente es la calificación máxima que puede obtener una estudiante al presentar planes de mejoramiento al finalizar el año, y que probablemente fue esto lo que ocurrió.

En el área de ciencias naturales, se obtuvo un valor máximo de 9,60 para el 2016, 9,80 para el 2017 y de 9,2 para el 2018. Lo anterior, puede indicar un desmejoramiento del desempeño de las estudiantes para el 2018 debido a que en dicho año se encuentra el menor valor máximo.

En relación con los valores mínimos, se observa un valor mínimo de 6,00 para los tres años. El sistema de evaluación institucional propone un número de oportunidades que se les ofrecen a las estudiantes para aprobar el área. La estudiante puede presentar plan de apoyo al terminar cada periodo, y si, aun así, no aprueba el área, al final del año lectivo y a comienzos del siguiente la estudiante tiene dos oportunidades más de presentar un plan de mejoramiento. En el momento de que la estudiante presenta un plan de mejoramiento, su nota definitiva no puede ser mayor que 7,00 y normalmente la mayoría de las estudiantes obtienen la nota aprobatoria. Lo anterior puede explicar el motivo de que todas las calificaciones sean superiores a 6,00.

Al parecer los desempeños de las estudiantes durante los años 2016, 2017, 2018 presentaron un decrecimiento de las calificaciones en ambas áreas.

Para saber si realmente hubo cambios en la evolución del rendimiento y precisar la tendencia en **ciencias naturales**, a lo largo de los tres años, se aplicó la prueba de Friedman, como se muestra en las tablas 21 y 22.

Tabla 21. Prueba de Friedman, rango promedio en ciencias naturales de toda la muestra por año

Área / Año	Rango promedio
Ciencias naturales 2016	2,21
Ciencias naturales 2017	2,23
Ciencias naturales 2018	1,56

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos

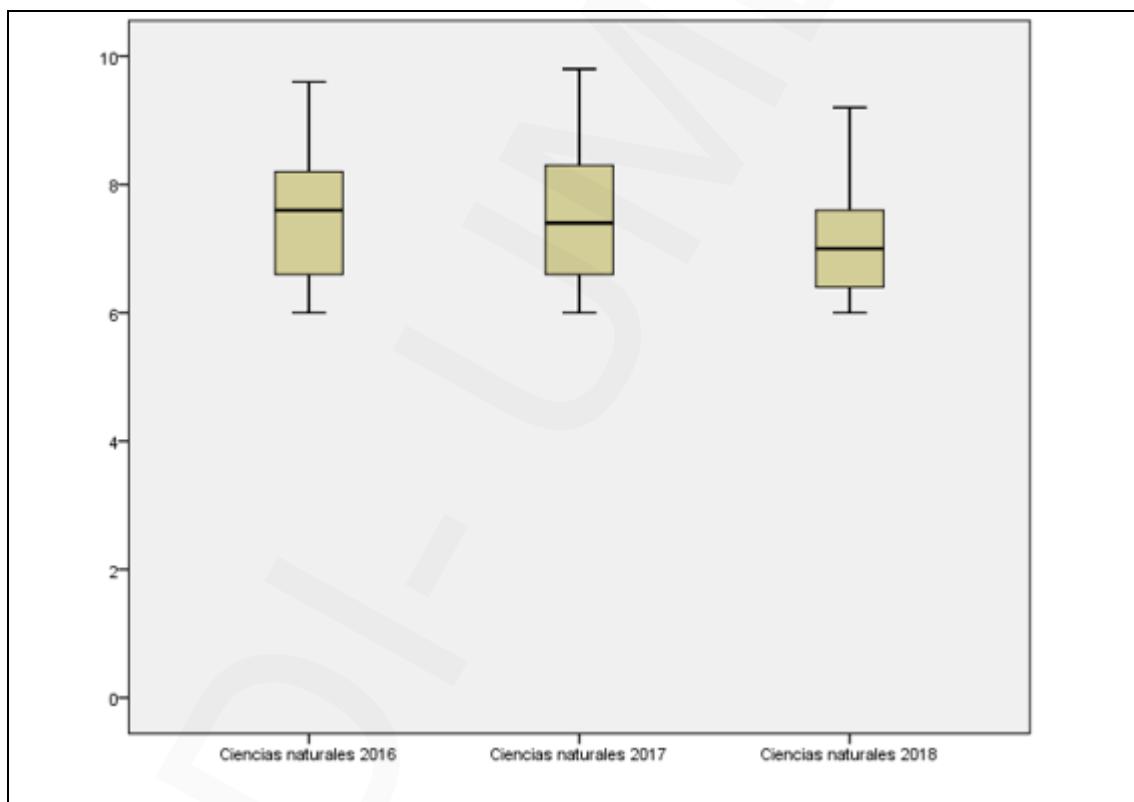
Tabla 22. Estadísticos de la prueba de Friedman de toda la muestra en ciencias naturales

N	72
Chi-cuadrado	22,149
gl	2,000
Sig. asintótica	,000

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos

La prueba de Friedman resultó significativa al 0,01, lo que quiere decir que la tendencia del desempeño de las estudiantes en ciencias naturales es efectivamente decreciente, y que los resultados en el último año, antes de aplicar la propuesta, fueron significativamente menores a los obtenidos en los dos años anteriores.

En la figura 14 se muestran los respectivos diagramas de caja y bigotes para el desempeño en ciencias naturales en los años 2016, 2017 y 2018 de todas las estudiantes pertenecientes la muestra.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos

Figura 14. Rendimiento de toda la muestra en ciencias naturales por año

En la figura 14, se observa que, durante los tres años, las estudiantes obtuvieron valores mínimos iguales 6,00. Además, que dichos valores presentan distancias muy cortas hasta una gran parte de los puntajes, lo que implica que muchas de las

calificaciones están muy cerca del valor mínimo. Un aspecto importante que se infiere del diagrama es que ninguna estudiante obtuvo calificaciones por debajo de 6,00, y como se mencionó, esto se debe al gran número de oportunidades brindadas por la Institución para aprobar un área, lo cual no es de esperarse ya que lo normal es que exista una tasa de reprobación. Ese exceso de oportunidades puede estar “forzando” a que las estudiantes tengan que aprobar, inclusive si no tienen las competencias mínimas para ello. Esto puede verse como una falta de correspondencia entre el desempeño real de las estudiantes y la valoración que hace el docente en ciencias naturales, sobre todo en las calificaciones que están cerca de la nota mínima aprobatoria.

De otro lado, los valores máximos para los tres años son mayores que 9,00 lo cual, según la tabla 5, ubica el desempeño en la categoría Superior. Además, durante los tres años, las medianas se encuentran en el intervalo de 6,00 a 8,00, con lo cual ubica a los desempeños de las estudiantes en la categoría Básico. En general, los puntajes del grupo en los tres años son relativamente homogéneos, sin embargo, en el último año son más homogéneos que los anteriores, es decir que sus puntajes son más parecidos entre sí.

También se hizo una descripción de la evolución de los puntajes para el área de matemáticas. Para saber si realmente hubo cambios en la evolución del rendimiento en **matemáticas** a lo largo de los tres años, y precisar la tendencia, se aplicó la prueba de Friedman, como se muestra a continuación en las tablas 23 y 24.

Tabla 23. Prueba de Friedman, rango promedio en matemáticas de toda la muestra por año

Área / Año	Rango promedio
Matemáticas 2016	2,17
Matemáticas 2017	2,01
Matemáticas 2018	1,81

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos

Tabla 24. Estadísticos de la prueba de Friedman de toda la muestra en matemáticas

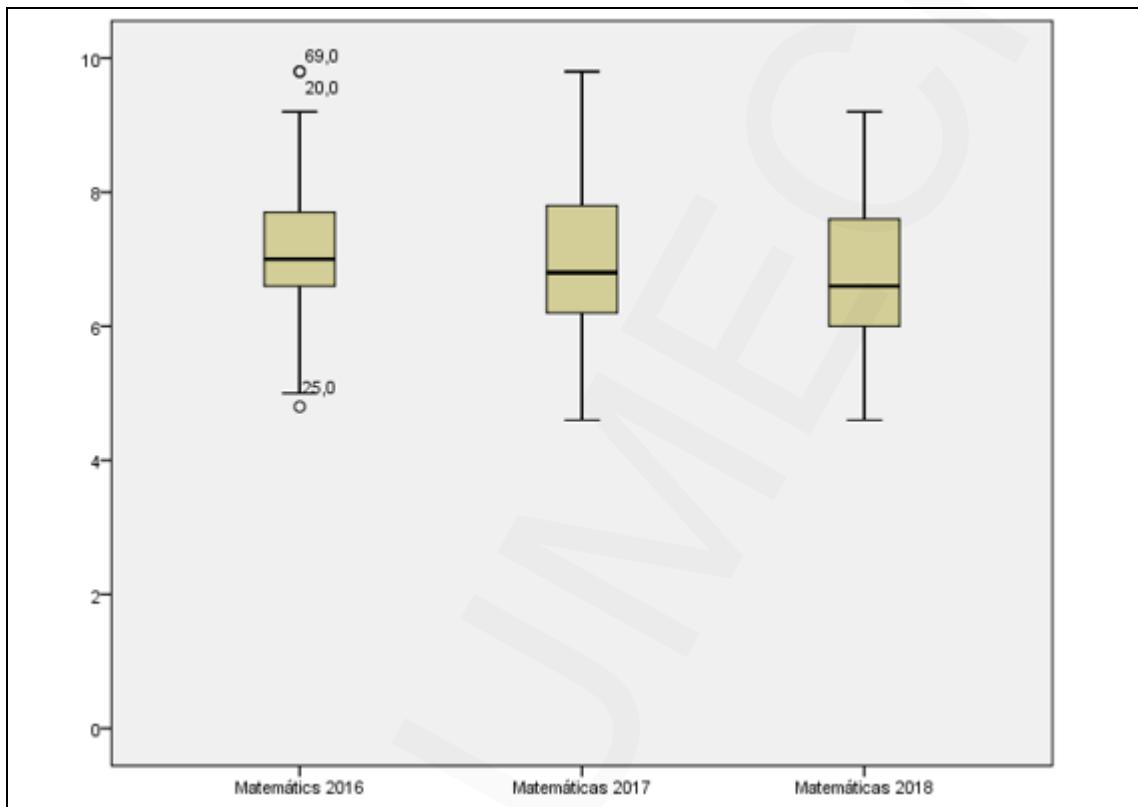
N	72
Chi-cuadrado	4,92
gl	2,00
Sig. asintótica	,085

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos

Para el análisis respecto al desempeño en matemáticas, se observa que la prueba de Friedman **no** resultó significativa al 0,05, lo que quiere decir que la tendencia observada en la tabla 23, no es efectivamente decreciente y los resultados en el último año, antes de aplicar la propuesta, no son significativamente menores a los obtenidos en los dos años anteriores. Aspecto contrario al evidenciado en el desempeño de ciencias naturales, lo cual se puede explicar debido a que las calificaciones de ciencias naturales son más homogéneas que las de matemáticas, con lo cual, cualquier variación, por pequeña que sea en el área de ciencias naturales va a generar un cambio representativo.

En la figura 15 se muestran los respectivos diagramas de caja y bigotes para el rendimiento en los años 2016, 2017 y 2018 para matemáticas de todas las estudiantes pertenecientes la muestra. Allí se observa que, durante los tres años, existen valores mínimos por debajo de la nota aprobatoria, pero en muy bajo porcentaje. Debido a que la longitud para el bigote inferior es considerable, las calificaciones que se encuentran allí están algo dispersas. A diferencia de ciencias naturales, en matemáticas existen estudiantes que reprueban, pero siguen existiendo franjas donde no se ubica ninguna estudiante, por ejemplo, las calificaciones de 0,00 a 4,00.

De otro lado, los valores máximos para los tres años son mayores que 9,00 lo cual, según la tabla 5, ubica el desempeño en la categoría Superior. Además, se observa que los valores por encima del cuartil 3 están más dispersos que en otros intervalos determinados por los demás cuartiles en los tres años.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos

Figura 15. Rendimiento de toda la muestra en matemáticas por año

Durante los tres años, las medianas de matemáticas se encuentran en el intervalo de 6,00 a 7,00, con lo cual ubica a los desempeños de las estudiantes en la categoría de desempeño Básico. En general, los puntajes del grupo en los tres años son relativamente homogéneos, sin embargo, en el primer año son más homogéneos que los siguientes, es decir que sus puntajes son más parecidos entre sí. Asimismo, en el año 2017 los datos son menos homogéneos. También es conveniente aclarar que las calificaciones para ciencias naturales presentan más homogeneidad que para matemáticas.

En el año 2016 se observan tres casos atípicos. El caso 25 se encuentra muy por debajo del grupo. Este caso corresponde a una estudiante que convive solamente con

su madre y la mayoría del tiempo se encuentra sola en su casa porque las responsabilidades laborales de su acudiente no le permiten llevar un control y un seguimiento oportuno para el acompañamiento de la niña.

Para los datos atípicos, que se encuentran por encima de su grupo se resalta que han sido estudiantes distinguidas en todo su proceso de aprendizaje debido a su excelente acompañamiento que se le hace desde el hogar, además una de ellas está vinculada con el deporte de alto nivel y representa a la ciudad en competencias nacionales, lo cual evidencia la responsabilidad que propicia el deporte para la vida académica.

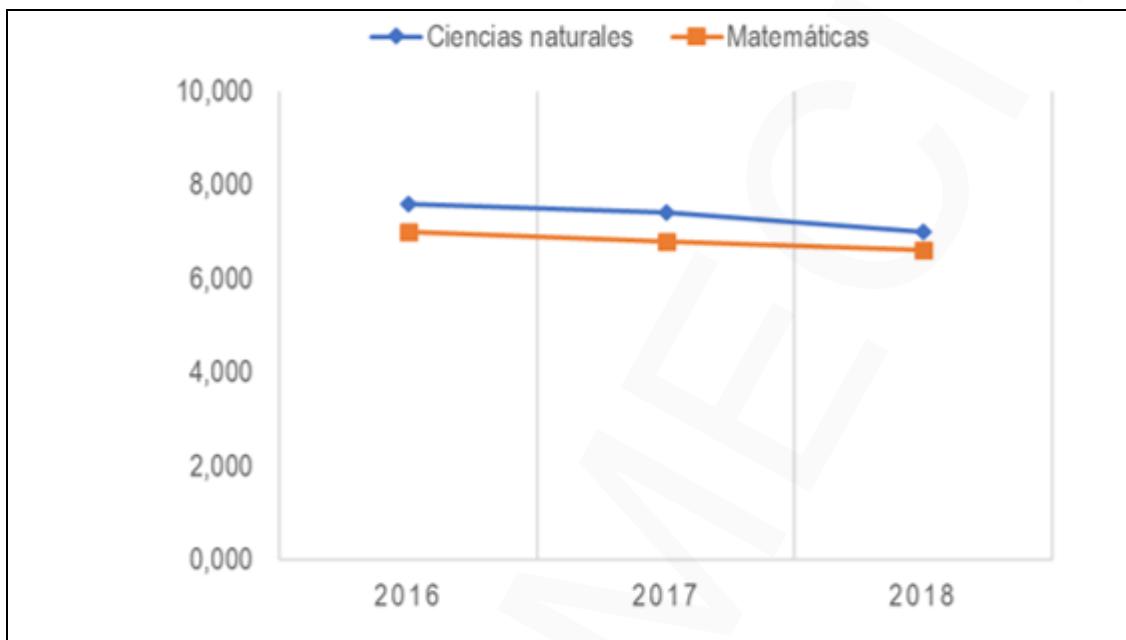
En cuanto a las diferencias o similitudes entre los puntajes del grupo en las áreas de ciencias y matemáticas, las estudiantes muestran niveles de desempeño similares en ambas áreas durante los tres años. A continuación, se observa la evolución de todas las estudiantes para las dos áreas (tabla 25 y figura 16).

Tabla 25. Evolución del rendimiento de la muestra en las dos áreas del conocimiento 2016-2018

	2016	2017	2018
Ciencias Naturales	7,6	7,4	7,0
Matemáticas	7,0	6,8	6,6

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos

Tanto en la figura 16 como en la tabla 25 se observa la tendencia de las calificaciones de las dos áreas para los años 2016, 2017 y 2018. En todo momento las calificaciones de matemáticas están por debajo de las de ciencias naturales, pero como se mencionó antes, esta tendencia a bajar solo es significativa en ciencias, ya que los puntajes son más homogéneos. Por ende, la mediana para el último año en ciencias es significativamente más baja en comparación con los años anteriores.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos

Figura 16. Evolución del rendimiento de la muestra completa en Matemáticas y Ciencias naturales

Se calculó una T de Wilcoxon para realizar la comparación entre los resultados obtenidos en matemáticas con los de ciencias por año y observar si existían diferencias significativas entre el desempeño académico de las estudiantes.

De la tabla 27 se observa que para el año 2016 hubo 48 rangos negativos, 21 positivos y 3 empates. Para dicho año se observa un valor de significación asintótica (bilateral) de 0,000, con lo cual se puede rechazar la hipótesis de que no hay diferencias entre las calificaciones y se puede afirmar que existen diferencias entre las calificaciones de matemáticas y ciencias en el 2016.

Para el 2017 hubo 51 rangos negativos, 14 positivos y 7 empates. Para dicho año se observa un valor de Significación Asintótica (bilateral) de 0,000, de igual manera se puede afirmar que existen diferencias entre las calificaciones de matemáticas y ciencias en el 2017.

Tabla 26. T de Wilcoxon: rangos del rendimiento en matemáticas y ciencias naturales por año

		N	Rango promedio	Suma de rangos
Matemáticas 2016 - Ciencias naturales 2016	Rangos negativos	48 ^a	40,38	1938,00
	Rangos positivos	21 ^b	22,71	477,00
	Empates	3 ^c		
	Total	72		
Matemáticas 2017 - Ciencias naturales 2017	Rangos negativos	51 ^d	35,44	1807,50
	Rangos positivos	14 ^e	24,11	337,50
	Empates	7 ^f		
	Total	72		
Matemáticas 2018 - Ciencias naturales 2018	Rangos negativos	41 ^g	32,54	1334,00
	Rangos positivos	20 ^h	27,85	557,00
	Empates	11 ⁱ		
	Total	72		

a. Matemáticas 2016 < Ciencias naturales 2016

f. Matemáticas 2017 = Ciencias naturales 2017

b. Matemáticas 2016 > Ciencias naturales 2016

g. Matemáticas 2018 < Ciencias naturales 2018

c. Matemáticas 2016 = Ciencias naturales 2016

h. Matemáticas 2018 > Ciencias naturales 2018

d. Matemáticas 2017 < Ciencias naturales 2017

i. Matemáticas 2018 = Ciencias naturales 2018

e. Matemáticas 2017 > Ciencias naturales 2017

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos**Tabla 27. T de Wilcoxon: comparación del rendimiento en matemáticas y ciencias naturales por año de toda la muestra**

	Matemáticas 2016 - Ciencias naturales 2016	Matemáticas 2017 - Ciencias naturales 2017	Matemáticas 2018 - Ciencias naturales 2018
Z	-4,384 ^b	-4,814 ^b	-2,801 ^b
Sig. asintótica bilateral	,000	,000	,005

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

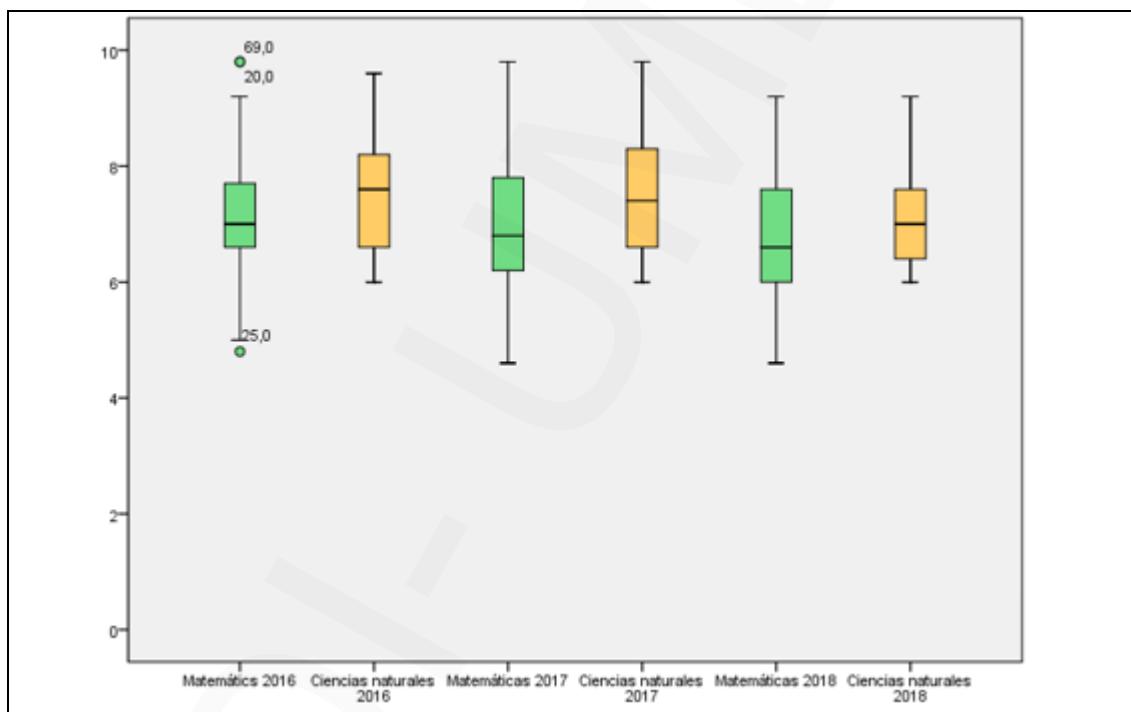
b. Se basa en rangos positivos.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos

Por último, para el 2018 hubo 41 rangos negativos, 20 positivos y 11 empates. Se observa un valor de significación asintótica (bilateral) de 0,005. De igual manera se puede afirmar que existen diferencias entre las calificaciones de matemáticas y las de

ciencias naturales en el 2018. En conclusión, para los tres años existen diferencias significativas entre las calificaciones de matemáticas y ciencias naturales con un nivel de significancia del 1%, de manera que las calificaciones en ciencias naturales son siempre mejores que las de matemáticas.

A continuación, se realiza un paralelo entre las medianas del rendimiento académico entre matemáticas y ciencias naturales para los años 2016, 2017, 2018, como muestra la figura 17.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos

Figura 17. Comparación del rendimiento en matemáticas y ciencias naturales por año de toda la muestra

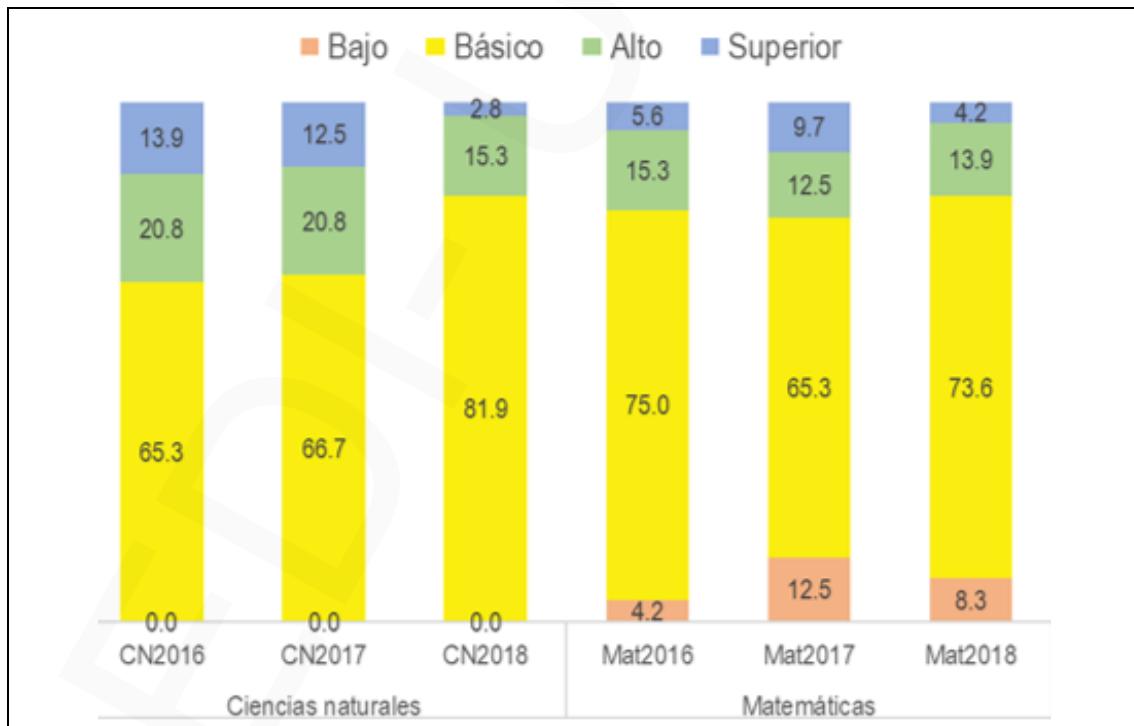
Se observa que la mediana de ciencias naturales está por encima de la mediana de matemáticas en todos los años. Además, que ambas áreas presentan desempeños mínimos para el año 2018 en comparación con el 2016 y el 2017. Durante los tres años, para ambas áreas, todas las medianas se encuentran en la categoría básico (tabla 5).

Para hacer una descripción más minuciosa, se elaboró una tabla de frecuencias y porcentajes correspondiente a cada nivel de desempeño. La información se presenta tanto en la tabla 28 como en la figura 18.

Tabla 28. Porcentaje de estudiantes en cada categoría de rendimiento en ciencias naturales y matemáticas durante los tres años

	Ciencias naturales			Matemáticas		
	2016	2017	2018	2016	2017	2018
Bajo	0,0	0,0	0,0	4,2	12,5	8,3
Básico	65,3	66,7	81,9	75,0	65,3	73,6
Alto	20,8	20,8	15,3	15,3	12,5	13,9
Superior	13,9	12,5	2,8	5,6	9,7	4,2
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos

Figura 18. Porcentaje de estudiantes en cada categoría de rendimiento en ciencias naturales y matemáticas durante los tres años

Ninguna estudiante se encuentra en la categoría de desempeño bajo, en ciencias naturales, mientras que en matemáticas se obtuvo el 4.2% en el año 2016, el 12.5% en el 2017 y el 8.3% en el 2018. El año en el cual se obtuvo mayor porcentaje en desempeño bajo en matemáticas fue el 2017.

La franja amarilla representa la categoría de desempeño básico. Durante todos los años en ambas áreas, es la que más prevalece. En ciencias naturales se observa que el porcentaje de estudiantes que obtuvo nivel de desempeño básico aumenta de 65.3%, en el 2016, a 66,7% en el 2017, y llega al 81,9% en el 2018. Este aumento en la categoría básico implicó una disminución en los porcentajes de los niveles altos y superiores, lo cual significa una desmejora del desempeño de las estudiantes. En matemáticas, no se evidencia la subida de porcentaje en el desempeño básico, y se encontró 75,0%, 65,3% y 73,6% respectivamente para los tres años.

El desempeño alto se representa mediante la franja verde. En ciencias naturales los años 2016 y 2017 tienen un porcentaje de 20,8% y en el 2018 de 15,3%. La disminución de este porcentaje es conveniente siempre y cuando las estudiantes migren del desempeño alto al superior, pero con el aumento de la categoría básico, es poco probable que esto haya ocurrido.

En matemáticas el porcentaje de estudiantes que se encontraron en desempeño Alto osciló entre 15,3% del 2016 hasta un 13,9% en el 2018 pasando por un porcentaje mínimo de 12,5% en el 2017.

El porcentaje de calificaciones en el desempeño Superior tiene una representatividad para ciencias naturales durante los años 2016 y 2017, 13,9% y 12,5% respectivamente. Pero se observa una caída al 2,8% en el año 2018.

En matemáticas los porcentajes del desempeño superior empiezan en el 2016 con un 5,6%, aumenta en el 2017 a un 9,7% y luego disminuyen nuevamente en el 2018 a un 4,2%. Es de esperarse que en ningún caso la franja correspondiente del nivel

superior disminuya, porque, al contrario de las otras, esta disminución implicaría un paso a categorías que se encuentran por debajo y un desmejoramiento del desempeño de las estudiantes, pero se evidenció una disminución de esta franja para el 2018 en ambas áreas.

4.2.2. Comparación del rendimiento de los grupos control y experimental en matemáticas y ciencias naturales, antes de la intervención

Para realizar la comparación entre los puntajes obtenidos por el grupo control y el grupo experimental en matemáticas y ciencias naturales, antes de la intervención, se calcularon las medianas, los valores máximo y mínimo, además de sus correspondientes cuartiles; todo ello se muestra en la tabla 29.

Tabla 29. Medianas del grupo control y del grupo experimental en el pretest de ciencias naturales y matemáticas

Grupo	N		Matemáticas	Ciencias naturales
			2018	2018
Grupo control		Válido	43	43
		Perdidos	0	0
		Mediana	6,6	7,000
		Mínimo	4,6	6,0
		Máximo	9,0	9,2
	Percentiles	25	6,000	6,200
		50	6,600	7,000
		75	7,400	7,400
Grupo experimental		Válido	29	29
		Perdidos	0	0
		Mediana	6,800	7,000
		Mínimo	5,4	6,0
		Máximo	9,2	9,0
	Percentiles	25	6,000	6,400
		50	6,800	7,000
		75	8,000	8,200

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos

La tabla 29 contiene los valores discriminados por grupo control y grupo experimental. El grupo control tiene 43 estudiantes, mientras que el grupo experimental 29 estudiantes. Las calificaciones corresponden al año 2018.

En matemáticas, para el grupo control se calculó una mediana de 6,6, mientras que el grupo experimental obtuvo una mediana mayor de 6,8. En ciencias naturales, tanto el grupo control como el experimental obtuvieron una mediana de 7,0.

Al parecer, el desempeño académico tanto en matemáticas como en ciencias naturales para el grupo control y el experimental antes de la intervención fue similar.

En ambas áreas las medianas se ubican en un desempeño Básico antes de la intervención. En general, dados los valores de los cuartiles, se observó que las calificaciones de ambos grupos fueron relativamente homogéneas. Al parecer no existen diferencias significativas entre el grupo control y el grupo experimental, pero para verificar dicha hipótesis se realizó una prueba estadística. Se calculó la prueba U de Mann Whitney para comparar el grupo control con el grupo experimental en el año 2018 respecto a su desempeño en matemáticas y ciencias naturales. Los cálculos se muestran en las tablas 30 y 31.

Tabla 30. U de Mann Whitney: rangos del pretest de rendimiento en matemáticas y ciencias naturales para los grupos control y experimental

	Grupo	N	Rango promedio	Suma de rangos
Ciencias naturales 2018	Grupo control	43	35,03	1506,50
	Grupo experimental	29	38,67	1121,50
	Total	72		
Matemáticas 2018	Grupo control	43	33,23	1429,00
	Grupo experimental	29	41,34	1199,00
	Total	72		

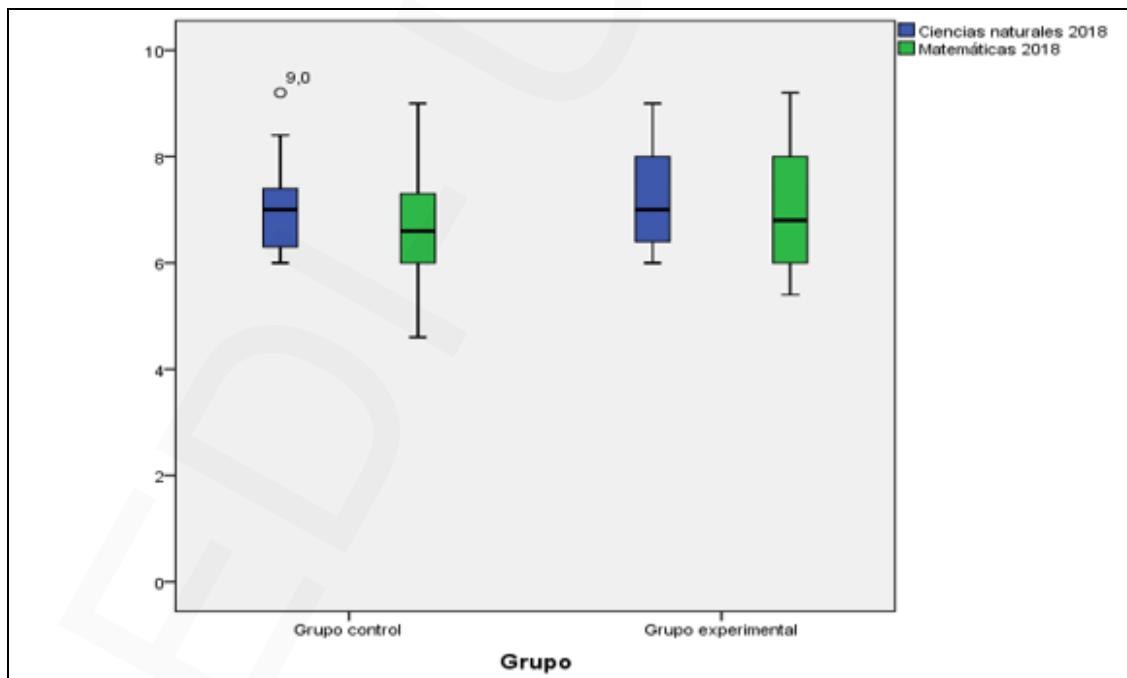
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos

Tabla 31. U de Mann Whitney: Comparación de los grupos control y experimental en el pretest de rendimiento en las dos áreas

	Ciencias naturales 2018	Matemáticas 2018
U de Mann-Whitney	560,5	483
W de Wilcoxon	1506,5	1429
Z	-,726	-1,626
Sig. asintótica (bilateral)	,468	,104

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos

Se observa que para **ciencias naturales** se obtuvo un valor para la U de Mann Whitney de 560,5 y un valor p de 0,468 (mayor a 0,05), lo cual implica que los dos grupos, control y experimental, tuvieron similar desempeño en el área de ciencias naturales, en el año 2018. Para **matemáticas** se obtuvo un valor U de 483 y un valor p de 0,104 (mayor a 0,05), lo cual quiere decir que los grupos control y experimental tuvieron un rendimiento similar en matemáticas, en el año 2018.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos

Figura 19. Medianas del grupo control y del grupo experimental en el pretest de ciencias naturales y matemáticas

Se concluyó que los dos grupos **no** presentan diferencias significativas antes de la intervención ni en matemáticas ni en ciencias naturales en un nivel de significación del 5%. En la figura 19, se muestran los valores de las medianas, los mínimos, los máximos y los cuartiles para ambos grupos, con respecto a su desempeño en matemáticas y ciencias naturales en el año 2018.

En los grupos control y experimental, se observa que los valores de las medianas para matemáticas son muy similares (6,6 y 6,8 puntos respectivamente), mientras que para ciencias naturales se presentan exactamente los mismos valores para las medianas (7,0 puntos). En ambos casos, las medianas se ubican en la categoría de desempeño básico.

4.2.3. Determinación de los cambios que se generan durante la implementación de la estrategia en las niñas del grupo experimental.

La metodología de enseñanza aprendizaje STEM apunta a desarrollar habilidades vitales para el desempeño del ciudadano hoy día. Entre otras, la comunicación, el trabajo en equipo, el pensamiento crítico, la creatividad y la innovación para la resolución de problemas reales.

El programa VEX–IQ presenta varias etapas que desarrollan habilidades que apuntan a lograr las competencias generales STEM. En todo momento de la propuesta, las etapas vinculan y articulan todas las habilidades. Es probable que existan etapas que hagan énfasis en algunas competencias, pero en todas las etapas se propicia un espacio que permite libremente que las estudiantes desarrollen todas las competencias.

La propuesta se desarrolló en encuentros diarios de tres horas por fuera del horario escolar. Para describir el proceso que se llevó a cabo se discriminó el programa por etapas en varias sesiones.

Etapa 1: Ambientación

En esta etapa se realizó la convocatoria para que las estudiantes que desearan participar en el proyecto lo hicieran por voluntad e interés propio. Luego se realizaron actividades de socialización, presentación y de integración que integraron a las niñas en un grupo con ambiente agradable.

Un aspecto importante fue la puesta en común de acuerdos respecto a normas de trabajo, de convivencia y responsabilidades formulados en consenso por todas las integrantes. Además, las niñas se organizaron en grupos de trabajo y se asignaron roles determinados. Posteriormente, se establecieron las pautas para el registro, por parte de los grupos de trabajo, de todo el trabajo realizado y, por último, se hizo entrega de los implementos de trabajo.

La finalidad de esta etapa fue integrar a las estudiantes a un espacio para el desarrollo de la propuesta, con la intención de que reconocieran a sus compañeras, a su docente, los recursos y los espacios con los que contaban.

La convocatoria se hizo de manera abierta por medio de las carteleras, parlantes del colegio y difusión en clase. Se presentaron dos condiciones para pertenecer al grupo: ser estudiante de grado 8° o 9°, y tener toda la voluntad y el gusto por aprender robótica. Una limitación importante para la conformación del grupo fue que la institución contaba con 5 kits de trabajo, y con cada kit podían trabajar un máximo de siete estudiantes máximo, por lo tanto, el número de estudiantes que se podía aceptar era de 35 en total.

Al principio de la convocatoria, asistieron 44 estudiantes, pero durante esa primera semana las estudiantes fueron dejando de asistir y sólo quedaron 35 estudiantes, con las cuales se consolidó el grupo. Además, se presentaron los recursos con los que se contaban con la intención de que las niñas asumieran dicho espacio como propio.

Actividad 1: Conociendo a mis compañeras a mi docente.

Mediante actividades lúdicas, todas las integrantes se presentaron frente a sus compañeras y mencionaron particularidades como identificación personal, entorno familiar, entorno social, gustos, capacidades y motivos por los que deseaban participar en esta experiencia. Además, destacaron otros asuntos que permitieron reconocer en el otro las bondades de un ser humano.

Actividad 2: Establecimiento de normas

De manera democrática y participativa, se propusieron actividades que motivaron a las mismas estudiantes a formular acuerdos y normas de convivencia y de trabajo para garantizar una buena convivencia. Se realizó una reflexión respecto a la importancia de tener normas, las estudiantes realizaron una lluvia de ideas y socializaron las normas que se debían cumplir, *grosso modo*: conducta en el espacio, cuidado y precauciones con los equipos, aseo en el área de trabajo y responsabilidades personales que afectan el resultado del trabajo en equipo.

En esta actividad se presentó como lectura *La carta a García*. La lectura se hizo en voz alta. Las estudiantes se distribuyeron en grupos y realizaron una representación de alguna idea del texto que les hubiese resultado interesante. Se realizó una reflexión de parte de todo el grupo a partir de la pregunta “¿Qué cualidad es la que hace que Rowan sea tan valioso?” Se resaltó el valor de la responsabilidad para cumplir las tareas asignadas, pero se hizo énfasis en que no se debía pasar por encima de nadie para hacerlas.

Las estudiantes propusieron siete premisas fundamentales e inviolables para ser cumplidas en el grupo: el respeto, la responsabilidad, el trabajo en equipo, la iniciativa, la creatividad, la perseverancia y la honestidad. Estas premisas se asumieron más que obligatorias para las integrantes del grupo, con el compromiso de hacerlas extensivas

a su cotidianidad, y cada estudiante interiorizó estos comportamientos para llegar a ser mejor persona

Actividad 3: Conformación de grupos y distribución de roles

Las estudiantes se organizaron en grupos de trabajo de siete integrantes de manera equitativa, con compañeras que no conocían mucho y de diferente grado. Para crear identidad, cada grupo escogió un nombre y un logo que los identificaba. Además, en cada grupo las estudiantes asumieron un rol que definía sus funciones. Los roles se definieron así: una líder, una diseñadora, dos programadoras, una bodeguera y dos drivers. En la figura 20 se observan los grupos de trabajo al designar los roles.



Fuente: Captura propia

Figura 20. Estudiantes reunidas en grupo de trabajo

La **líder** era la encargada de articular todas las funciones que debían cumplir las demás participantes. La líder debía tener en cuenta los compromisos, los tiempos, las

especificaciones de la tarea a cumplir y era la responsable de representar al grupo o elegir quien lo hiciera en actividades específicas.

La **diseñadora** era la encargada de recopilar las ideas respecto a la forma, tamaño, características y especificaciones que debía tener el robot para que pudiera cumplir una tarea designada.

Las **programadoras** debían generar el código y todo lo que tenía que ver con la configuración de los dispositivos.

La **bodeguera** era la encargada de distribuir, almacenar, recoger, organizar y realizar inventario tanto del kit robótico como de los demás insumos que se necesitaban para realizar una actividad.

Los **drivers** eran las estudiantes que manipulaban los robots en pruebas de código y en competencias.

Durante las dos primeras semanas las estudiantes rotaron por todos los roles posibles y dialogaron entre ellas acerca de los roles en los cuales se sintieron más cómodas y en cuáles no. Así mismo, reconocieron y sugirieron cualidades que observaron en las otras integrantes del equipo. Con esta metodología fueron asignados los roles en cada grupo de trabajo.

Actividad 4: Pautas para el registro del trabajo realizado por las estudiantes

Para registrar cada momento de aprendizaje se propuso el cuaderno de ingeniería. Este es un cuaderno que lleva cada equipo de trabajo. Desde su misma construcción hasta su elaboración es responsabilidad de todas las integrantes del grupo de trabajo.

Una de las condiciones iniciales era que el cuaderno se debía construir con material desecharable. En él se plasmaron todos los caminos, opciones, formas y metodología para lograr un resultado óptimo en una actividad propuesta. Para ello las

estudiantes debían consolidar habilidades como gestión de proyectos, gestión del tiempo, creación, liderazgo y trabajo en equipo.

El cuaderno de ingeniería fue una creación de todas las integrantes del equipo tanto en la parte intelectual como en su construcción. Allí se documentaron todos las decisiones, aprendizajes y esfuerzos que llevaron a la ejecución de un propósito dado. El cuaderno de ingeniería se llevó desde el principio de proyecto y se actualizó permanentemente en cada actividad.

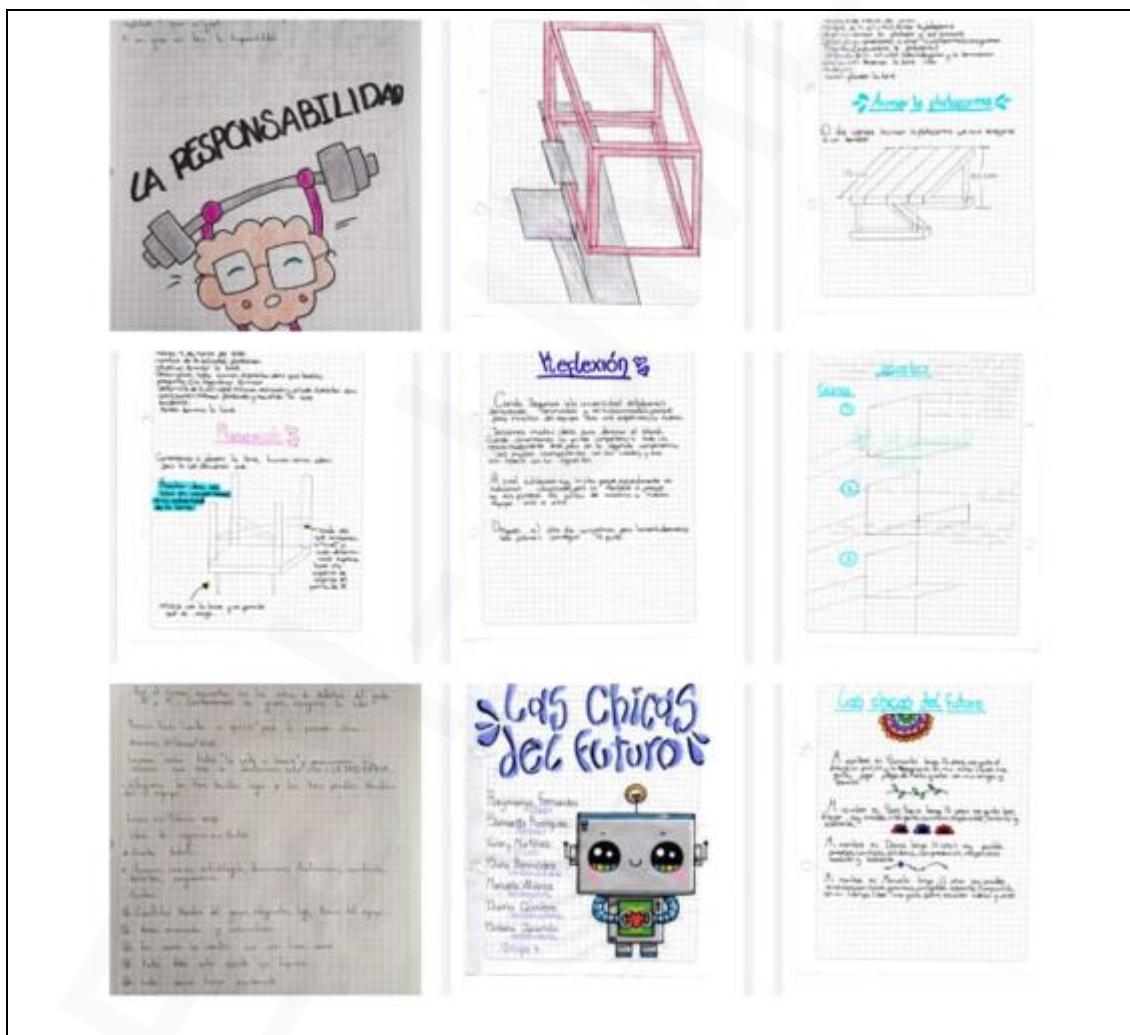
En todo momento las estudiantes identificaron problemas, realizaron lluvia de ideas y, después de muchos intentos, elaboraron un diseño el cual debía ser probado y mejorado hasta identificar la mejor solución de un problema real. Los aprendizajes, dificultades, obstáculos, momentos de éxito y fracaso -absolutamente todas estas situaciones- quedaron plasmadas en el cuaderno de ingeniería.

En el cuaderno de ingeniería se documentó todo lo que cada equipo realizó durante su proceso de diseño. Para ello se incluyó una tabla de contenido, notas de las reuniones, conceptos, reportes de aprendizajes, fotos, esquemas, diagramas, observaciones, pensamientos de las integrantes, prácticas y demás momentos del aprendizaje compartido.

Las condiciones más relevantes que se tuvieron en cuenta para el cuaderno de ingeniería fueron:

- a. Las hojas debían estar enumeradas.
- b. En la cubierta debía estar el nombre del equipo, el número del equipo y el logo.
- c. En todo momento se debía escribir en tinta, en caso de que se cometieran errores se debían tachar con una línea sencilla.

- d. Todas las notas que se hicieran debían estar con fecha, y en orden cronológico, y cada sesión debía ser firmada por todas las integrantes del equipo.
- e. Ninguna hoja del cuaderno se debía retirar, y los adjuntos se debían pegar con pegamento y cinta de forma que en todo momento se pudiera ampliar el número de páginas con las que contaba el cuaderno de ingeniería. En la figura 21 se presenta una muestra de varios cuadernos.



Fuente: Captura propia

Figura 21 Cuaderno de ingeniería

Actividad 5: Entrega de material de trabajo.

Se entregó a cada grupo de trabajo su correspondiente kit VEX-IQ. En este momento, ya los grupos tenían definidos sus roles, por lo que, la bodeguera coordinaba con sus compañeras la identificación de las piezas que conformaban el kit, realizaba un inventario de todas las piezas y luego estas se distribuían de manera organizada.



Fuente: Captura propia

Figura 22. Inventario kits por parte de cada grupo

Al comienzo del trabajo de la etapa, se notaba que las estudiantes de grado 9° sentían algo de recelo por trabajar con las estudiantes de grado 8°. Para la conformación de los grupos de trabajo se presentó cierta dificultad porque las niñas mayores no querían mezclarse con las otras niñas más pequeñas. Con la socialización y la reflexión propuesta, todas las estudiantes accedieron, y después de dos semanas de trabajo, las estudiantes aceptaron de muy buena forma el trabajo con sus demás compañeras. Al

final de la etapa se observó un compromiso alto de parte de las estudiantes, focalizadas en sus tareas y responsabilidades, además de su compañerismo para llevar a cabo las metas propuestas. Todas las niñas manifestaron que el trabajo en equipo era fundamental, y comprendieron la importancia de reconocer un rol sin caer en el error de responsabilizar solo a la encargada. Por ejemplo, a la hora de recoger, dejar el sitio organizado y aseado todas las integrantes fueron conscientes de que, si bien había una coordinadora, era una tarea de todas.

La culminación de esta etapa dejó una valoración de mucha satisfacción respecto al objetivo propuesto, y a la importancia de respetar, reconocer y cuidar todos los espacios brindados por la institución para el desarrollo de la propuesta. Se resaltó la honestidad de las estudiantes respecto a las piezas de los kits de los demás grupos, en ningún momento hubo dificultad por pérdida y siempre se respetaron los diferentes espacios de cada grupo.

La puntualidad y la responsabilidad de las estudiantes fue intachable, siempre entregaron las actividades propuestas y se cumplieron a tiempo con las diferentes tareas. Las mismas estudiantes se organizaron para responder por el aseo de los espacios, se rotaron y turnaron de forma que el sitio siempre permaneció en orden y se dejaban de igual forma.

Etapa 2: Aspectos importantes

En esta etapa se presentaron dos propósitos fundamentales. El primer propósito pretendía que las niñas conocieran los comportamientos adecuados y los riesgos que se corren en redes sociales debido a que una parte del trabajo se debía realizar en plataformas virtuales y en redes sociales, por ello, se les proporcionó información que pretendía evitar la vulnerabilidad de las niñas en los ambientes virtuales. El segundo propósito, consistía en que las estudiantes identificaran las características más importantes de la educación STEM.

Actividad 1. Comportamientos adecuados y riesgos en la red

De manera magistral y con apoyo de recursos tecnológicos, como el video beam, se socializaron algunas de las normas de cordialidad y educación para tener una buena convivencia en la red. El concepto de Netiqueta se colocó en el debate y cada niña expuso la importancia de ella. Además, se trabajó en los riesgos que presentan las redes sociales para todas las personas, en específico las niñas y niños. Para ello, se trabajaron conceptos como acceso a contenidos inapropiados, acoso sexual mediante la red, amenazas a la privacidad, *ciberbullying*, *vamping*, entre otras.

Se observó que los propósitos de esta actividad se cumplieron satisfactoriamente. Las niñas describieron en sus palabras la importancia de la Netiqueta y reconocieron que en muchos casos no utilizaban las normas de Netiqueta por el desconocimiento de su existencia o por no darle importancia. De otro lado, manifestaron, que, en experiencias anteriores, habían sido víctimas de varios comportamientos inadecuados en la red y lo más sorprendente fue que en algunas ocasiones habían contribuido a hacerlo a algunas de sus compañeras, sobre todo en el caso del *ciberbullying*. El reconocimiento de parte de las estudiantes de la existencia de normas y de riesgos se hizo evidente mediante un foro en donde cada niña expresó lo que consideró más importante y, en algunas ocasiones, aceptaron sus errores. La actividad logró una alta sensibilización en las niñas respecto a las precauciones y comportamientos en la red.

Actividad 2: Conceptualización de la educación STEM

Un aspecto importante fue contextualizar a las estudiantes en el proceso del cual iban a ser parte: la propuesta VEX-IQ basada en educación STEM. Durante dos sesiones, se enseñaron a las niñas los conceptos fundamentales, las características, las fortalezas y las debilidades de la educación STEM. Además, se realizó una evaluación de lo aprendido bajo la forma de una competencia en línea, con la aplicación *Kahoot*, que ofrece la posibilidad de hacer pruebas en línea y crear *ranking* de las niñas en

función de sus logros. Mediante experiencias significativas, sobre todo de otros países, se presentó la integración de áreas como ciencia tecnología y matemáticas. Estas experiencias estaban orientadas al trabajo por proyectos.

Se observó una alta motivación, por parte de las estudiantes, hacia el nuevo reto al que se iban a enfrentar y mostraron claridad en la comprensión de los contenidos trabajados acerca de la educación STEM. En la evaluación se resaltaron los siguientes aspectos importantes de parte de las estudiantes: el profesor no es el único que domina el conocimiento, sino que el conocimiento se construye entre todas; en este método para educar, el error es válido y se convierte en una oportunidad para aprender y obtener nuevas soluciones; las estudiantes asumieron con claridad los conceptos STEM enseñados que, aunque fueron nuevos para las ellas, se interiorizaron durante toda la propuesta.

Al terminar la última sesión, las estudiantes expresaron su insatisfacción respecto a la poca aplicabilidad de materias como ciencia y matemáticas, desde la forma como se enseñan convencionalmente en la escuela, además de la poca motivación hacia el aprendizaje por dichas áreas. La pregunta que reiterativamente formularon las niñas fue “¿por qué en el colegio no nos enseñan de esta forma?” Esta pregunta generó inquietud entre el grupo, de manera que las niñas argumentaron que nunca habían vinculado saberes de diferentes áreas, y que muchos de los conocimientos otorgados por los profesores se desechaban porque no los asociaban con situaciones reales vividas por ellas. Las estudiantes quedaron inquietas respecto a la nueva metodología propuesta y se observó que los conceptos STEM se afianzaron en gran medida.

Etapa 3: Implementación de la propuesta

Esta etapa está constituida por el grueso de la propuesta. El propósito principal de esta etapa fue enseñar a las niñas conceptos fundamentales de competencias matemáticas y competencias mecánicas con apoyo en la formulación de retos. La

metodología consistió en plantear condiciones específicas y un objetivo por cumplir en un tiempo estipulado. Durante la actividad se brindaron los aspectos necesarios, tanto conceptuales como materiales, para que las estudiantes cumplieran con la tarea asignada a su grupo de trabajo. El orden de las actividades fue importante debido a que se presentaron de manera que la complejidad fue aumentando con el tiempo, es decir, las actividades anteriores se consolidaron como saberes previos para las posteriores.

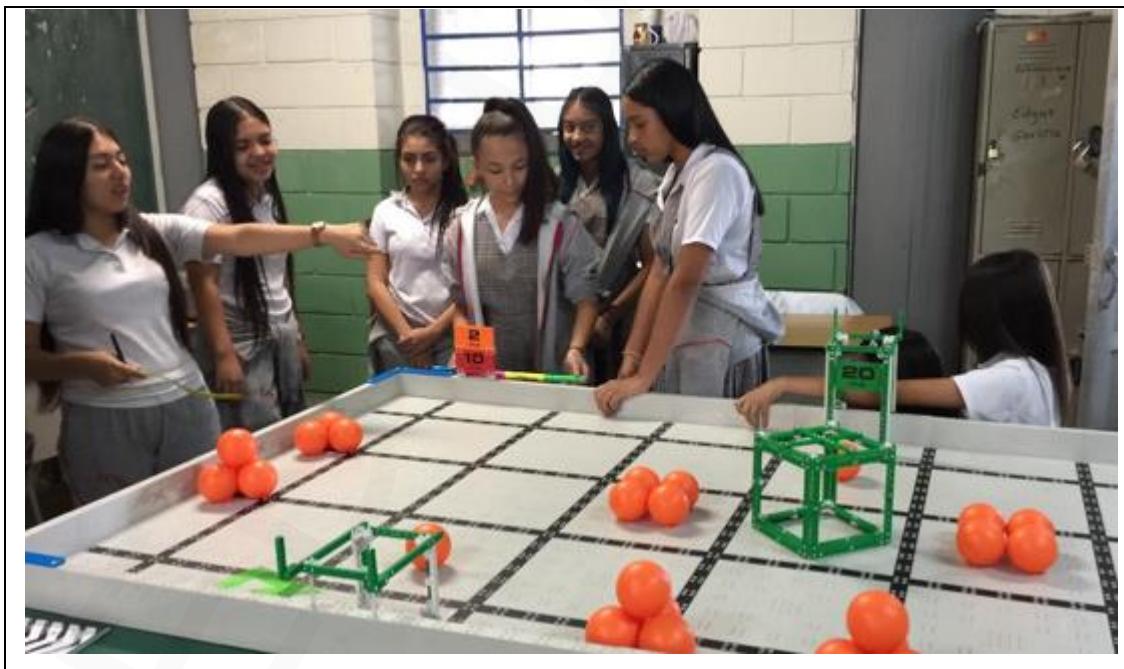
Actividad 1. Medición de longitud

La actividad tenía como objetivo que las estudiantes midieran longitudes de cuerpos cotidianos en diferentes unidades de medidas y que plantearan situaciones en donde fuese necesario medir una longitud.

Lo primero fue enseñar al grupo el concepto de longitud. La longitud como una magnitud física tiene asociadas unidades. A continuación, las niñas definieron una unidad arbitraria y realizaron mediciones de diferentes longitudes que se presentan en el aula. Las unidades más comunes fueron, objetos, la cuarta, el pie y la pulgada, pero determinadas por cada grupo de trabajo. A continuación, se manifestó la necesidad de tener un patrón de medida debido a que las medidas realizadas no presentaban el mismo resultado al realizar la comparación entre diferentes mediciones. Para ello, se explicó la importancia de estandarizar la unidad de medida, para lo cual se expuso el Sistema Internacional de unidades. Se asumió el metro como unidad de medida aceptada a lo largo de todo mundo para medir la longitud. A partir del metro, se trabajaron múltiplos y submúltiplos que presentaban resultados de medida de longitud aceptables, entre los más populares, el centímetro y el kilómetro. Además, se reconocieron algunos instrumentos de medida óptimos para realizar la medición de longitud, los más relevantes, la cinta métrica y la regla. A continuación, las estudiantes midieron las mismas longitudes de antes, y compararon los resultados.

Tres integrantes del grupo realizaron, por separado, la medida de la misma longitud, y luego calcularon el promedio de estas medidas, consideraron así, que la longitud del objeto fue el promedio de las tres medidas. Además de la unidad de medida utilizada por el Sistema Internacional de unidades, el metro, existe el sistema inglés que utiliza el al pie y a la pulgada como unidad de medida para la longitud. Por ello, se tomaron las longitudes encontradas en metros y se calcularon sus equivalentes en pies y en pulgadas. Todo el procedimiento fue registrado en el cuaderno de ingeniería, y para terminar la actividad, las niñas compararon los resultados con otros grupos y, en absolutamente todas las unidades, coincidieron en las longitudes que midieron.

En la figura 23 se observa el ejercicio de varios grupos de trabajo midiendo longitudes. En algunas ocasiones utilizaron como unidad de medida marcadores, mientras que se evidencia en otras el uso de la cinta métrica.



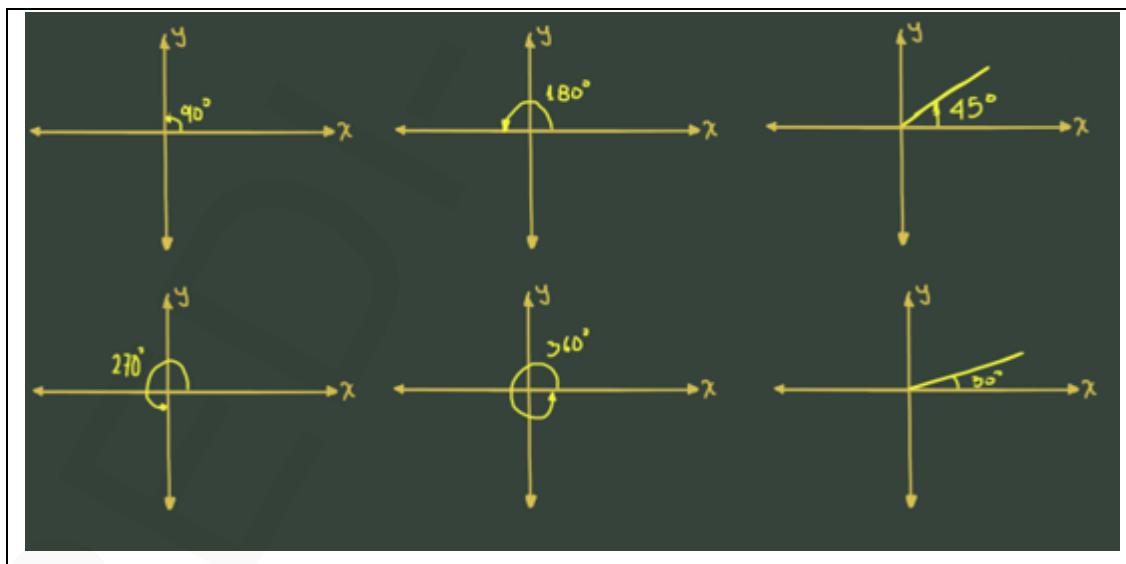
Fuente: Captura propia

Figura 23. Estudiantes miden longitudes en el aula

La actividad dejó gran satisfacción, debido a que las estudiantes reconocieron una magnitud física como la longitud y su importancia para determinar la distancia entre dos puntos. Además, las estudiantes evidenciaron la necesidad de medir la longitud en diferentes situaciones: la estatura de una persona, la altura de una puerta y la distancia entre dos ciudades por mencionar algunas. Durante la actividad se observó que las niñas participaron alegremente y disfrutaron del espacio de aprendizaje. Una observación fue que las niñas presentaron dificultades con las tablas de multiplicar a la hora de convertir unidades. Para dicha dificultad se realizaron actividades de refuerzo.

Actividad 2. Medición de ángulos

El objetivo de esta actividad fue que las estudiantes midieran ángulos en grados y que los convirtieran a radianes. Lo primero que se hizo fue explicar el concepto de ángulo. El ángulo como medida de rotación desde una línea recta a otra, se presentó con mediciones tanto en grados como en radianes. Luego, se construyó el marco de referencia para la medición de ángulos mostrando ángulos notables y posteriormente, se presentó el trasportador como instrumento para medir ángulos en grados.



Fuente: Captura propia

Figura 24. Algunos ángulos notables

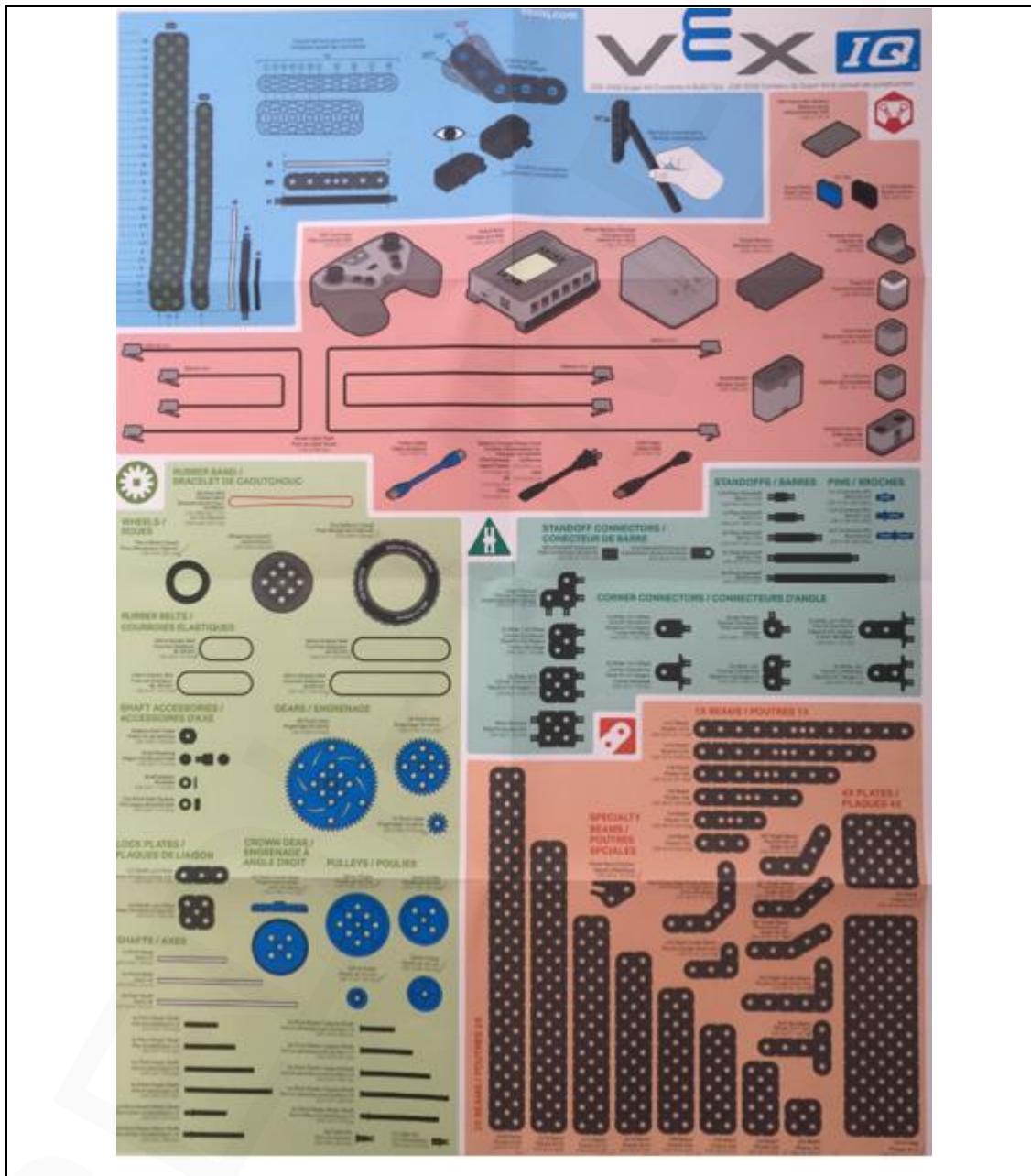
Se tomaron, como objetos para la medición, un cuaderno y la puerta. Las estudiantes midieron los ángulos de apertura en tres momentos diferentes e identificaron cuales eran los ángulos máximos de apertura que permitían. Para la puerta todas las niñas coincidieron en que el mayor ángulo fue 93° y para el cuaderno hubo diferencias en los resultados debido a la naturaleza de los cuadernos utilizados, hubo cuadernos con apertura máxima de 180° mientras que otros presentaron un ángulo máximo de apertura de 360° . Para terminar la actividad, una de las niñas del grupo realizaba las acciones que las demás le ordenaban respecto a un sentido de giro. Después de tomar una referencia, las estudiantes ordenaban sentidos de giro y ángulos de rotación a partir del punto de referencia, y entre todas corrigieron y asumieron de buena forma el concepto.

La actividad se realizó en una sesión de tres horas, las estudiantes alcanzaron con satisfacción el objetivo propuesto de la medición de ángulos con el transportador y se evidenció la comprensión del concepto. También identificaron de manera correcta el sentido de giro de acuerdo con una convención dada, y además relacionaron tanto el sentido de giro como el valor del ángulo. Respecto a las unidades para medir un ángulo, se observó que las estudiantes comprendieron muy bien la unidad de grados, pero se presentaron dificultades para comprender la otra unidad de medida explicada (el radian). Una dificultad que se observó al respecto es que las niñas no identificaban el número pi. Se hizo necesario reforzar el concepto de la unidad de medida de ángulo, radianes, y la conversión entre ellas. Después de terminadas las sesiones, se observó que las estudiantes identificaron las dos medidas para medir ángulos, rango de valores de un ángulo para una determinada situación. Relacionaron sentido de giro con magnitud del ángulo y representaron ángulos notables descritos en grados.

Actividad 3. Reconocimiento del kit robótico

Un aspecto fundamental era que todas las integrantes conocieran todas las partes del kit. Para ello, se trabajaron cuatro sesiones en donde las estudiantes interactuaron

con el kit, hasta familiarizarse con los nombres, las funciones y las características de las piezas del kit robótico. El propósito de esta actividad fue que las estudiantes identificaran todas las piezas del kit junto con sus funciones.



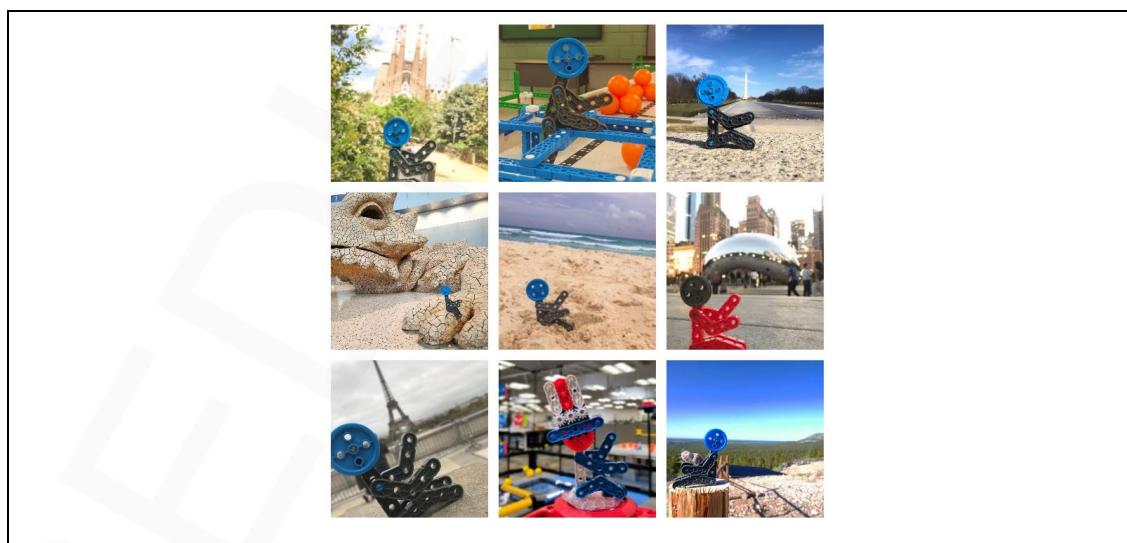
Fuente: Captura propia

Figura 25. Catálogo Kit VEX-IQ

Las estudiantes interactuaron con todas piezas a partir del kit. Con la ayuda del catálogo identificaron las piezas y describieron sus funciones. Además, las estudiantes realizaron mediciones tanto de longitud como de ángulos y corroboraron los atributos de algunas piezas de acuerdo con el catálogo. El propósito de la actividad fue cumplido a satisfacción debido a que las estudiantes organizaron en cuatro grandes grupos las piezas del kit: Sensores, actuadores, cerebro y piezas de ensamble. Además, las niñas acudieron a los manuales de usuario para la configuración, precauciones y condiciones de funcionamiento de todos los componentes del kit.

Actividad 4. Construcción de Sammy, la mascota de VEX-IQ

Sammy es una especie de figura humana que representa a VEX en todas partes del mundo. Sammy es una figura sencilla que se puede armar con unas 12 piezas del kit con algunas modificaciones a gusto del creador. Se acostumbra en fotografiar a Sammy en los lugares en donde VEX ha tenido alguna influencia. Sammy ha estado en lugares como la torre Eiffel, la nasa, las pirámides y en diversos lugares de los cinco continentes.



Fuente: Sitio web VEX-IQ

Figura 26. Mascota VEX-IQ

Sammy es la representación de hasta donde se puede llegar. Es el ícono de VEX-IQ y transmitió a las estudiantes todas las cosas que se pueden lograr con esfuerzo y dedicación. Además, se utilizó de excusa para mostrar a las niñas que absolutamente todas las piezas que se iban a armar con el kit no necesitaban herramientas y fue una primera oportunidad para que las niñas construyeran una figura con el kit, además de que pudieron diseñar a Sammy a su gusto, la observación que se resaltó fue la alegría y la facilidad con que las estudiantes armaron a Sammy, además de que todas las niñas se identificaron con Sammy de muy buena manera.

Actividad 5. Definición de robot, sus funciones y sus componentes.

El propósito de esta actividad era realizar un paralelo entre los robots y los seres humanos. Inicialmente, antes de definir el robot se explicó a las estudiantes el contenido relacionado con las tres leyes de la robótica formuladas por Isaac Asimov, según (Vásquez, 2017). Como primera ley los robots no deben realizar daño alguno en contra de los seres humanos. La segunda ley se refiere a que los robots deben acatar en todo momento las órdenes de las personas y, como tercera ley, el robot debe cuidar siempre su existencia, pero las leyes dos y tres no pueden ir en contra de la primera.

Se realizó un debate en cuanto a las tres leyes planteadas y se concluyó que la principal función de los robots es realizar tareas repetitivas, peligrosas y de trabajos pesados pero que en todo momento se debía preservar la vida de las personas. Se consideraron algunos ejemplos de las tareas realizadas por robots, y las estudiantes identificaron diferentes campos en donde ellos han impactado: militar, agropecuario, manufactura, comunicación, por mencionar algunos.

Un aspecto importante fue identificar que un robot es una máquina creada por el ser humano. Un robot tiene una función específica, generalmente para reemplazar tareas repetitivas y de un grado de dificultad alto para los seres humanos. Los robots deben tener: sensores, actuadores y un mecanismo que permita tomar decisiones en

determinadas circunstancias. En conjunto se definieron palabras como cerebro, sensor, actuador.

Las niñas asociaron los sentidos de las personas con los sensores del robot, el corazón con los actuadores, y el cerebro humano se identificó con el procesador, que es el que toma las decisiones de acuerdo con unas condiciones dadas.

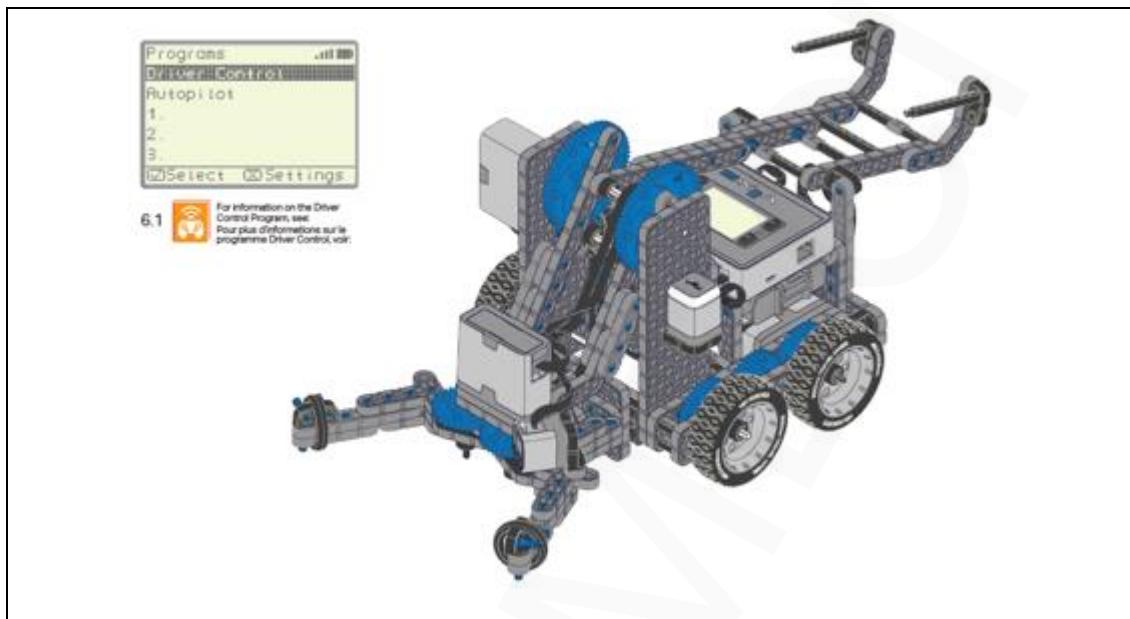
El trabajo de las estudiantes fue excelente, las niñas reconocieron el concepto de robot como creación del ser humano. Concluyeron que no siempre los robots tienen forma humana y que los robots se especializan en tareas específicas. Las estudiantes discriminaron las partes generales de un robot y las compararon de manera acertada con las correspondientes en los seres humanos. También describieron las funciones y operaciones que puede realizar un robot en campos como en la industria, el agro, las comunicaciones, entre otras. La actividad fue valorada mediante una autoevaluación y las niñas describieron su satisfacción frente a lo aprendido durante la actividad.

Actividad 6. Mi primer robot

Los objetivos para esta actividad fueron que las niñas escogieran un robot sencillo y que se familiarizaran con el ensamblaje del él. Además, que las estudiantes aprendieran la configuración de varios dispositivos y usaran por primera vez el control.

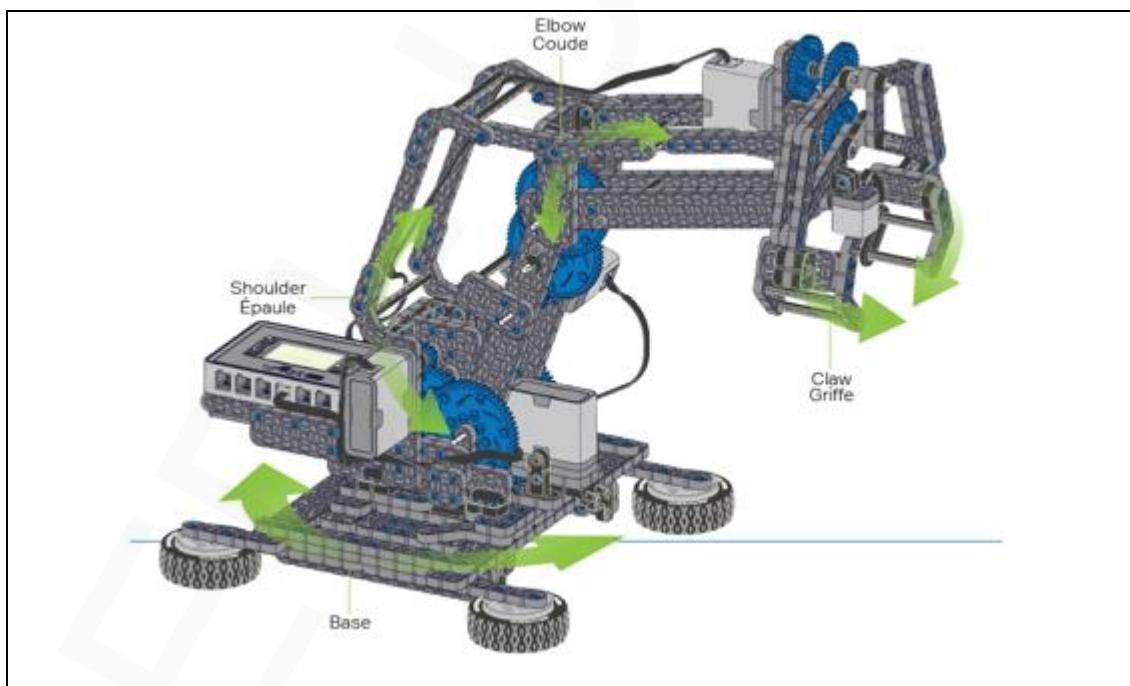
A las niñas se les ofrecieron dos tipos de robot para que escogieran el que más les gustara, y procedieran a armarlo: *el Clawbot IQ* y *el Armbot IQ*.

Estos tipos de robots eran los más populares y fáciles a la hora de ensamblar. El robot Clawbot contaba con cuatro ruedas, unas pinzas delanteras para agarrar objetos y diferentes sensores. El robot Armbot es un brazo mecánico que puede girar 360° y agarrar todo lo que esté a un alcance determinado. Los sensores fueron escogidos por los grupos de forma que los equipos de trabajo exploraron diferentes opciones de sensar el entorno. En la figura 27 se puede observar el robot *Clawbot*.



Fuente: Captura del manual *Build Instructions VEX-IQ*

Figura 27. Robot Clawbot



Fuente: Captura del manual *Build Instructions VEX-IQ*

Figura 28. Robot Clawbot

La evaluación de la actividad arrojó que las estudiantes armaron el robot seleccionado en menos tiempo del programado. Todos los grupos mostraron gran agilidad para ello y se observó que las niñas utilizaron de manera adecuada el manual.

La configuración del cerebro y del control requirió de explicaciones magistrales de parte del docente para con el grupo, pero una vez que las estudiantes afrontaron dicho reto, se cumplió con la tarea de controlar el robot a distancia. Las estudiantes se familiarizaron con las fichas modulares y con la configuración de todos los elementos configurables.

Se resaltó la agilidad de las niñas para manipular las fichas y encontrarlas, debido a su orden y a que mostraron ser meticulosas para armar todas las componentes. En resumen, las estudiantes cumplieron a cabalidad el objetivo propuesto por la actividad.

Actividad 7. Estructuras y estabilidad

Una condición necesaria a la hora de diseñar un robot es su estabilidad. Para esta actividad se planteó como objetivo fundamental el reconocimiento de estructuras que permitieran la mayor estabilidad posible en una estructura. Además, se plantearon propósitos secundarios en los cuales las estudiantes identificaran figuras geométricas planas que refuerzan la estabilidad de una estructura y reconocieran las diferentes fuerzas que pueden afectar una estructura.

Durante dos sesiones, se explicó a las niñas el contenido relacionado con los conceptos teóricos respecto a las estructuras. La fuerza de gravedad fue el centro de todas las discusiones. Además, se mostraron estructuras estáticas que se someten constantemente a diferentes fuerzas, el puente, las torres, los túneles entre otras.

En la explicación fue necesario trabajar figuras geométricas planas tales como el círculo, el cuadrado, el rectángulo y triángulo, y se orientó a las niñas hacia la escogencia de figuras que actuaran como mejor refuerzo para una cierta estructura.

Como reto, se planteó a las niñas la construcción de una base con unas dimensiones estipuladas. La base presentaba un movimiento oscilatorio que simulaba un temblor. El reto para cada grupo de trabajo era diseñar una torre que se pudiera colocar sobre la base y que, además de mantenerse el mayor tiempo posible sobre la base, fuese lo más alta posible. Para ello, las niñas pudieron utilizar todos los componentes del kit y debían presentar, al docente, un diseño con justificaciones antes de que procedieran con la construcción de la torre.



Fuente: Captura propia

Figura 29. Base y una primera etapa de una de la estructura diseñada

Las estudiantes determinaron la importancia de la estabilidad de la estructura y argumentaron posibles situaciones que podrían presentarse en caso de que la estructura fallara. Además, realizaron diagramas de cuerpo libre con todas las fuerzas que interactuaban, y en los que intervinieron diferentes fuerzas específicas según situaciones reales planteadas por el docente. Posteriormente, las estudiantes ejemplificaron estructuras a gran escala, en donde la estabilidad fue vital, e identificaron figuras planas que minimizaban y ayudaban a estabilizar la estructura.

Todos los equipos cumplieron a cabalidad el reto. Lo primero que hicieron fue diseñar la torre, para ello se observó mucha organización y de nuevo las niñas fueron metódicas y coherentes con las instrucciones brindadas, el diseño de cada torre fue propio de cada equipo, y en la medida que se realizaron pruebas de ensayo y error los diseños fueron mejorados. Solo un equipo logró que la torre perdurara por mayor tiempo encima de la base, pero se resaltó que todas las torres construidas se adaptaron a la base y fuera de ello, perduraron más de 15 segundos sobre la base oscilante.

Actividad 8. Comprensión de la relación entre el diámetro de una rueda del robot y la distancia recorrida por ella

Una situación común en robótica es determinar cuántas vueltas debe dar una llanta del robot para recorrer una distancia determinada. Fue por ello que en esta actividad se conceptualizó la importancia de encontrar la relación entre el diámetro de la rueda y la distancia recorrida por ella.

La actividad comenzó con una explicación y apoyo en una guía de trabajo. Para comenzar se definió el diámetro de una circunferencia. Así mismo se relacionó el diámetro con el radio de la circunferencia. Y para terminar la explicación, se brindó el concepto de perímetro de la circunferencia. Luego se realizaron las siguientes experiencias:

- a. Con la ayuda del manual, las estudiantes escribieron las especificaciones de la llanta. Para ello, las niñas identificaron el diámetro total de la llanta y calcularon su radio. A continuación, las estudiantes midieron el perímetro de la llanta con la ayuda de una cinta métrica. De manera teórica, las niñas calcularon el perímetro de la llanta en función de su radio. Para finalizar, las niñas compararon el valor teórico con el valor práctico.



Fuente: Captura propia manual VEX-IQ

Figura 30. Especificaciones de la llanta

- b. Las niñas midieron una distancia arbitraria definida por ellas, determinaron, con un hilo, la longitud del perímetro y verificaron cuantas veces se encontraba el hilo en la distancia previamente definida. Para facilitar al trabajo se les sugirió la tabla 32. Las estudiantes realizaron varias veces la experiencia, y en la tabla consolidaron los valores promedios.

Tabla 32. Tabla de ayuda para encontrar la relación entre el perímetro y N° de vueltas

Perímetro	Longitud	N° de vueltas
-----------	----------	---------------

Fuente: Elaboración propia

- c. A partir de la siguiente la relación, las estudiantes realizaron tres experiencias distintas en las cuales modificaron la distancia recorrida por la llanta (L).:

$$N = \frac{L}{2\pi r}$$

N: Número de vueltas que dio la llanta.

L: Distancia recorrida por la llanta.

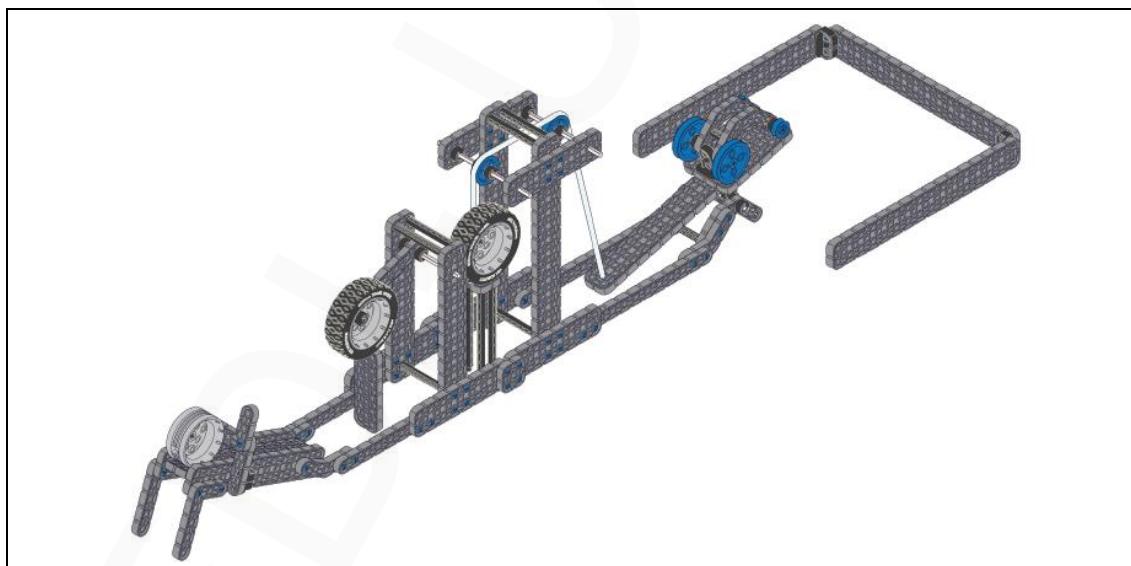
r: Radio de la llanta.

La evaluación de la actividad fue muy satisfactoria, y, aunque se realizó en varias sesiones se observó lo siguiente: las estudiantes identificaron el diámetro, el radio y el

perímetro de una circunferencia; leyeron las magnitudes del catálogo y corroboraron dichas magnitudes mediante la medición con la cinta métrica; predijeron, mediante cálculos, el número de vueltas que debía dar una llanta para recorrer una distancia determinada. El desempeño de las niñas fue muy satisfactorio.

Actividad 9. Efecto en cadena por acción de la gravedad

La actividad tenía como propósito que las estudiantes evidenciaran el principio de conservación de la energía a partir de un sistema de reacción en cadena. Lo primero que se hizo fue explicar las posibles aplicaciones del sistema de reacción en cadena en la robótica, con la implicación de los principios físicos de un péndulo y la ley de gravedad, además se explicaron las diferentes formas de energía, para ello se utilizaron dos sesiones. Se destinó una sesión para construir el sistema de reacción en cadena y se siguieron, paso a paso, las indicaciones, tal como se muestra en la figura 31.



Fuente: Captura manual VEX-IQ

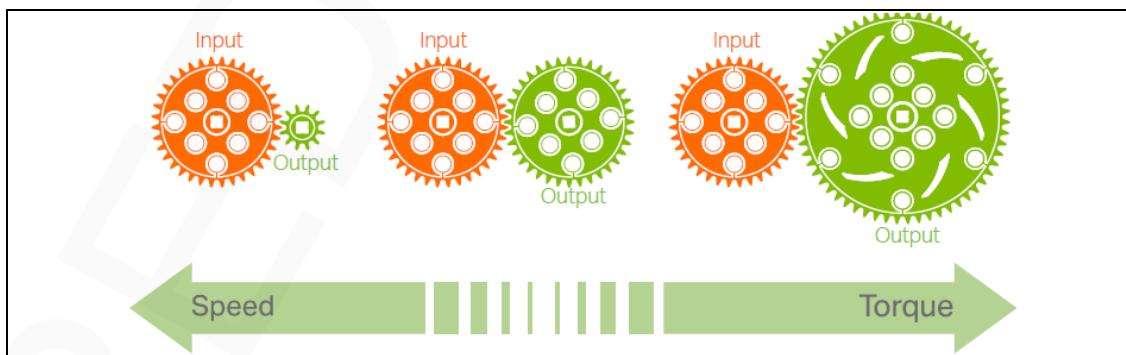
Figura 31. Sistema de reacción en cadena

Después de construido el sistema de reacción en cadena, las estudiantes describieron, en diferentes puntos de la estructura, la energía que se presentaba en forma de energía potencial debido a la altura del cuerpo. Además, provocaron la caída

de un cuerpo, y describieron todos los cambios de energía de acuerdo con el cambio de altura y de velocidad. Por último, incorporaron mejoras al sistema propuesto. Las estudiantes asociaron los conocimientos teóricos a la experiencia, y argumentaron la relación de la energía potencial con la variable altura, y la relación de la energía cinética con la variable velocidad. Todos los grupos documentaron la experiencia en el cuaderno de ingeniería. Se observó de nuevo la facilidad de las niñas para construir sistemas con la ayuda de un manual de usuario y de adaptarse a situaciones que fueron impuestas en el transcurso de la actividad.

Actividad 10. Conceptos mecánicos claves

El propósito principal de esta actividad era que las estudiantes comprendieran y aplicaran algunos principios básicos para el diseño mecánico. La actividad comenzó con la puesta en común de situaciones cotidianas donde se involucran variables físicas como la gravedad, la fuerza de fricción, el torque y el centro de masa de un cuerpo. Para ello se trabajó, en las primeras dos sesiones, la discusión en torno a conceptos, terminología, ejemplos reales y posibles aplicaciones en la robótica. En la tercera sesión se realizó una evaluación con un ejercicio de relación entre los conceptos ya trabajados, y posteriormente los equipos de trabajo verificaron la relación velocidad–torque con la ayuda de una construcción en la que utilizaron sistemas de engranajes y tuvieron en cuenta las relaciones mostradas en la figura 32.



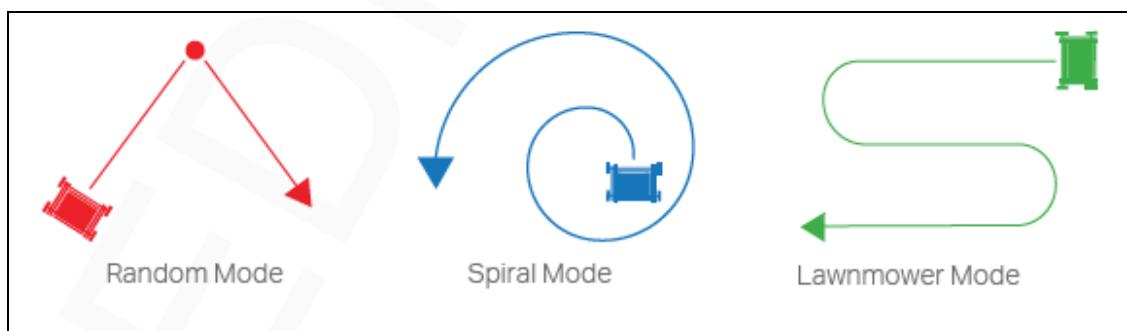
Fuente: Captura manual VEX-IQ

Figura 32. Relación sistemas de engranaje con la velocidad y el torque

En la actividad se observó que las estudiantes relacionaron los conceptos con el funcionamiento de diferentes sistemas mecánicos. Además, diseñaron mecanismos de engranajes sencillos de acuerdo con un objetivo deseado, para aumentar o disminuir velocidad o torque. Todas las estudiantes verificaron la relación entre el diámetro de una rueda dentada con el número de dientes de esta. La actividad dejó una gran satisfacción en cuanto al cumplimiento de los objetivos propuestos y a la actitud de las niñas respecto a todas las actividades.

Actividad 11. Diseño de máquinas inteligentes

El objetivo principal de esta propuesta era que las estudiantes se familiarizan con la configuración, el uso y funcionalidad de los elementos programables de un robot. En las cuatro primeras sesiones se explicaron los conceptos fundamentales de los diferentes sensores y el controlador que ofrecía el kit. Se enfatizó en la configuración de cada uno de ellos, tanto por *hardware* como por *software*. En la siguientes cinco sesiones se explicaron las posibles aplicaciones para cada sensor, se implementaron cada de estas aplicaciones en montajes prediseñados por los equipos de trabajo, y se simuló, a su vez, en el computador su funcionamiento. Por último, se propusieron tres ejercicios donde las estudiantes debían construir y programar los robots para seguir trayectorias similares a las mostradas a la figura 33.



Fuente: Captura del manual VEX-IQ

Figura 33. Recorridos propuestos para los equipos de trabajo como reto a cumplir

En la actividad se observó que las niñas comprendieron los principios básicos de funcionamiento de los sensores junto con sus posibles aplicaciones. Las niñas configuraron y programaron los componentes del robot para una determinada tarea. Además, de acuerdo con un reto planteado, las estudiantes realizaron discusiones respecto a las posibles soluciones, por último, escogieron el mejor diseño y la mejor programación para cumplir la tarea. Las niñas documentaron todos los procedimientos en el diario de ingeniería. Las niñas trabajaron mancomunadamente, y el avance obtenido respecto a su desempeño fue sobresaliente. En ningún momento las estudiantes manifestaron desinterés o aburrimiento frente a las actividades, por el contrario, su actitud siempre fue muy buena.

Actividad 12. Diseño, construcción y programación de robot para participar en competencia nacional

En esta actividad se pretendía diseñar, construir y programar un robot que cumpliera con la tarea propuesta en el VEX-IQ 2019. Lo primero fue explicar la tarea que debía cumplir el robot. El robot se movería sobre una pista.

A partir del conocimiento de las medidas de la pista, el robot tenía que recoger cubos de diferentes colores y llevarlos a los espacios del mismo color en la pista, además simultáneamente el robot debía acumular el mayor número de pelotas distribuidas a lo largo de la pista dentro de los cubos. Así mismo, el robot no podía sobrepasar las medidas propuestas por la organización de la competencia.

Las niñas caracterizaron todos los elementos y aspectos de la prueba. Midieron ancho y alto de la pista, el diámetro de las pelotas, los lados de los cubos, además de las cualidades del material de cada uno de ellos. Las siguientes ocho sesiones, las estudiantes diseñaron y construyeron un robot por equipo que cumpliera la tarea propuesta. La figura 30 muestra los grupos con su respectivo robot, y algunos momentos de trabajo en la ruta para el cumplimiento del reto.

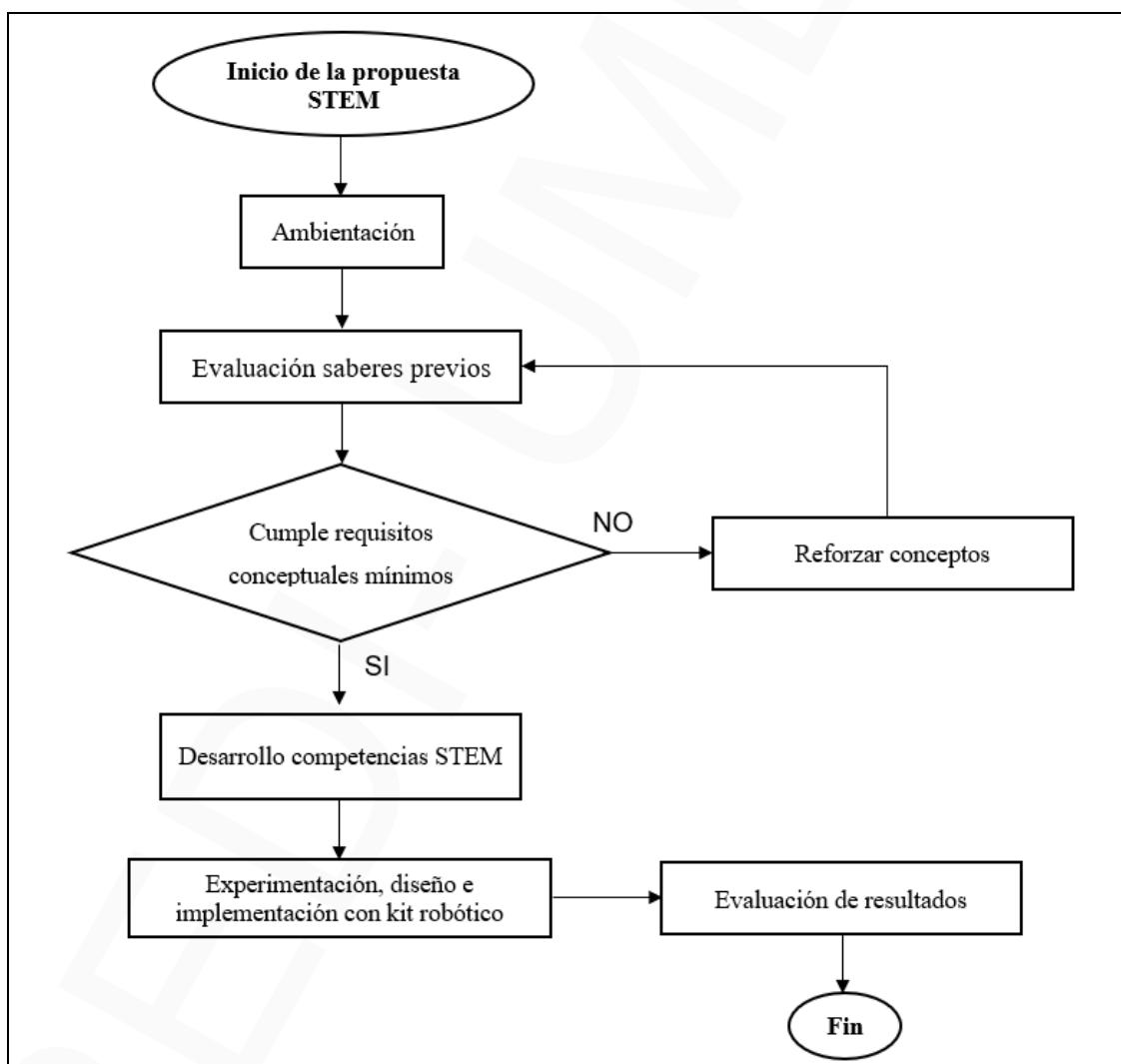


Fuente: Captura propia

Figura 34. Construcción y presentación del robot de cada equipo de trabajo

Para evaluar la actividad respecto a los logros alcanzados, los equipos de trabajo reconocieron todas las características de los objetos involucrados en el reto. A medida que las estudiantes enfrentaron obstáculos nuevos, plantearon soluciones loables, desde la discusión de la forma y el diseño del robot hasta los códigos necesarios para la programación. Los equipos de trabajo diseñaron robots que cumplieron con las tareas

necesarias para realizar el reto de manera rápida y efectiva, bajo las limitantes que ofrecen variables como la gravedad, la estabilidad, la fuerza de fricción y la velocidad, entre otras. Las niñas lograron generar un código acertado para que el robot cumpliera con todas las tareas necesarias y pudieron documentar el trabajo, de manera sistemática y metódica, en el diario de ingeniería. Además, resaltó el trabajo en equipo y el espíritu sano para la competencia. La figura 35 muestra un diagrama sugerido para la implementación de la propuesta.



Fuente: Elaboración propia

Figura 35. Diagrama de flujo como sugerencia para la implementación de la propuesta

4.2.4. Descripción del rendimiento en matemáticas y ciencias naturales en 8° y 9° grado, después de la aplicación del programa

Para este análisis se discriminó por grado de escolaridad de las estudiantes, sin tener en cuenta si la estudiante pertenecía o no al grupo control o al grupo experimental. Para realizar esta caracterización se tuvieron en cuenta las calificaciones de las estudiantes de grado 9°, en las áreas de matemáticas y ciencias naturales durante los años 2019 y 2020. Para las estudiantes de grado 8° se tuvieron en cuenta solo las calificaciones del año 2020.

Además, es conveniente aclarar que las calificaciones del año 2019 fueron las definitivas para el año, mientras que las calificaciones del 2020 son las calificaciones parciales del primer periodo.

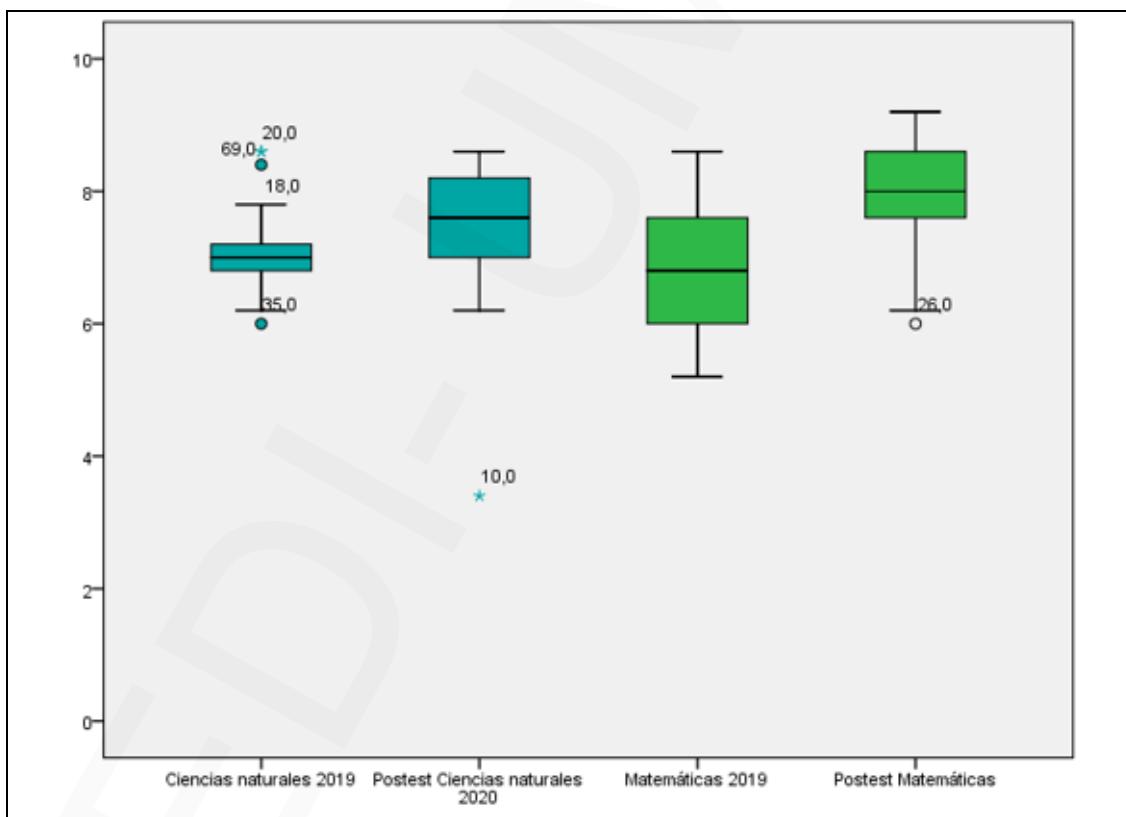
Para iniciar el análisis con **grado 9°** se calcularon el valor máximo, el valor mínimo, las medianas y los cuartiles para los datos del postest en cada año en las áreas de ciencias naturales y matemáticas, con un total de estudiantes de 33, lo cual se muestra a continuación en la tabla 33.

Tabla 33. Medianas de rendimiento en el postest de ciencias naturales y matemáticas de grado 9°

		Ciencias	Postest	Ciencias	Matemáticas	Postest
		naturales 2019	2020	2019	Matemáticas 2020	
N	Válido	33	33	33	33	
	Perdidos	0	0	0	0	
Mediana		7,0	7,6	6,8	8,0	
Mínimo		6,0	3,4	5,2	6,0	
Máximo		8,6	8,6	8,6	9,2	
Percentiles	25	6,8	7,0	6,0	7,6	
	50	7,0	7,6	6,8	8,0	
	75	7,3	8,2	7,7	8,6	

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos

La tabla 33 muestra que las medianas en **matemáticas**, para grado 9°, fueron de 6,8 puntos en 2019 y de 8,0 puntos en 2020, sobre una escala de 0 a 10. Se observa que la mediana de 2020 parece ser mayor que la de 2019, pues en el año 2019, la mediana en matemáticas se ubicó en un desempeño Básico mientras que para el 2020 se ubicó en un desempeño Alto. Para **ciencias naturales** se observan unas medianas de 7,0 puntos en 2019 y 7,6 puntos en 2020, sobre una escala de 0 a 10. Se puede observar que la mediana de 2020 parece ser mayor que la del 2019, aunque en ambas áreas, la mediana se ubica en un desempeño Básico. En la figura 36 se muestran los diagramas de caja y bigotes para el rendimiento en ciencias naturales y matemáticas, de las estudiantes de grado 9° que pertenecen a la muestra, durante los años 2019 y 2020.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos

Figura 36. Medianas de rendimiento en el postest de ciencias naturales y matemáticas de grado 9°

En la figura 36 se observa que, en **ciencias naturales**, las medianas se ubicaron en desempeño Básico, y al parecer hubo una mejoría respecto a las medianas del 2019 al 2020. Además, los datos en el año 2019 son más homogéneos que en el 2020, pero se debe resaltar un posible mejoramiento del rendimiento en ciencias naturales para el 2020, respecto al año anterior.

De otro lado, los valores máximos para los dos años fueron de 8,6 puntos lo cual, según el cuadro 5, ubica a este puntaje en la categoría de desempeño Alto.

En los dos años se presentaron casos atípicos. Para el 2019 se observan cuatro casos atípicos. El caso 25 se encuentra muy por debajo del grupo y corresponde a una estudiante que tiene a su padre en la cárcel desde mediados del año 2019. La estudiante fue acogida por el programa Unidad Atención Inmediata (UAI) de la Secretaría de Educación de Medellín vinculada a la institución, porque se ha visto afectada en varios aspectos de su vida por este episodio. Para los datos atípicos, que se encuentran por encima de su grupo se resalta que han sido estudiantes distinguidas en todo su proceso de aprendizaje debido al excelente acompañamiento que se les hace desde el hogar. Para el 2020, se presentó un caso atípico que se encuentra por debajo del grupo. Dicha estudiante desertó antes de finalizar el ciclo.

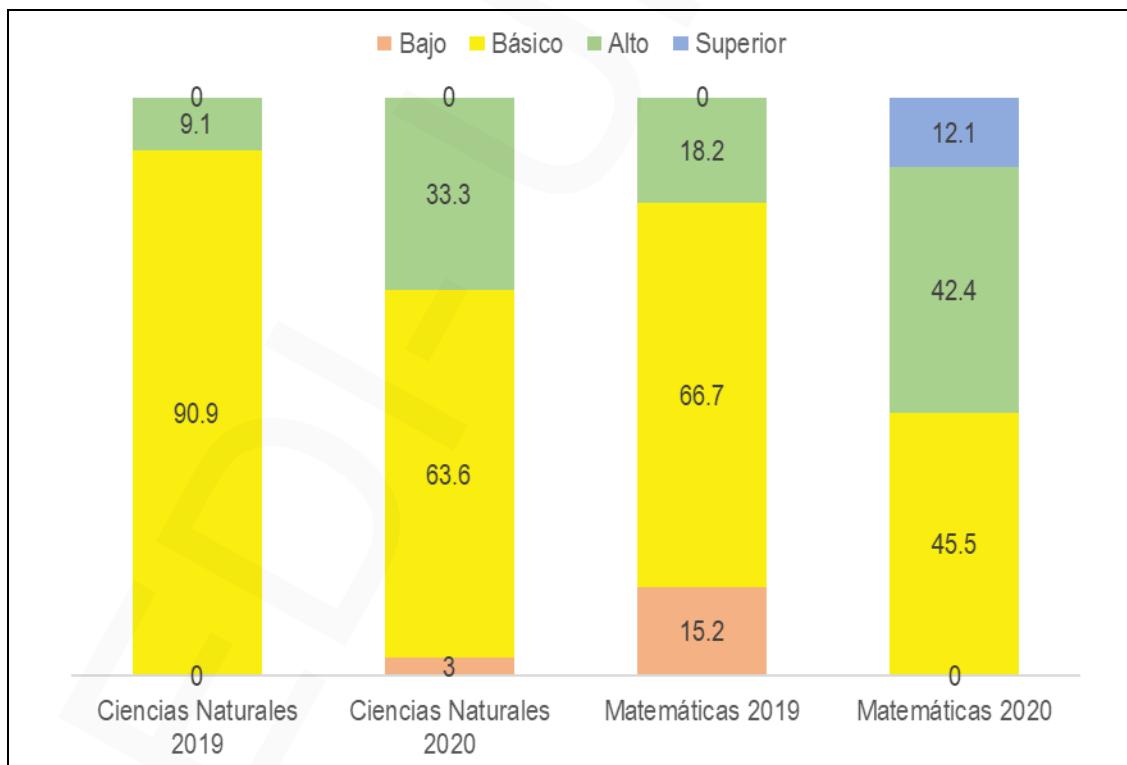
Para **matemáticas** parece que hay una tendencia a la mejora del año 2019 al 2020. Además, se resalta el hecho de que entre el 2019 y 2020 las medianas pasaron de un desempeño Básico a un desempeño Alto. Para el año 2020, el 50% de las calificaciones de los estudiantes se encuentra por encima de 8,0, lo que implica que dicho porcentaje de estudiantes presenta un rendimiento que se encuentra en la categoría Alta o Superior. Con lo anterior se observa mejoraría en el rendimiento en matemáticas del 2019 al 2020, y las calificaciones para el 2020 son más homogéneas que las correspondientes al 2019. Por último, en el 2020 se observó un caso atípico por debajo del grupo: el caso 26, dicha estudiante ha presentado situaciones de autolesiones y se encuentra en acompañamiento psicológico.

Es importante representar el porcentaje de estudiantes que se encuentra en cada nivel de desempeño debido a que así se puede evidenciar mejor la distribución de las calificaciones por categoría. La información se presenta tanto en la tabla 34 como en la figura 37.

Tabla 34. Porcentaje de estudiantes por categoría de desempeño en el postest de matemática y ciencias naturales, para grado 9°

	Ciencias 2019	Ciencias 2020	Matemáticas 2019	Matemáticas 2020
Bajo	0,0	3,0	15,2	0,0
Básico	90,9	63,6	66,7	45,5
Alto	9,1	33,3	18,2	42,4
Superior	0,0	0,0	0,0	12,1

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos

Figura 37. Porcentaje de estudiantes por categoría de desempeño en el postest de matemática y ciencias naturales, para grado 9°

Para **ciencias naturales**, en el año 2019 no se presentaron estudiantes en nivel de desempeño bajo -calificaciones por debajo de 6,0-. El 90,9% de las estudiantes se ubicó en desempeño Básico, 9,1% en desempeño Alto, y ninguna estudiante en desempeño Superior. Para el 2020, apareció una pequeña franja, equivalente al 3% en el desempeño bajo, 63,6% en Básico, 33% en Alto y ninguna estudiante en desempeño Superior. En comparación, para el año 2020 hubo una disminución del porcentaje en las estudiantes que se ubicaron en desempeño Básico respecto al 2019, y, en este caso, se puede afirmar que se presentó una mejoría respecto al rendimiento, debido a que el nivel del desempeño Alto aumentó del 9,1% en 2019 a un 33% en el año 2020.

Para **matemática**, en el 2019 se presentó una distribución de los porcentajes en las categorías de la siguiente forma: 15,2% en desempeño Bajo, 66,7% en Básico, 18,2% en alto y ninguna estudiante en desempeño Superior. Para el año 2020, porcentajes de 45,5%, 42,4% y 12,1% en los desempeños Básico, Alto y Superior respectivamente. Un hecho a resaltar es que no se encontraron estudiantes en desempeño Bajo mientras que apareció una franja con un porcentaje importante en desempeño Superior.

En matemáticas, del año 2019 al 2020, se observa una disminución a cero del desempeño Bajo, a la vez que que un mejoramiento a Superior que puede ser desde cualquier categoría de desempeño. Además, la disminución de la franja de amarilla implica un paso a Alto o Superior debido a que no aparecen calificaciones en el desempeño Bajo. Al parecer en ambas áreas, hay un mejoramiento de las calificaciones respecto al nivel de desempeño.

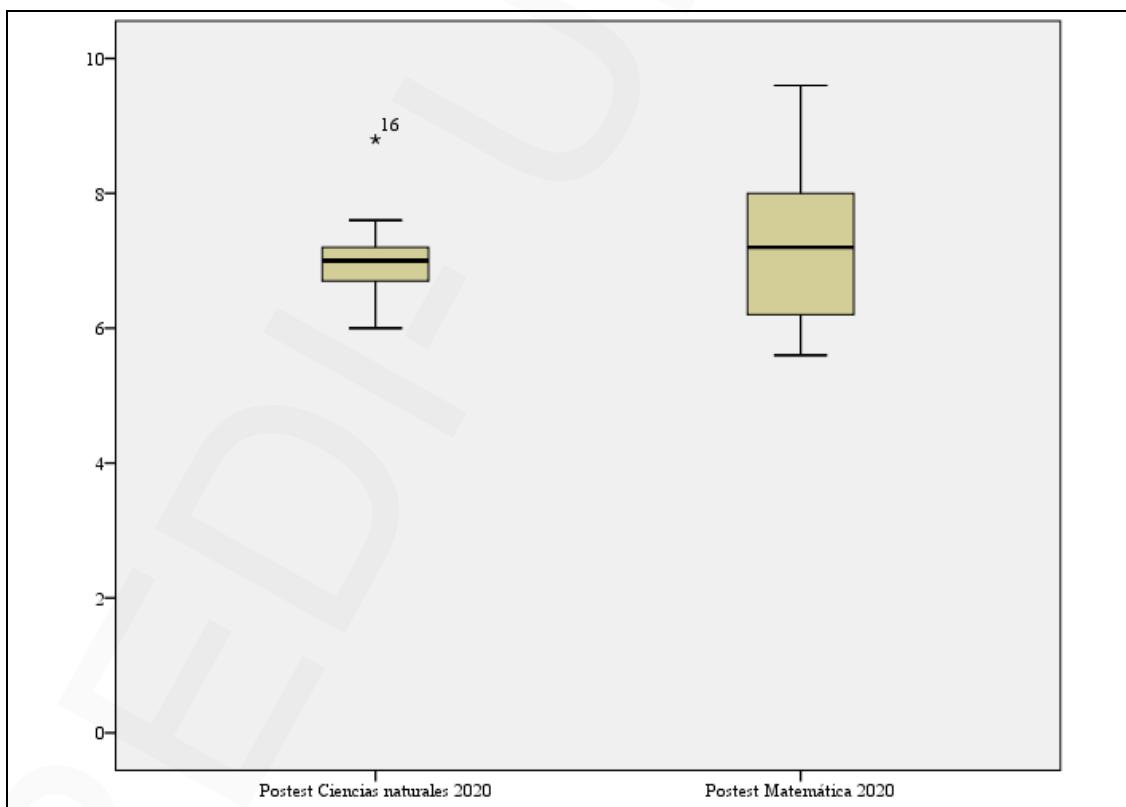
Para iniciar el análisis con **grado 8°** se calcularon el valor máximo, el valor mínimo, las medianas y los cuartiles, para los datos del post test para el año 2020 en las áreas de ciencias naturales y matemáticas con un total de estudiantes de 39. Para observar cómo se distribuyeron las calificaciones en las diferentes categorías se muestran la tabla 35 y la figura 38, a continuación.

Tabla 35. Medianas de rendimiento en el postest de ciencias naturales y matemáticas de grado 8°

	Postest Ciencias naturales 2020	Postest Matemáticas 2020
N	Válido	39
	Perdidos	0
Mediana		7,000
Mínimo		6,0
Máximo		8,8
Percentiles	25	6,600
	50	7,000
	75	7,200

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos

La tabla 35 muestra que la mediana en **matemática**, para grado 8°, fue de 7 puntos en 2020, sobre una escala de 0 a 10. Para **ciencias naturales** la mediana fue de 7,2 puntos. El grupo de 8° grado tuvo un desempeño relativamente similar en ambas áreas en los resultados del postest, ya que la mediana se ubica la categoría Básico.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos

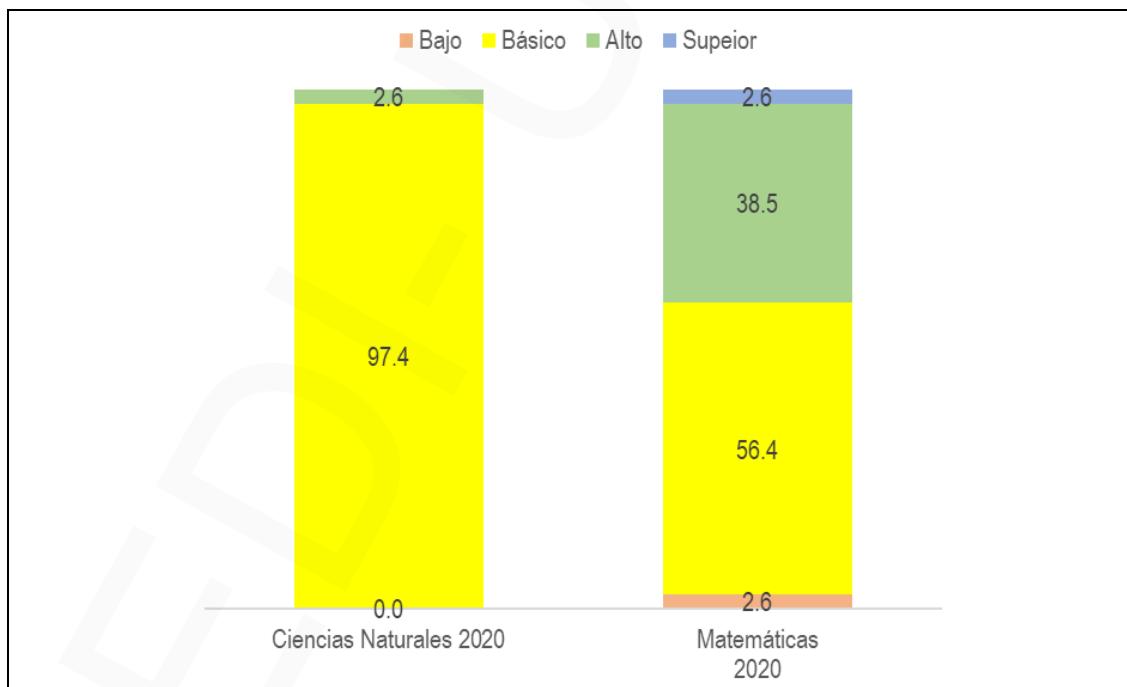
Figura 38. Medianas de rendimiento en el postest de ciencias naturales y matemática de grado 8°

En la figura 38 se muestran los diagramas de caja y bigotes para el rendimiento de las estudiantes de grado 8° en ciencias naturales y matemáticas, durante el año 2020. En la figura 38 hay un caso atípico –el caso 16-, que obtuvo un puntaje de ciencias naturales muy superior al resto de su grupo. Ahora bien, es necesario revisar el porcentaje de estudiantes en cada nivel de desempeño, para evidenciar mejor la distribución de los casos por categoría. Esto se muestra en la tabla 36 y en la figura 39.

Tabla 36. Porcentaje estudiantes de 8° grado en cada categoría de desempeño en matemática y ciencias naturales

	Ciencias Naturales 2020	Matemática 2020
Bajo	0,0	2,6
Básico	97,4	56,4
Alto	2,6	38,5
Superior	0,0	2,6

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos

Figura 39. Porcentaje de estudiantes de 8° grado en cada categoría de desempeño en matemática y ciencias naturales

Para **ciencias naturales**, es notable la predominancia de la categoría Básico con un 97,4% y un 2,6% en Alto, mientras que se obtuvo un 0% en las categorías Bajo y Superior. Para **matemáticas** se encontró una mejor distribución. Un 2,6% de las estudiantes obtuvo rendimiento Bajo, el 56,4% en Básico, el 38,5% Alto y un 2,6% en Superior.

Al comparar los rendimientos académicos de los dos grados en el año 2020, aparece un indicio de que las estudiantes de grado 9° presentan mejor rendimiento en ambas áreas. Para ciencias naturales, en grado 9°, se obtuvo que el 33% se encuentra en rendimiento Alto en comparación con un 2,6% del grado 8°. Para matemáticas, el 54,5% de las estudiantes de grado 9° se encuentra en nivel Alto o Superior, mientras que para el grado 8° este porcentaje es del 41,1%. Además, el porcentaje de estudiantes que no aprueba matemáticas para grado 8 es del 2,6% contra un 0% del grado 9°.

4.2.5. Contrastación del rendimiento académico en matemáticas y ciencias naturales del grupo control, antes y después de la propuesta

Este análisis corresponde al estadio evaluativo. Se pretende evaluar la efectividad del programa a partir de los cambios ocurridos en las calificaciones de ciencias naturales y matemáticas, antes y después de la intervención, y se esperaba que para el grupo control no se encontrarían cambios significativos. Para la contrastación, se tomaron los resultados de las niñas agrupados por grado, 8° y 9°, debido a que las de grado 9° permanecieron en el programa de 18 meses, mientras que las de 8° tuvieron una permanencia de 6 meses. Para este objetivo específico se analizaron solo las estudiantes del grupo control.

Para el grupo control, lo esperado era que no existieran cambios significativos entre los puntajes del pretest y el postest en de matemáticas y ciencias naturales, debido a que este grupo no participó en la intervención. Para determinar si hubo cambios en el rendimiento académico en las áreas de matemáticas y ciencias naturales en las

estudiantes del grupo control, se trabajó de la siguiente forma: para las estudiantes de grado 9° se tomaron las calificaciones del año 2018 como pretest y de los años 2019 y 2020 como postest. Para las estudiantes de grado 8° se tuvieron las calificaciones del año 2018 como pretest y las calificaciones del 2020 como postest. Además, es conveniente aclarar que las calificaciones para los años 2018 y 2019 son las calificaciones definitivas para el grado, mientras que las calificaciones del 2020 son las calificaciones parciales del primer periodo del grado.

Para iniciar la evaluación del grupo control del **grado 9**, se calcularon el puntaje máximo y mínimo, las medianas y los cuartiles, tanto para pretest como para postest de cada año en Ciencias Naturales y Matemáticas con un total de 19 estudiantes, lo cual se muestra a continuación en la tabla 37.

Tabla 37. Medianas del pretest y el postest del grupo control de 9° grado en matemáticas y ciencias naturales

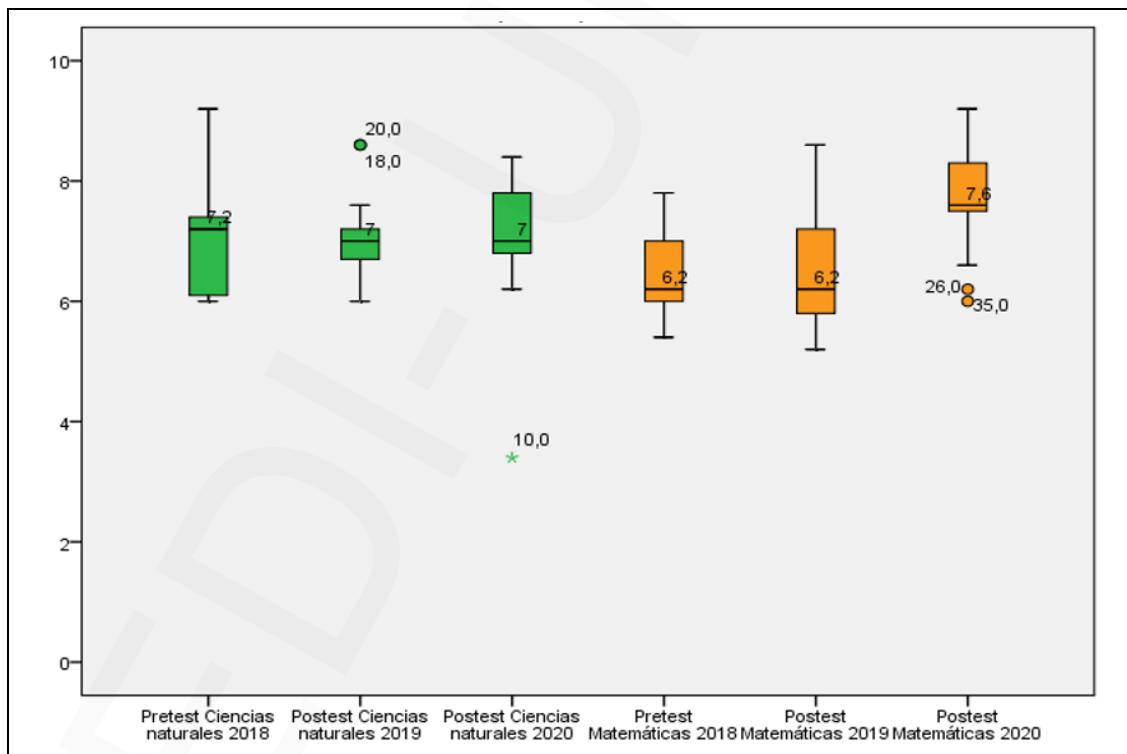
	Matemáticas			Ciencias Naturales		
	Pretest 2018	Postest 2019	Postest 2020	Pretest 2018	Postest 2019	Postest 2020
Mediana	6,2	6,2	7,6	7,2	7,0	7,0
Mínimo	5,4	5,2	6,0	6,0	6,0	3,4
Máximo	7,8	8,6	9,2	9,2	8,6	8,4
25	6,0	5,6	7,4	6,0	6,6	6,8
Percentiles 50	6,2	6,2	7,6	7,2	7,0	7,0
75	7,0	7,2	8,4	7,4	7,2	7,8

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos

La tabla 37 muestra que la mediana del grupo control de grado 9°, en **matemáticas**, fue de 6,2 para el pretest; y según el cuadro de interpretación N°5, se ubica en la categoría Básico, lo que significa que las estudiantes cumplieron con las competencias mínimas de aprendizaje en el área, y lo más probable es que algunas de ellas hayan presentado plan de recuperación. En el postest del grupo control se obtuvo una mediana de 6,2 para el 2019, y para 2020 la mediana fue de 7,6. las calificaciones se encuentran en una escala de 0 a 10 puntos. Aunque en el postest de 2019 la mediana

se mantuvo igual a la del pretest (año 2018), en el postest del año 2020 la mediana obtuvo un valor mayor. Sin embargo, la mediana de matemáticas en los tres años se ubicó en la categoría básico, según la tabla 5. En **ciencias naturales** se observa que el valor de la mediana fue de 7,2 para el pretest, mientras que para el postest se obtuvo una mediana de 7,0 para los años 2019 y 2020. La escala de calificación fue de 0,0 a 10,0 puntos. Según la tabla 5, tanto para el pretest como para el postest, la mediana se ubicó en la categoría Básico, con lo cual, se evidencia que las estudiantes del grupo control de 9º grado cumplieron apenas con lo mínimo esperado en el área.

La figura 40 muestra los respectivos diagramas de caja y bigotes para el rendimiento en matemáticas y ciencias naturales, de las estudiantes del grupo control de grado 9º en 2018, 2019 y 2020.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos

Figura 40. Medianas de rendimiento en el pretest y el postest de matemáticas y ciencias naturales para el grupo control de grado 9º

En la figura 40 se observa que, en **ciencias naturales**, las medianas se ubicaron en desempeño Básico y, al parecer, hay una desmejora del pretest al postest respecto a las medianas. Además, los datos son más homogéneos en el postest, y parece ser que el rendimiento académico en ciencias no presentó cambios significativos.

En el área de ciencias naturales, en el 2019 hay dos casos atípicos de estudiantes que se encuentran por encima del grupo en cuanto al rendimiento académico en el área. Ambas estudiantes se ubicaron en el nivel de desempeño superior, y se han caracterizado por su responsabilidad, un constante acompañamiento familiar y excelentes capacidades. En el año 2020 se presentó un caso atípico por debajo del desempeño del grupo: el caso 10, una estudiante que presentó deserción escolar después de tener un alto grado de inasistencia durante el transcurso del año escolar.

Para **matemáticas** se observa que la mediana para el pretest es igual a la mediana de la primera parte del postest y ambas se ubican en la categoría Básico de acuerdo con la tabla 5. En la parte final del postest se observa una tendencia a la mejora, sobre todo en el último año. Además, se resalta el hecho de que entre el 2019 y 2020 las medianas mejoraron, pero se mantuvieron en un desempeño Básico. Para el año 2020, existe un 25% de las estudiantes que se encuentran por encima del desempeño Alto. Una posible explicación, es la continuidad que tuvo la profesora que trabajó con las estudiantes, tanto en grado 8° como en grado 9°, con lo cual se podría evidenciar un proceso de enseñanza adecuado de la docente.

En el 2020 se presentaron dos casos atípicos en el área de matemáticas que se encontraban por debajo del rendimiento de las demás estudiantes pertenecientes al grupo control. El caso número 35 se mencionó con anterioridad, y corresponde a la estudiante que tiene acompañamiento psicológico de parte del colegio debido a que se vio afectada por la condena que se encuentra pagando su padre en la cárcel; esto pudo ocasionar el deterioro de su rendimiento académico. La otra estudiante, el caso 26, es una estudiante que ha repetido varias veces, y presenta mucha desidia frente al estudio;

a esta estudiante se le han brindado todos los acompañamientos disponibles en la institución, pero no se ha visto mejoría de su parte.

A fin de corroborar si hubo diferencias significativas entre el desempeño tanto en matemáticas como en ciencias naturales para el grupo control de 9° grado, antes y el después de la aplicación del programa, se utilizó la prueba de Friedman (tabla 38).

Tabla 38. Prueba de Friedman: Comparación antes y después del grupo control de grado 9° en ciencias naturales y matemáticas

Grupo control Grado 9° Matemáticas		Grupo control Grado 9° Ciencias naturales	
Rangos	Rango promedio	Rangos	Rango promedio
Pretest Matemáticas 2018	1,63	Pretest Ciencias naturales 2018	1,89
Pretest Matemáticas 2019	1,74	Postest Ciencias naturales 2019	1,95
Postest Matemáticas 2020	2,63	Postest Ciencias naturales 2020	2,16

Prueba de Friedman Matemáticas		Prueba de Friedman Ciencias Naturales	
Chi-cuadrado	12111	Chi-cuadrado	0,862
gl	2	gl	2
Sig. asintótica	0,002	Sig. asintótica	0,65

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos

La prueba de Friedman compara las calificaciones durante los tres años y se concluye que para ciencias naturales no hubo cambios significativos, mientras que para matemáticas si ocurrieron cambios significativos en el rendimiento académico de las estudiantes del grupo control de grado 9° y, a pesar de que no se realizó ningún tipo de intervención con el grupo, se presentó una mejora.

Para el análisis de las estudiantes del grupo control del **grado 8°**, se calcularon los puntajes máximos, mínimas, medianas y cuartiles, y se utilizaron las calificaciones de Ciencias Naturales y Matemáticas del año 2018 como pretest, y las del 2020 como postest, con un total de 24 estudiantes, lo cual se muestra en la tabla 39.

Tabla 39. Medianas del pretest y el postest del grupo control de 8° grado, en ciencias naturales y matemáticas

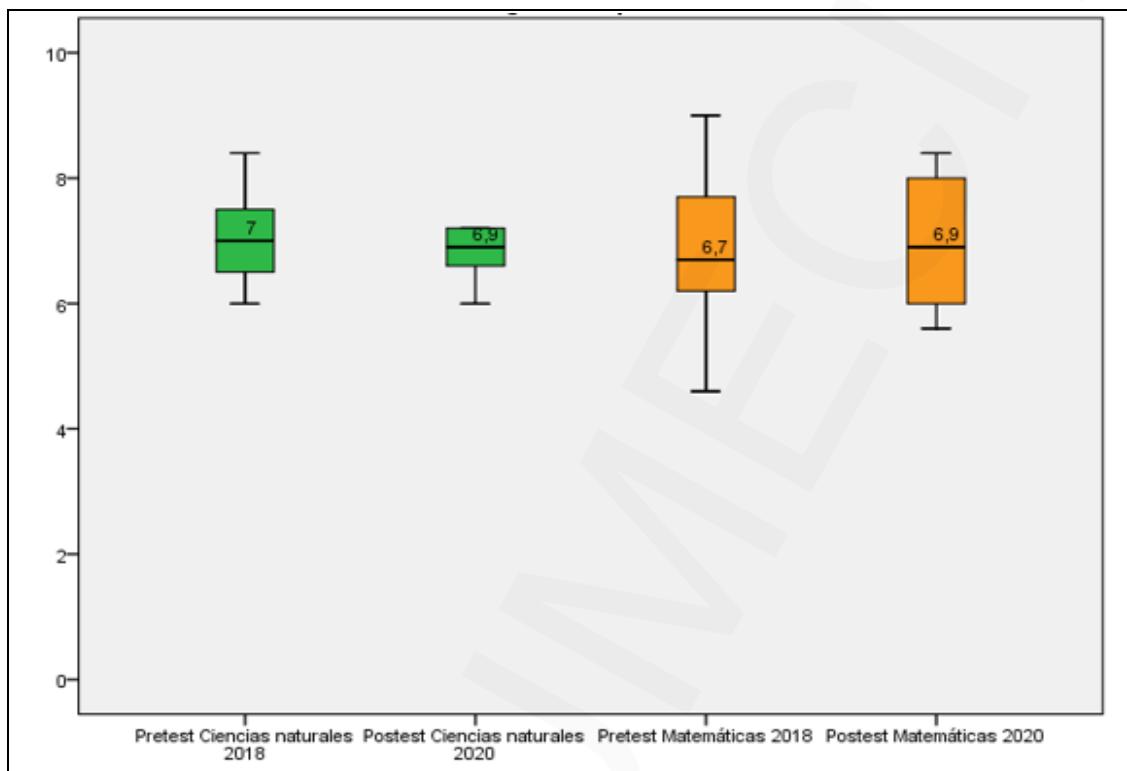
	Pretest Matemáticas 2018	Postest Matemáticas 2020	Pretest Ciencias naturales 2018	Postest Ciencias naturales 2020
Mediana	6,70	6,90	7,00	6,90
Mínimo	4,60	5,60	6,00	6,00
Máximo	9,00	8,40	8,40	7,20
25	6,10	6,00	6,45	6,60
Percentiles	50	6,70	7,00	6,90
	75	7,75	8,00	7,20

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos

Las calificaciones se encuentran en una escala de 0 a 10 puntos. La tabla 39 muestra que las medianas para las estudiantes del grupo control de grado 8° en **matemáticas** fue de 6,7 en el pretest, y de 6,9 en el postest. Según la escala valorativa de la institución, las estudiantes obtienen un desempeño básico cuando cumplen con las competencias mínimas para aprobar el área, además de que, en muchas ocasiones, dicha valoración corresponde a la definitiva de un plan de apoyo en el cual la estudiante ha pasado por tener varias oportunidades para aprobar. Según la tabla 5 tanto para el pretest como para el postest las medianas corresponden al nivel de desempeño básico. En la tabla 39 se observa que la mediana del postest parece ser mayor que la correspondiente mediana del pretest.

Por otra parte, en **ciencias naturales** se observa que la mediana fue de 7,0 para el pretest, mientras que para el postest fue de 6,9. Según la tabla 5 las medianas se ubican, al igual que en matemáticas, en el nivel de desempeño básico. En ciencias naturales se observó, de nuevo, una disminución de las medianas del pretest al postest.

En la figura 41 se muestran los respectivos diagramas de caja y bigotes para el rendimiento tanto para el pretest como para el postest en las áreas de matemáticas y ciencias naturales de las estudiantes de grado 8° que pertenecen al grupo control.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos

Figura 41. Medianas del pretest y el postest del grupo control de 8° grado, en ciencias naturales y matemáticas

En la figura 41 se puede ver que, en **ciencias naturales**, las medianas correspondientes al pretest y al postest tienen un valor muy cercano: 7,0 y 6,9, respectivamente. Según la tabla 5 el nivel de desempeño es Básico para ambos. Al parecer hay una desmejora del pretest al postest respecto a las medianas. Lo anterior puede sugerir que, respecto al rendimiento académico en ciencias naturales, las estudiantes del grupo control del grado 8°, no presentaron cambios significativos. Es importante señalar que los puntajes en el 2020 son más homogéneos que los correspondientes en el 2019 en ciencias naturales.

Para **matemáticas** se observa que la mediana para el pretest es de 6,7 y que la mediana del postest de 6,9. Ambas medianas se ubican en la categoría básico de acuerdo con la tabla 5, con lo que se resalta que las estudiantes aprueban el área con

las competencias mínimas. Al parecer no hay cambios del rendimiento académico de las estudiantes de grado 8° del grupo control entre el pretest y el postest.

A fin de corroborar si hubo diferencias significativas entre antes y después de la aplicación del programa, en el desempeño en matemáticas y en ciencias naturales, para el grupo control de grado 8°, se aplicó la prueba de T de Wilcoxon, que es una prueba no paramétrica que permite comparar las puntuaciones de dos grupos relacionados (tabla 40).

Tabla 40. Prueba T de Wilcoxon antes y después del grupo control del grado 8 en ambas áreas

Rangos	N	Rango promedio	Suma de rangos
Postest Ciencias naturales 2020 - Pretest Ciencias naturales 2018	Rangos negativos	13 ^b	12,50
	Rangos positivos	9 ^c	10,06
	Empates	2 ^d	
	Total	24	
Postest Matemáticas 2020 - Pretest Matemáticas 2018	Rangos negativos	11 ^e	11,00
	Rangos positivos	11 ^f	12,00
	Empates	2 ^g	
	Total	24	

a. Grupo = Grupo control

b. Postest Ciencias naturales 2020 < Pretest Ciencias naturales 2018

c. Postest Ciencias naturales 2020 > Pretest Ciencias naturales 2018

d. Postest Ciencias naturales 2020 = Pretest Ciencias naturales 2018

e. Postest Matemáticas 2020 < Pretest Matemáticas 2018

f. Postest Matemáticas 2020 > Pretest Matemáticas 2018

g. Postest Matemáticas 2020 = Pretest Matemáticas 2018

T de Wilcoxon	Postest Ciencias naturales 2020 - Pretest Ciencias naturales 2018	Postest Matemáticas 2020 - Pretest Matemáticas 2018
Z	-1,173 ^c	-,179 ^d
Sig. asintótica (bilateral)	,241	,858

a. Grupo = Grupo control

b. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

c. Se basa en rangos positivos.

d. Se basa en rangos negativos.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos

La prueba de T de Wilcoxon permite comparar las calificaciones durante el pretest y el postest, y de acuerdo con los resultados que se observan en la tabla 40, se

concluye que grupo control de las niñas de grado 8° no presentó cambios significativos, en cuanto a su mediana en rendimiento, ni para ciencias naturales ni para matemáticas, como era de esperarse.

4.2.6. Determinación de los cambios en el rendimiento académico en Matemáticas y Ciencias Naturales del grupo experimental, antes y después de la propuesta

Este análisis corresponde al estadio evaluativo. Se pretende evaluar la efectividad del programa a partir de los cambios ocurridos en las calificaciones de ciencias naturales y matemáticas, antes y después de la intervención, en todas las niñas que participaron en la propuesta en el grupo experimental. Para la contrastación, se tomaron los resultados de las niñas agrupados por grado, 8° y 9°, debido a que las de grado 9° permanecieron en el programa de 18 meses, mientras que las niñas de grado 8° tuvieron una permanencia solo de 6 meses en el programa.

Para este objetivo específico se analizaron solo las estudiantes del grupo **experimental**. Lo esperado era que existieran cambios significativos entre los puntajes del pretest y el postest en matemáticas y ciencias naturales, debido a que este grupo participó en la implementación del programa STEM.

Para determinar si hubo cambios en el rendimiento académico en las áreas de matemáticas y ciencias naturales en las estudiantes del grupo experimental, se trabajó de la siguiente forma: para las estudiantes de grado 9° se tomaron las calificaciones del año 2018 como pretest y de los años 2019 y 2020 como postest. Para las estudiantes de grado 8° se tuvieron las calificaciones del año 2018 como pretest y las calificaciones del 2020 como postest. Además, es conveniente aclarar que las calificaciones para los años 2018 y 2019 son las calificaciones definitivas para el grado, mientras que las calificaciones del 2020 son las calificaciones parciales del primer periodo del grado.

Para iniciar la evaluación del grupo experimental del **grado 9**, se calcularon el puntaje máximo y mínimo, las medianas y los cuartiles, tanto para pretest como para postest de cada año en Ciencias Naturales y Matemáticas con un total de 14 estudiantes, lo cual se muestra a continuación en la tabla 41.

Tabla 41. Medianas del pretest y el postest del grupo experimental de 9º grado en matemáticas y ciencias naturales

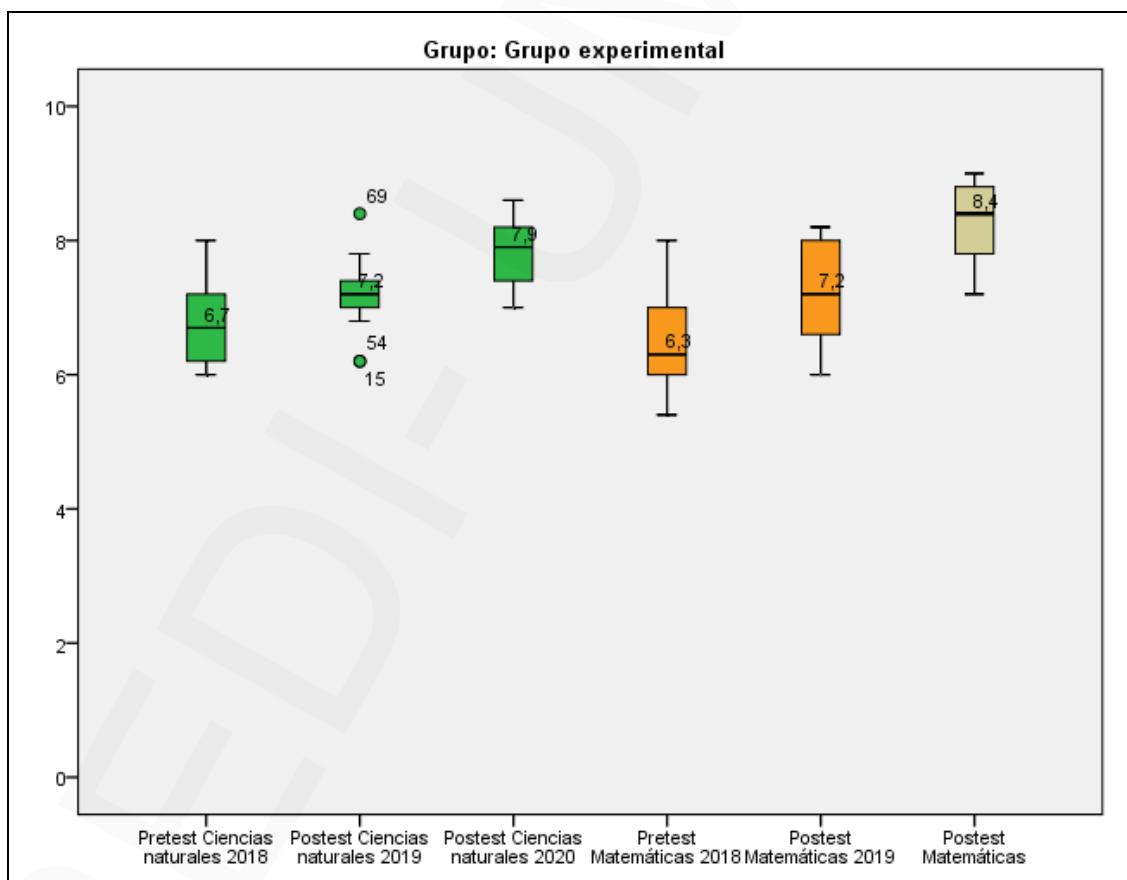
	Matemáticas			Ciencias Naturales		
	Pretest 2018	Postest 2019	Postest 2020	Pretest 2018	Postest 2019	Postest 2020
Mediana	6,3	7,2	8,4	6,7	7,2	7,9
Mínimo	5,4	6,0	7,2	6,0	6,2	7,0
Máximo	8,0	8,2	9,0	8,0	8,4	8,6
25	6,0	6,6	7,8	6,2	7,0	7,4
Percentiles	50	6,3	7,2	8,4	6,7	7,2
	75	7,1	8,0	8,8	7,2	7,5
						8,2

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos

La tabla 41 muestra que la mediana del grupo experimental de grado 9º, en **matemáticas**, fue de 6,3 puntos para el pretest, y según la tabla de interpretación, se ubica en la categoría Básico, lo que significa que las estudiantes cumplen con las competencias mínimas de aprendizaje en el área, y lo más probable es que su nota haya sido obtenida después de un plan de recuperación. En el postest se obtuvo una mediana de 7,2 para el 2019, y para 2020 la mediana fue de 8,4 puntos. Las calificaciones se encuentran en una escala de 0 a 10 puntos. Se observa una aparente mejora en las medianas a medida que las estudiantes tienen una permanencia mayor en el programa. Aunque las medianas del pretest y de la primera parte del postest se encuentran en la categoría básico, existe una diferencia de 0,9 puntos entre ellas, con un puntaje mayor para el postest. Además, según la tabla 5 la mediana de matemáticas en el año 2020 se ubicó en la categoría alto, lo que indica que la estudiante alcanzó todos los indicadores de desempeño propuestos por el área, mostró la capacidad de relacionar contenidos con otras áreas y su calificación no fue el resultado de un plan de recuperación.

En **ciencias naturales** se observa que el valor de la mediana fue de 6,7 para el pretest, mientras que para el postest se obtuvo una mediana de 7,2 puntos para el 2019, y de 7,9 para el año 2020. La escala de calificación fue de 0,0 a 10,0 puntos. Según la tabla 5, tanto para el pretest como para el postest, la mediana se ubicó en la categoría básico, con lo cual, se evidencia que las estudiantes del grupo control de 9° grado cumplieron apenas con lo mínimo en el área, pero al parecer hay una mejoría en el rendimiento para el postest.

La figura 42 muestra los respectivos diagramas de caja y bigotes para el rendimiento en matemáticas y ciencias naturales, de las estudiantes del grupo experimental de grado 9°, en 2018, 2019 y 2020.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos

Figura 42. Medianas del pretest y el postest del grupo experimental de 9° grado en ciencias naturales y matemáticas

En la figura 42 se observa que en **ciencias naturales** las medianas se ubicaron en desempeño básico y, al parecer, hay una mejora del pretest al postest respecto a las medianas. Además, parece ser que el rendimiento académico en ciencias mejoró en el transcurso de los tres años.

Así mismo, en el 2019 hay tres casos atípicos, uno se encuentra por encima y dos por debajo del grupo, en cuanto al rendimiento académico en el área. Las dos estudiantes que se encuentran por debajo del grupo son muy responsables y comprometidas con la propuesta, al parecer presentaron inconvenientes en el área de ciencias naturales para el año, pero sus rendimientos mejoraron en el 2020. La estudiante que se encuentra por encima del grupo, siempre se ha caracterizado por ser una estudiante distinguida en el estudio.

Para **matemáticas** se encontró que las medianas para el pretest y para la primera parte del postest se encuentran en desempeño Básico de acuerdo con la Tabla 5, pero se observa una aparente mejora para el año 2019.

En la última prueba, la parte final del postest, se observa un puntaje mejor con una distancia considerable: la mediana en este año se encuentra en el nivel de desempeño Alto según la tabla 5, lo que significa que la estudiante alcanzó todos los indicadores de desempeño propuestos por el área, demuestra la capacidad de relacionar contenidos con otras áreas y que su calificación no es el resultado de un plan de recuperación.

Además, se resalta el hecho de que entre el 2019 y 2020 las medianas mejoraron, pero se mantuvieron en un desempeño Básico. Para el año 2020, cerca de un 25% de las estudiantes ubicó por encima del desempeño Alto.

A fin de corroborar si hubo diferencias significativas antes y el después de la aplicación del programa en el desempeño tanto en matemáticas como en ciencias naturales, para el grupo experimental de 9° grado, se utilizó la prueba de Friedman.

Tabla 42. Prueba de Friedman: Comparación antes y después del grupo experimental de grado 9° en ambas áreas

Grupo control Grado 9° Matemáticas		Grupo control Grado 9° Ciencias naturales	
Rangos	Rango promedio	Rangos	Rango promedio
Pretest		Pretest	
Matemáticas 2018	1,25	Ciencias naturales 2018	1,36
Pretest		Postest	
Matemáticas 2019	1,93	Ciencias naturales 2019	2,00
Postest		Postest	
Matemáticas 2020	2,82	Ciencias naturales 2020	2,64

Prueba de Friedman Matemáticas		Prueba de Friedman Ciencias Naturales	
Chi-cuadrado	17,709	Chi-cuadrado	12
gl	2	gl	2
Sig. asintótica	0,000	Sig. asintótica	0,002

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos

La prueba de Friedman compara las calificaciones durante los tres años, y se concluye que tanto para matemáticas como para ciencias naturales hay cambios significativos en el rendimiento académico de las estudiantes del grupo experimental de grado 9° después de la intervención, lo cual es indicativo de la efectividad del programa.

Para el análisis de las estudiantes del grupo de experimental del **grado 8°**, se calcularon los puntajes máximos, mínimos, medianas y cuartiles, y se utilizaron las calificaciones de ciencias naturales y matemáticas del año 2018 como pretest y las del 2020 como postest, con un total de 15 estudiantes, lo cual se muestra a continuación en la tabla 43.

Tabla 43. Medianas del pretest y el postest del grupo experimental grado 8°, en ciencias naturales y matemáticas

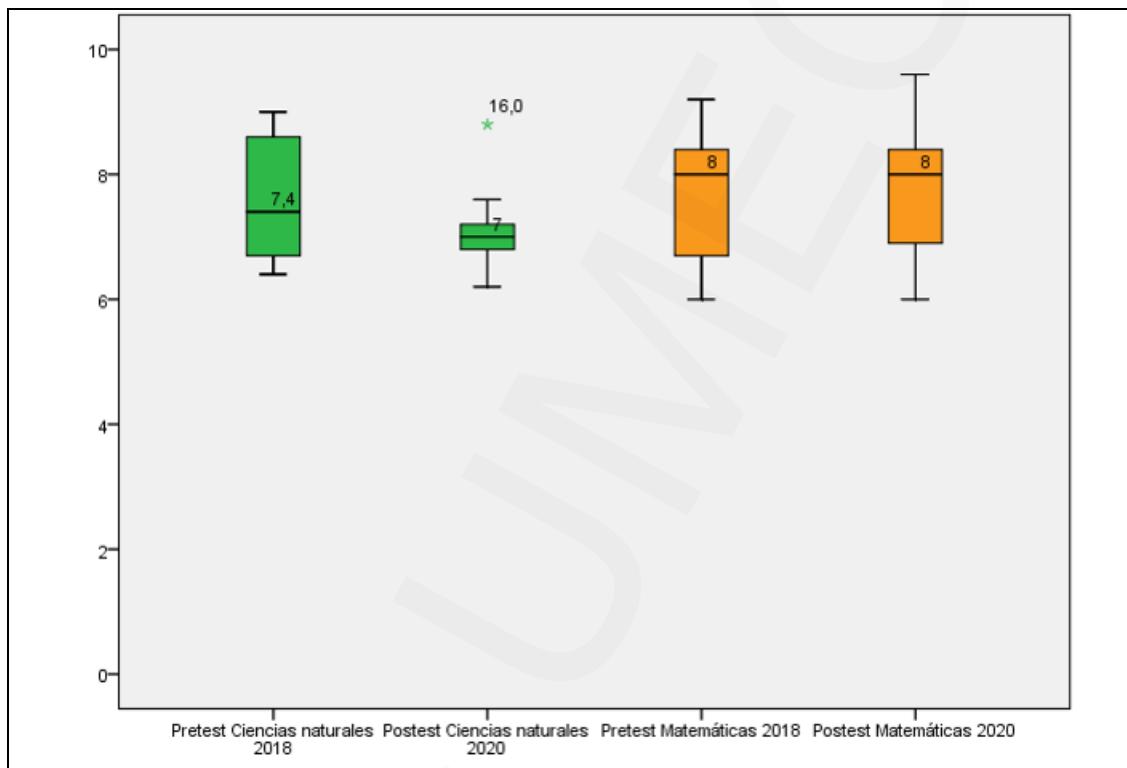
	Pretest Matemáticas 2018	Postest Matemáticas 2020	Pretest Ciencias naturales 2018	Postest Ciencias naturales 2020
Mediana	8,0	8,0	7,4	7,0
Mínimo	6,0	6,0	6,4	6,2
Máximo	9,2	9,6	9,0	8,8
25	6,6	6,8	6,6	6,8
Percentiles	50	8,0	7,4	7,0
	75	8,4	8,6	7,2

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos

Las calificaciones se encuentran en una escala de 0 a 10 puntos. La tabla 43 muestra que, para las estudiantes del grupo control de grado 8°, las medianas fueron de 8,0 en el pretest de **matemáticas**, y de 8,0 en el postest y se ubicaron en la categoría Alto. Según la escala valorativa de la institución, se considera que las estudiantes obtienen un desempeño Alto cuando cumplen con todos los indicadores de logro propuestos aprobar el área y además son capaces de vincular el conocimiento del área con otras disciplinas. En la tabla 43 se observa que las medianas del pretest y del postest son iguales, no se observó una desmejora, pero se resalta que las estudiantes se mantuvieron en el nivel de desempeño alto, aunque se esperaba una mejora porque las niñas pertenecían al programa. Sin embargo, el hecho de que no se haya observado mejoría se puede explicar porque la permanencia de las niñas de grado 8° en el programa fue sólo de seis meses, lo cual, podría indicar que **para que el programa sea efectivo se debe tener un tiempo de permanencia relativamente largo**.

Por otra parte, en **ciencias naturales** se observó una mediana de 7,4 para el pretest, mientras que para el postest fue de 7,0. Según la tabla 5 las medianas se ubicaron, en el nivel de desempeño Básico. En ciencias naturales se observó una disminución de las medianas del pretest al postest. Es importante recordar que las estudiantes de grado 8° del grupo experimental tienen 12 meses menos en el programa que las niñas de grado 9.

En la figura 43 se muestran los respectivos diagramas de caja y bigotes para el rendimiento tanto del pretest como del postest en las áreas de matemáticas y ciencias naturales de los estudiantes de grado 8° que pertenecen al grupo experimental.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos

Figura 43. Medianas del pretest y el postest del grupo experimental para grado 8° en ciencias naturales y matemáticas

En la figura 43 se evidencia que, en **ciencias naturales**, las medianas correspondientes al pretest y al posttest tienen un valor muy cercano entre sí: 7,4 y 7,0 respectivamente, y el nivel de desempeño es Básico para ambas. Es importante señalar que los puntajes en el 2020 son más homogéneos que los correspondientes en el 2019 en ciencias naturales. En el año 2020 se observa un caso atípico, el cual se encuentra por encima del desempeño académico de las demás estudiantes del grupo. Dicha estudiante se caracteriza por su responsabilidad y alto desempeño en las asignaturas, además su acompañamiento familiar es permanente.

En **matemáticas** se observa que las medianas tienen un puntaje de 8,0, tanto para el pretest como para el postest. Ambas se ubicaron en la categoría Alto.

Al parecer no hubo cambios del rendimiento académico de las estudiantes de grado 8° del grupo de experimental entre el pretest y el postest, pero a fin de corroborar si hubo diferencias significativas antes y después de la aplicación del programa, en el desempeño en matemáticas y en ciencias naturales para el grupo experimental de grado 8°, se aplicó la prueba de T de Wilcoxon, que es una prueba no paramétrica que permite comparar puntuaciones entre dos grupos relacionados (tabla 44).

Tabla 44. Prueba T de Wilcoxon antes y después del grupo control de 8° grado para ambas áreas

Rangos	N	Rango promedio	Suma de rangos
Postest Ciencias naturales 2020 - Pretest Ciencias naturales 2018	Rangos negativos	10 ^b	7,85
	Rangos positivos	4 ^c	6,63
	Empates	1 ^d	
	Total	15	
Postest Matemáticas 2020 - Pretest Matemáticas 2018	Rangos negativos	9 ^e	5,33
	Rangos positivos	5 ^f	6,8
	Empates	4 ^g	
	Total	15	

a. Grupo = Grupo experimental

b. Postest Ciencias naturales 2020 < Pretest Ciencias naturales 2018

c. Postest Ciencias naturales 2020 > Pretest Ciencias naturales 2018

d. Postest Ciencias naturales 2020 = Pretest Ciencias naturales 2018

e. Postest Matemáticas 2020 < Pretest Matemáticas 2018

f. Postest Matemáticas 2020 > Pretest Matemáticas 2018

g. Postest Matemáticas 2020 = Pretest Matemáticas 2018

T de Wilcoxon	Postest Ciencias naturales 2020- Pretest Ciencias naturales 2018	Postest Matemáticas 2020- Pretest Matemáticas 2018
Z	-1,636 ^c	-,090 ^d
Sig. asintótica (bilateral)	0,102	0,928

a. Grupo = Grupo experimental

b. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

c. Se basa en rangos positivos.

d. Se basa en rangos negativos.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos

La prueba de T de Wilcoxon compara las calificaciones durante el pretest y el postest y, de acuerdo con los resultados que se observan en la tabla 44, se concluye que grupo de experimental de las niñas de grado 8° no presentó cambios significativos, en cuanto a su mediana en rendimiento, ni para ciencias naturales ni para matemáticas. Aunque se esperaba que las estudiantes del grupo experimental presentaran cambios significativos, hay una relación importante entre la permanencia de las estudiantes en la propuesta y el progreso que tengan las niñas en las competencias evaluadas, entonces para que los cambios sean significativos, las estudiantes deben permanecer en el programa al menos un año.

4.2.7. Evaluación las competencias matemáticas y mecánicas tanto del grupo control como del experimental después de la aplicación de la propuesta

Este análisis corresponde al último estadio evaluativo. Se pretende contrastar el nivel de desempeño en las competencias mecánicas y en las competencias matemáticas después de la intervención, tanto para las niñas del grupo control y el experimental. Para realizar el análisis, se aplicaron dos instrumentos. Un instrumento dirigido a evaluar el desarrollo de las competencias matemáticas y el otro a evaluar el desarrollo de las competencias mecánicas.

Los instrumentos se aplicaron a todas las estudiantes de la muestra bajo las mismas condiciones, pero se compararon los resultados de las niñas del grupo control con los de las niñas del grupo experimental. Se debe tener en cuenta, que en ambos grupos había estudiantes tanto de grado 8° como de 9°.

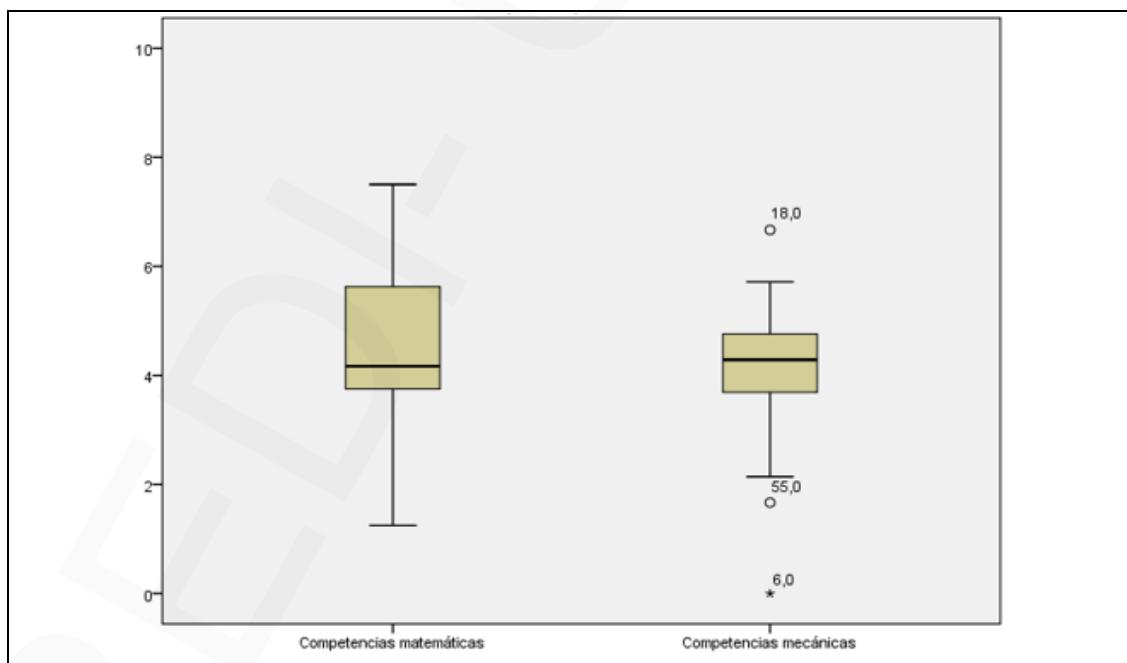
Para iniciar la evaluación del **grupo control**, se calcularon el puntaje máximo y mínimo, las medianas y los cuartiles, tanto para las competencias mecánicas como las competencias matemáticas con un total de 43 estudiantes, lo cual se muestra a continuación en la tabla 45. Los puntajes obtenidos en ambos instrumentos en una escala de 0,0 a 10,0 se interpretaron según la tabla 4.

Tabla 45. Medianas del grupo control en competencias matemáticas y competencias mecánicas

	Competencias matemáticas	Competencias mecánicas
Mediana	4,2	4,3
Mínimo	1,3	0,0
Máximo	7,5	6,7
25	3,8	3,6
Percentiles	50	4,3
	75	4,8

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos

En la tabla 45 se muestra que la mediana de las niñas **grupo control** en competencias matemáticas fue de 4,2 y la mediana en competencias mecánicas fue 4,3. Según la tabla de interpretación 4, ambas medianas se ubican en la categoría Regular. En la figura 44 se muestran los respectivos diagramas de caja y bigotes para los resultados obtenidos por el grupo control, tanto en las competencias matemáticas como mecánicas, después de aplicar los instrumentos.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos

Figura 44. Medianas del grupo control en competencias matemáticas y competencias mecánicas

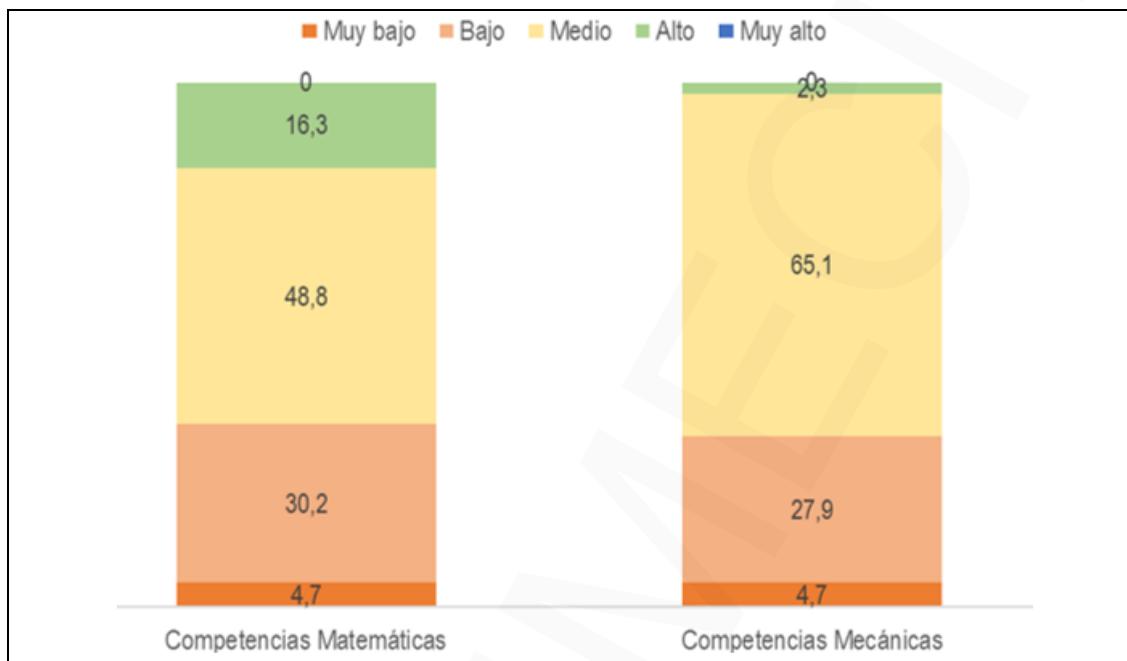
En la figura 44 se observa que, las medianas correspondientes a las competencias mecánicas y matemáticas tienen un puntaje muy similar, 4,2 y 4,3 respectivamente. Según la tabla 4 el nivel de desempeño es Regular para ambas competencias. Es importante señalar que los puntajes en las competencias mecánicas son más homogéneos que el de las competencias matemáticas, pero en las competencias mecánicas existen tres casos atípicos. Un caso atípico se encuentra por encima del puntaje del grupo. Dicha estudiante se caracteriza por su responsabilidad y alto desempeño en las asignaturas, además su acompañamiento familiar es permanente; es importante señalar que esta estudiante ha sido un caso atípico mencionado en análisis anteriores por el mismo motivo. Uno de los dos casos atípicos que se encuentran por debajo del grupo, es el caso 55. Dicha estudiante, es una estudiante que normalmente presenta bajo rendimiento académico y constantes muestras de desinterés frente a cualquier actividad de la escuela. El otro caso que se encuentra por debajo del grupo es el caso 6; esta estudiante evidenció dificultades de salud al momento de presentar el cuestionario correspondiente a este instrumento.

Para observar cómo se distribuyeron los puntajes de las niñas del grupo control respecto a las competencias matemáticas y mecánicas en las diferentes categorías se muestran la tabla 46 y la figura 45, a continuación.

Tabla 46. Frecuencia y porcentaje de casos del grupo control en cada categoría de competencias matemáticas y competencias mecánicas

Categoría	Competencias matemáticas		Competencias mecánicas	
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Muy bajo	2	4,7	2	4,7
Bajo	13	30,2	12	27,9
Medio	21	48,8	28	65,1
Alto	7	16,3	1	2,3
Total	43	100	43	100

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos

Figura 45. Porcentaje de casos del grupo control en cada categoría de competencias matemáticas y competencias mecánicas

Para las competencias matemáticas, es notable la predominancia de la categoría Medio con un 48,8%, mientras que se obtuvo un 0% en la categoría Muy Alto. Además, puede verse que la franja de categoría Alto cuenta con solo el 16,3%, y que el 34,9% de las estudiantes obtuvieron un puntaje por debajo de la categoría Bajo.

Para las competencias mecánicas se encontró que un 4,7% de las estudiantes obtuvo puntaje en la categoría Muy Bajo, el 27,9% en Bajo, la franja predominante es la categoría Medio con el 65,1%, el 2,3% se ubicó en Alto y un 0% en Muy Alto.

Al comparar ambas competencias para las estudiantes del grupo control se observa que, en las competencias matemáticas, el 65,1% de las estudiantes se encuentra por encima de la categoría Medio, mientras que para las competencias mecánicas se tiene el 67,4 %. Además, para la categoría Alto las competencias matemáticas tienen un 16,3% de las estudiantes, mientras que las competencias mecánicas solo el 2,3%.

Lo anterior, conlleva a que el grupo control, presenta estudiantes con un mejor desarrollo para las competencias matemáticas que para las competencias mecánicas.

Para analizar el desarrollo de las estudiantes de acuerdo con las sinergias, tanto en las competencias matemáticas como en las mecánicas, se realizó el siguiente análisis para las 43 niñas del grupo control: en la tabla 47 se observan las medianas, los puntajes máximos, mínimos y los cuartiles para cada sinergia correspondiente a cada competencia en cuestión: las matemáticas y las mecánicas.

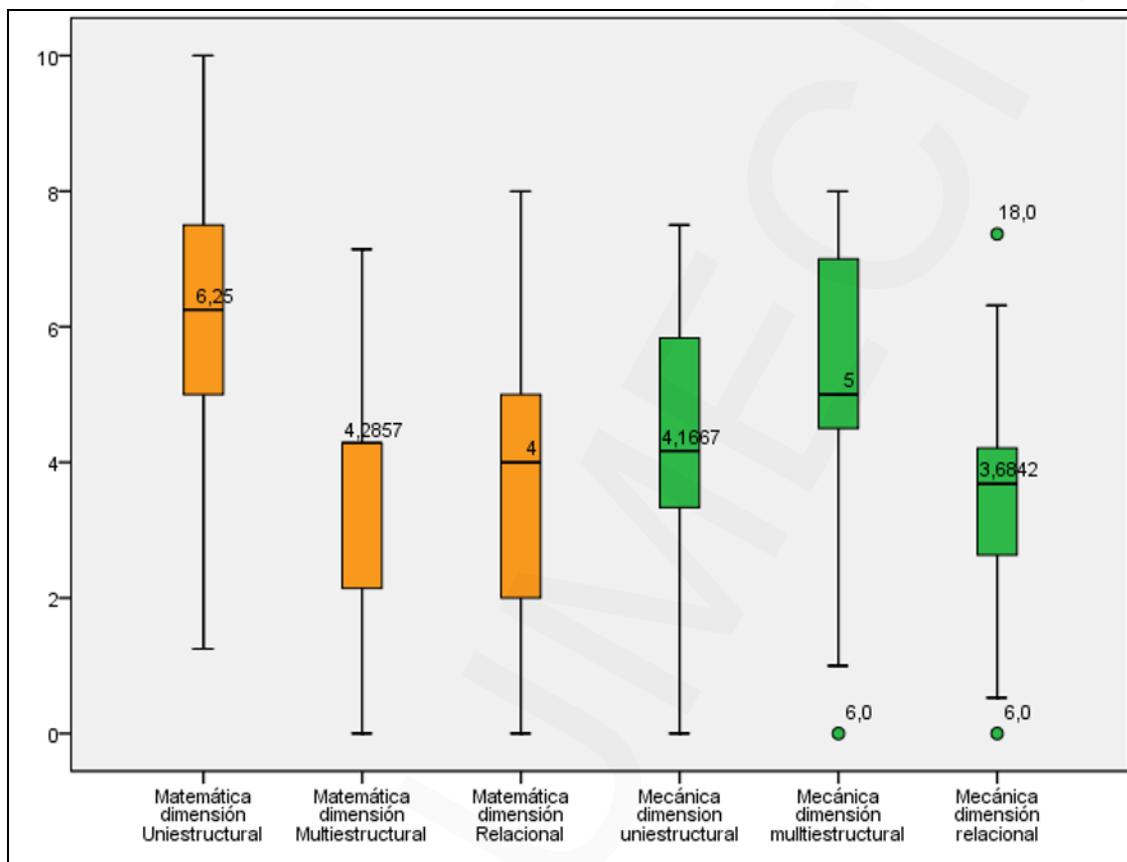
Tabla 47. Medianas del grupo control en las sinergias de las competencias matemáticas y las competencias mecánicas

	Competencias matemáticas			Competencias mecánicas		
	Uniestructural	Multiestructural	Relacional	Uniestructural	Multiestructural	Relacional
Mediana	6,3	4,3	4,0	4,2	5,0	3,7
Mínimo	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Máximo	10,0	7,1	8,0	7,5	8,0	7,0
25	5,0	1,4	2,0	3,3	4,0	2,6
Percentiles	50	6,2	4,3	4,0	4,2	3,7
	75	7,5	4,3	5,0	5,9	7,0
						4,2

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos

En la tabla 47, se observa que, para las competencias matemáticas, las medianas de las tres sinergias, uniestructural, multiestructural y relacional, son respectivamente 6,3, 4,3 y 4,0. Según la tabla 4, la sinergia uniestructural se encuentra en la categoría alta, mientras que las sinergias multiestructural y relacional, en la categoría regular.

En la figura 46 se comparan las diferentes sinergias mediante los diagramas de caja y bigotes tanto para las competencias matemáticas como para las mecánicas en el grupo control.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos

Figura 46. Medianas del grupo control en los puntajes por sinergia de competencias matemáticas y competencias mecánicas

Se espera que a medida que exista un paso ascendente entre las sinergias, las medianas disminuyan, debido a que este paso implica una mayor complejidad en los desempeños para cada competencia. La figura 46 muestra que, para las competencias matemáticas, la sinergia uniestructural es la que tiene mayor mediana, y las medianas van disminuyendo con el paso entre sinergias. Además, en todas las sinergias los datos son bastante heterogéneos.

Para las competencias mecánicas las sinergias no presentan el decrecimiento natural debido al aumento de la complejidad que ocurre entre ellas. Se observa que la mediana mayor ocurre en la sinergia multiestructural, y las medianas para las otras dos

sinergias están por debajo. Sin embargo, según la tabla 4, las medianas para las tres sinergias entran en la categoría regular.

En la evaluación de las competencias mecánicas se observa que hay dos casos atípicos. El caso 6, se encuentra por debajo del grupo, tanto en el puntaje de la sinergia multiestructural como el de la relacional. Dicha estudiante presentó dificultades al momento de presentar el cuestionario correspondiente del instrumento.

Así mismo, en la sinergia relacional hay un caso atípico que se encuentra por encima de los puntajes de todo el grupo. Dicha estudiante se caracteriza por su responsabilidad y alto desempeño en las asignaturas, además su acompañamiento familiar es permanente; es importante señalar que esta estudiante ha sido un caso atípico mencionado en análisis anteriores por el mismo motivo.

De otro lado, se esperaba que la sinergia relacional presentara los puntajes más bajos, debido a que es la que involucra procesos cognitivos más complejos. Se observa que, para ambas competencias -matemáticas y mecánicas-, la mediana de la sinergia relacional se posiciona en los puntajes más bajos respecto a las otras dos sinergias según lo esperado.

Del mismo modo, para la evaluación del **grupo experimental**, se calcularon el puntaje máximo y mínimo, las medianas y los cuartiles, tanto para las competencias mecánicas como las competencias matemáticas con un total de 29 estudiantes, lo cual se muestra en la tabla 48.

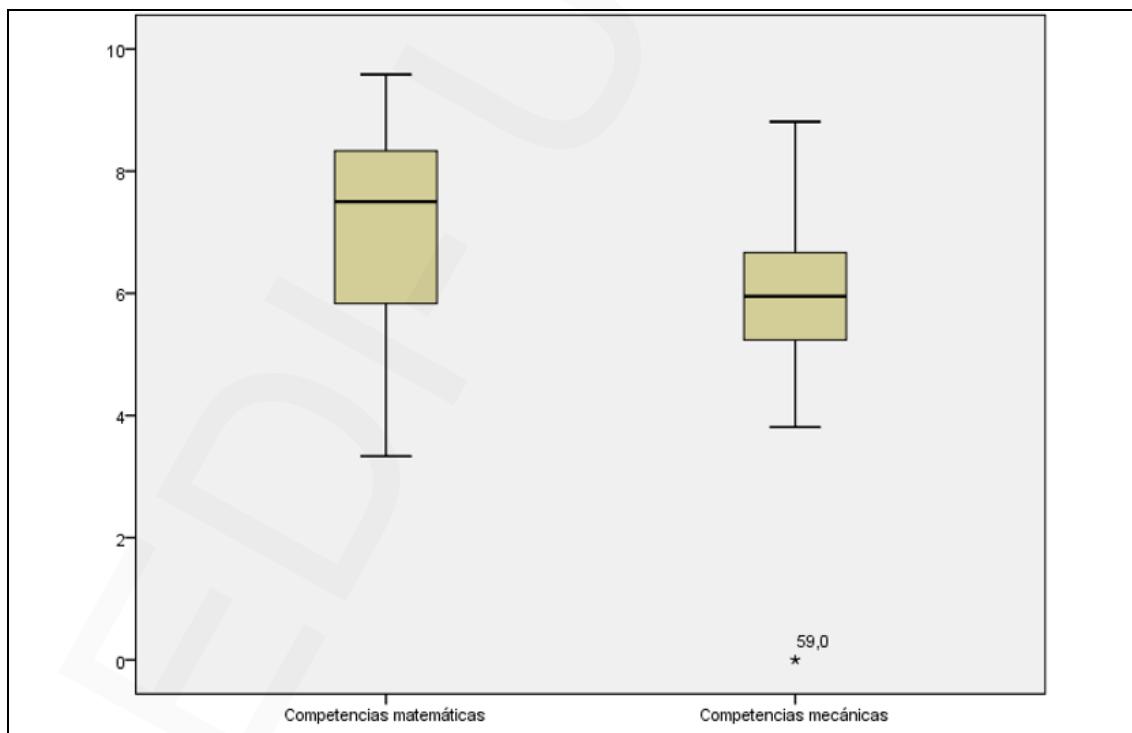
Los puntajes obtenidos al aplicar los instrumentos se distribuyeron en una escala de 0 a 10 puntos. En la tabla 48 se observa que la mediana de las niñas del **grupo experimental** en competencias matemáticas fue de 7,5 y la mediana en competencias mecánicas fue 6,0. Según los criterios de interpretación de la tabla 4, ambas medianas se ubicaron en la categoría alta.

Tabla 48. Medianas del grupo experimental en los puntajes de competencias matemáticas y competencias mecánicas

	Competencias matemáticas	Competencias mecánicas
Mediana	7,5	6,0
Mínimo	3,3	0,0
Máximo	9,6	8,8
25	5,8	5,2
Percentiles	50	6,0
	75	6,8

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos.

La figura 47 muestra los respectivos diagramas de caja y bigotes para los resultados obtenidos después de aplicar los instrumentos tanto en las competencias matemáticas como en las competencias mecánicas en las niñas del grupo experimental.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos

Figura 47. Medianas para las competencias matemáticas y mecánicas del grupo experimental

En figura 47 se evidencia que, en las competencias mecánicas y matemáticas, las medianas correspondientes tienen un puntaje de 7,5 y de 6,0 respectivamente. Según el cuadro 4 el nivel de desempeño es Alto para ambas.

Es importante señalar que los puntajes en las competencias mecánicas son más homogéneos que en las competencias matemáticas, pero en las competencias mecánicas existen un caso atípico, el cual presenta un puntaje por debajo de todo el grupo. Dicha estudiante, presento dificultades a la hora de responder el instrumento.

Para observar la distribución de las niñas del grupo de experimental respecto a las diferentes categorías de competencias matemáticas y mecánicas, se muestran la tabla 49 y la figura 48, a continuación.

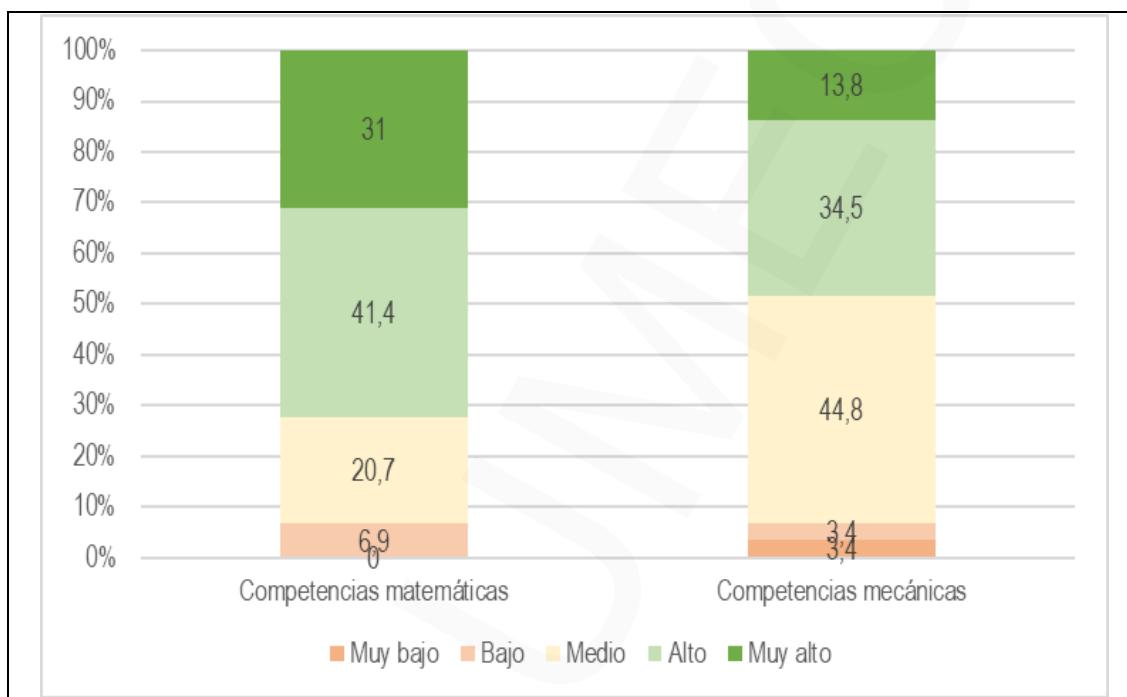
Tabla 49. Frecuencia y porcentaje de casos del grupo experimental en cada categoría de competencias matemáticas y competencias mecánicas

Categoría	Competencias matemáticas		Competencias mecánicas	
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Muy bajo	0	0,0%	1	3,4%
Bajo	2	6,9%	1	3,4%
Medio	6	20,7%	13	44,8%
Alto	12	41,4%	10	34,5
Muy alto	9	31,0%	4	13,8%
Total	29	100,0%	29	100,0%

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos

Para las **competencias matemáticas**, se observa que no hay estudiantes en la categoría Muy Bajo, un 6,9% en Bajo, un 20,7% en Regular, un 41,4% en Alto y un 31,0% en Muy Alto. Además, puede verse que la franja de categoría Alto es la más

representativa seguida por la categoría Muy Alto. Para las **competencias mecánicas** se encontró un 3,4% de estudiantes en la categoría Muy Bajo, 3,4% para Bajo, 44,8% en Regular, 34,5% en Alto y 13,8 en la categoría Muy Alto.



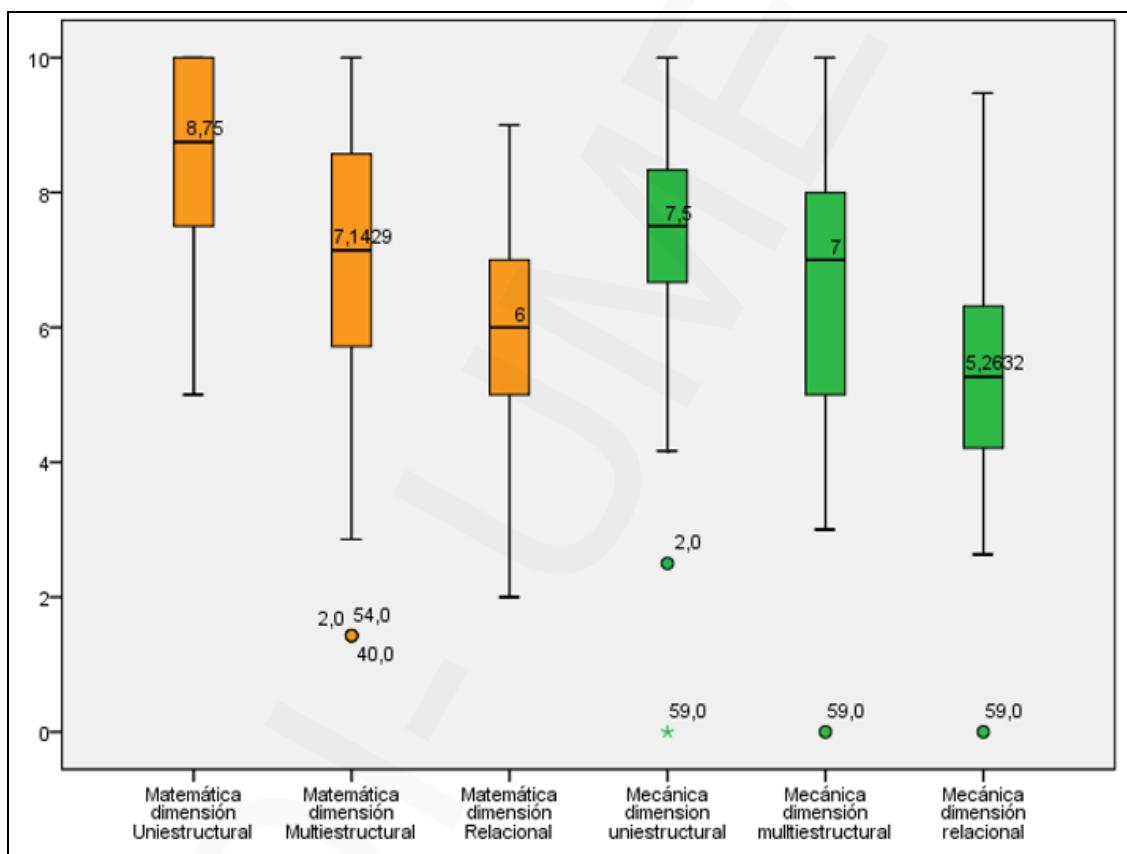
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos

Figura 48. Porcentaje de casos del grupo experimental en cada categoría de competencias matemáticas y competencias mecánicas

Al comparar ambas competencias para las estudiantes del grupo experimental, se observa que, en las competencias matemáticas el 72,4% de las estudiantes se encuentran en la categoría Alto o Muy Alto, mientras que para las competencias mecánicas se tiene el 48,3% en dichas categorías.

Lo anterior, conlleva a afirmar que el grupo experimental, presenta estudiantes con un mejor desarrollo para las competencias matemáticas que para las competencias mecánicas.

Además, un resultado importante es que ninguna estudiante se encuentra en la categoría Muy Bajo respecto a las competencias matemáticas y que la distribución de ambas competencias es bastante similar para las niñas del grupo experimental. En la figura 49 se comparan las sinergias de cada tipo de competencias mediante los diagramas de caja y bigotes.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos.

Figura 49. Medianas del grupo de experimental en los puntajes por sinergia de competencias matemáticas y competencias mecánicas

Se espera que a medida que exista un paso ascendente en el proceso de aprendizaje entre las sinergias, las medianas para las correspondientes sinergias disminuyan, debido a que este paso implica una mayor complejidad en los contenidos y en los desempeños para cada competencia.

La figura 49 muestra que, para las competencias matemáticas, la sinergia uniestructural es la que tiene mayor mediana, y las medianas van disminuyendo con el paso entre sinergias. En el caso de la sinergia multiestructural, se presentan tres casos atípicos por debajo de los puntajes del grupo. Todos los casos atípicos, son estudiantes que presentan muy buena actitud y su rendimiento académico es bueno, pero una posible explicación para su bajo puntaje puede ser que las estudiantes solo tuvieron una permanencia de seis meses en el programa y, por lo observado, el efectivo al cuando la permanencia en él de al menos un año.

Para las competencias mecánicas también la sinergia uniestructural es la que tiene mayor mediana, y las medianas van disminuyendo con el paso entre sinergias. En las tres sinergias se presentan tres casos atípicos por debajo de los puntajes del grupo.

El caso 2, es un caso atípico que se encuentra por debajo de todos los puntajes en la sinergia uniestructural. Esta estudiante también se ha presentado antes como caso atípico por debajo de los puntajes del grupo. Hay otro caso atípico, el caso 59: la niña expuso que al momento de presentar el instrumento tuvo dificultades y no hubo otra oportunidad para realizarle la prueba nuevamente.

Para corroborar si hubo diferencias significativas entre los puntajes del **grupo control y el grupo experimental** obtenidos al aplicar los instrumentos de competencias matemáticas y mecánicas después de la aplicación del programa, se utilizó la prueba U Mann Whitney y los resultados se muestran en la tabla 50.

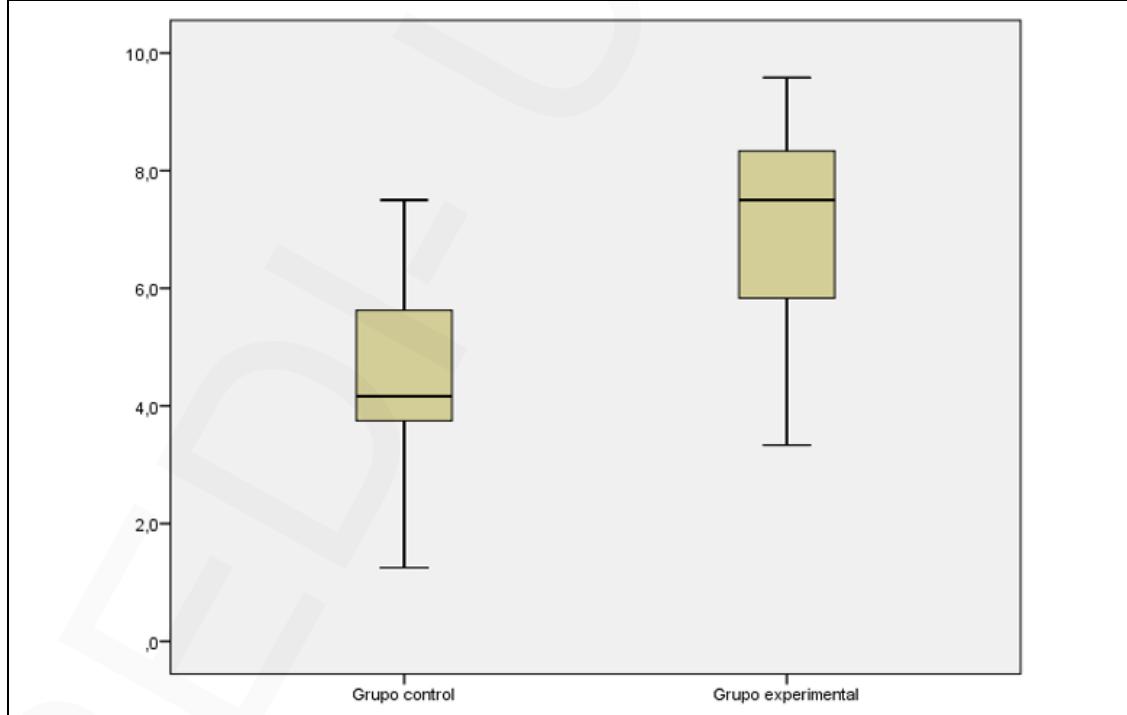
En la tabla 50 se observa que existe una diferencia significativa entre el grupo control y el grupo experimental, tanto para las competencias matemáticas como para las competencias mecánicas. Este resultado es importante debido a que muestra un impacto positivo del programa, basado en el enfoque STEM, sobre las estudiantes que participaron en la propuesta en comparación con las que no participaron.

Tabla 50. Prueba U Mann Whitney: Comparación del grupo experimental y el grupo control en ambos tipos de competencias después de la intervención

Rangos	Grupo	N	Rango promedio	Suma de rangos
Competencias mecánicas	Grupo control	43	25,99	1117,50
	Grupo experimental	29	52,09	1510,50
	Total	72		
Competencias matemáticas	Grupo control	43	25,63	1102,00
	Grupo experimental	29	52,62	1526,00
	Total	72		
Estadísticos de prueba	Competencias mecánicas	Competencias matemáticas		
U de Mann-Whitney	171,500		156,000	
W de Wilcoxon	1,117,500		1,102,000	
Z	-5,201		-5,384	
Sig. Asintótica (bilateral)	,000		,000	

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos

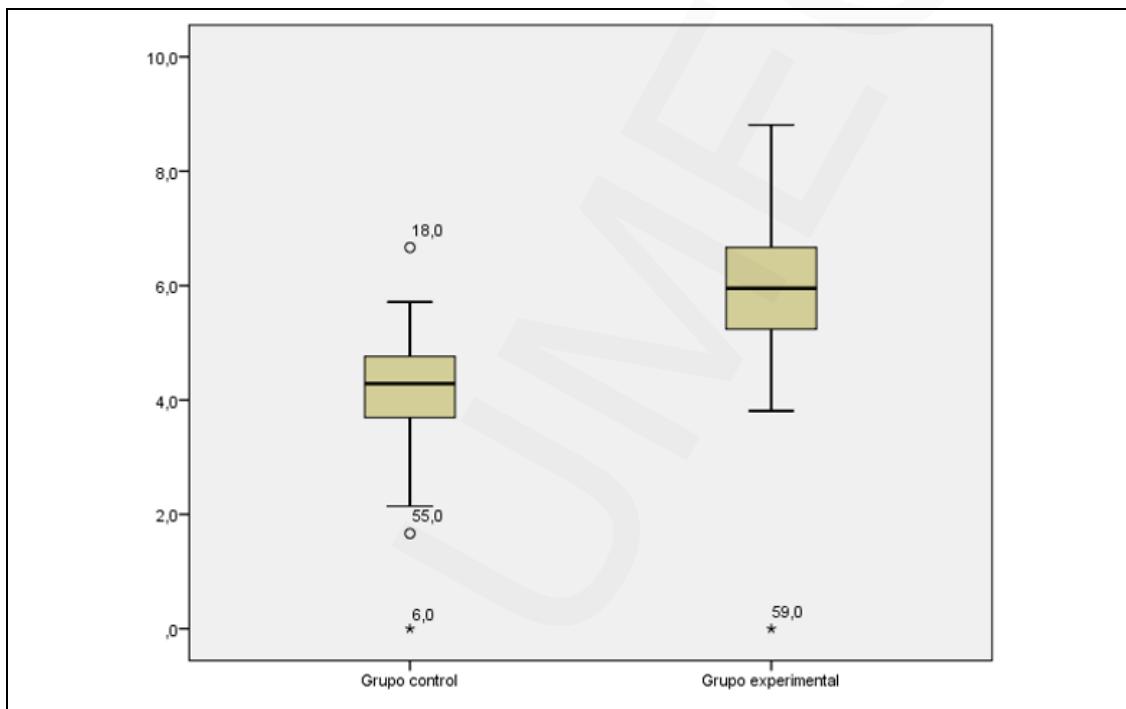
Respecto a las **competencias matemáticas**, en la figura 50, se muestran los diagramas de caja y bigotes correspondientes a ambos grupos.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos

Figura 50. Comparación de las medianas del grupo experimental con el grupo control en ambos tipos de competencias después de la intervención

De igual manera, se analizaron los resultados obtenidos en los instrumentos de **competencias mecánicas** tanto para el grupo control como para el grupo experimental. En la figura 51, se muestran los diagramas de caja y bigotes para las medianas de las competencias mecánicas correspondientes a ambos grupos.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos

Figura 51. Comparación de las medianas del grupo experimental con el grupo control en ambos tipos de competencias después de la intervención

La figura 51 muestra que, en las competencias mecánicas, la mediana del grupo experimental se encuentra por encima de la mediana del grupo control en el puntaje global. Como ya se señaló, **existe una diferencia significativa** entre el grupo control y el grupo experimental en los puntajes obtenidos después de aplicar a propuesta. Además, según la tabla 4, las medianas se encuentran en la categoría Regular para el grupo control, y en la categoría Alto para el grupo experimental. Tanto en el grupo control como en el experimental existen casos atípicos por debajo de los puntajes del grupo. Los casos 6 y 59 presentaron dificultades a la hora de realizar el cuestionario de

competencias mecánicas. El caso 55, es una estudiante con un rendimiento académico normalmente bajo y se vuelve a mencionar el acompañamiento que ofrece la institución de parte del grupo psicológico al que la estudiante no se ha acogido. El caso atípico por encima del grupo control es el caso varias veces mencionado de la estudiante que se distingue por su responsabilidad y buena actitud frente al aprendizaje.

Ahora bien, para verificar si existe una diferencia significativa entre las sinergias del grupo control y las del grupo experimental, también se realizó la prueba de U Mann Whitney. La tabla 51 muestra la prueba para ambos tipos de competencias.

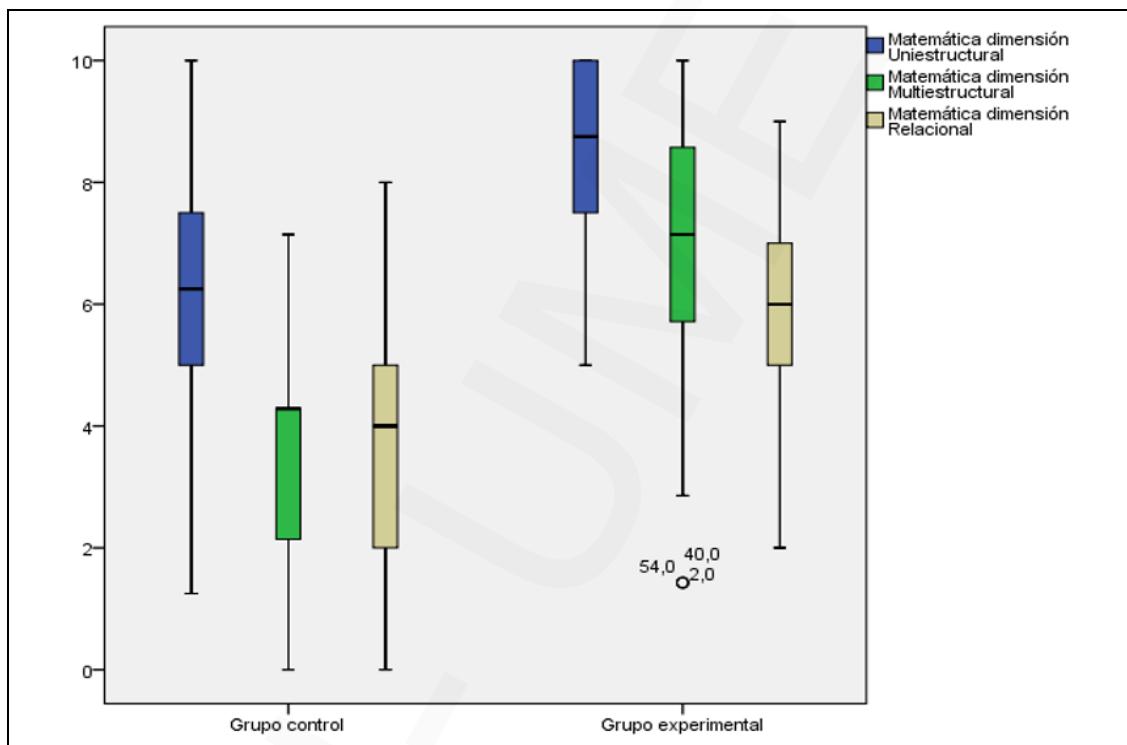
Tabla 51. Prueba U Mann Whitney: Comparación entre el grupo control y el experimental de las sinergias de competencias matemáticas y mecánicas

	Grupo	N	Rango promedio	Suma de rangos
Matemática	Grupo control	43	26,95	1159,00
Dimensión	Grupo experimental	29	50,66	1469,00
Uniestructural	Total	72		
Matemática	Grupo control	43	27,21	1170,00
Dimensión	Grupo experimental	29	50,28	1458,00
Multiestructural	Total	72		
Matemática	Grupo control	43	28,67	1233,00
Dimensión	Grupo experimental	29	48,10	1395,00
Relacional	Total	72		
Mecánica	Grupo control	43	25,92	1114,50
Dimensión	Grupo experimental	29	52,19	1513,50
uniestructural	Total	72		
Mecánica	Grupo control	43	30,92	1329,50
Dimensión	Grupo experimental	29	44,78	1298,50
multiestructural	Total	72		
Mecánica	Grupo control	43	27,87	1198,50
Dimensión	Grupo experimental	29	49,29	1429,50
relacional	Total	72		

	Matemática			Mecánica		
	Uniestructural	Multiestructural	Relacional	Uniestructural	Multiestructural	Relacional
U de Mann-Whitney	213,000	224,000	287,000	168,500	383,500	252,500
W de Wilcoxon	1,159,000	1,170,000	1,233,000	1,114,500	1,329,500	1,198,500
Z	-4,782	-4,655	-3,904	-5,258	-2,794	-4,288
Sig. asintótica (bilat)	,000	,000	,000	,000	,005	,000

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos

La tabla 51, confirma que existen diferencias significativas entre todas las sinergias correspondientes a las competencias matemáticas y mecánicas del grupo experimental y el grupo control. Con la intención de visualizar las diferencias entre ambos grupos con respecto a las sinergias de **competencias matemáticas** se ilustran los diagramas de caja y bigotes en la figura 52.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos

Figura 52. Comparación de las medianas de las sinergias del grupo control y el experimental en competencias matemáticas

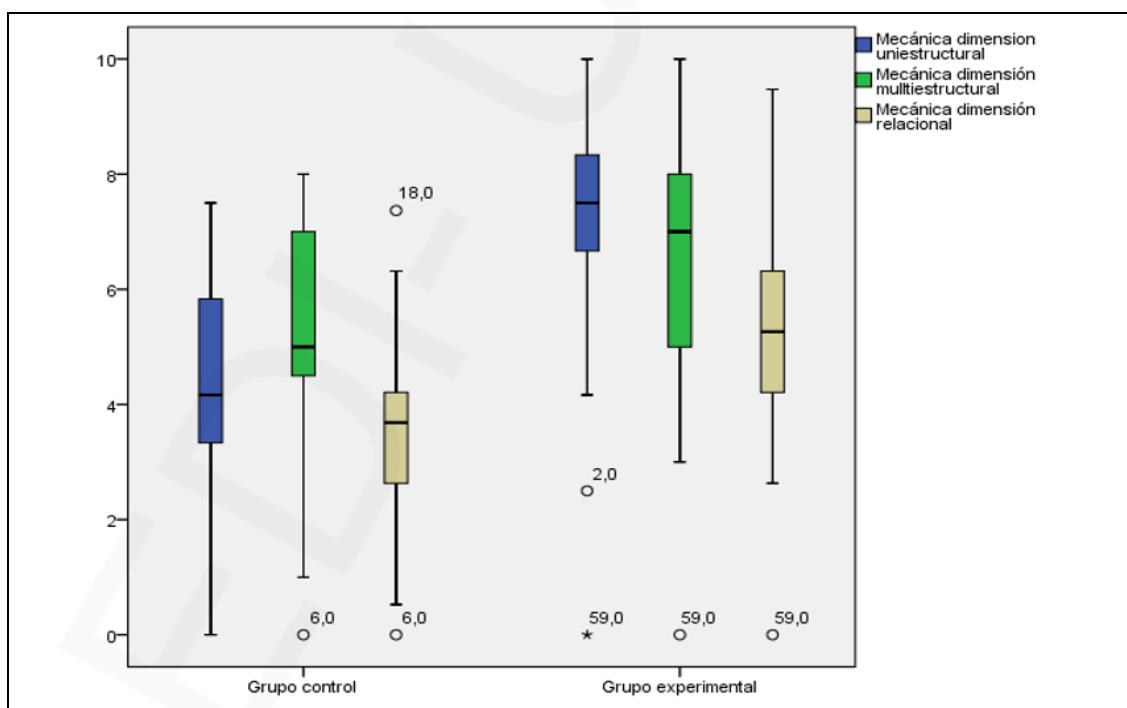
La Figura 52 muestra que, para el grupo control hay un decrecimiento en las medianas a medida que se avanza entre sinergias. Las medianas para las sinergias multiestructural y relacional se encuentran ubicadas en la categoría regular, mientras que la mediana de la sinergia uniestructural se encuentra en la categoría alta.

Para el grupo experimental se observa un decrecimiento en las medianas a medida que se avanza entre las sinergias. Según la tabla 4, la mediana para la sinergia

uniestructural presenta su valor máximo y se encuentra en la categoría Muy Alto, mientras que las sinergias multiestructural y relacional están en la categoría Alto. En la sinergia multiestructural se presentan tres casos atípicos por debajo de los puntajes de todo el grupo, lo cual se puede justificar debido a que las tres estudiantes estuvieron un tiempo de sólo seis meses en el programa.

Al comparar las sinergias entre el grupo experimental y el grupo control, se evidencia que todas las sinergias del grupo experimental están por encima de las correspondientes sinergias del grupo control. Es más, la sinergia multiestructural del grupo experimental está por encima, tanto de la sinergia multiestructural como de la sinergia uniestructural del grupo control.

En cuanto a las sinergias de **competencias mecánicas**, en la figura 53 se ilustran los diagramas de caja y bigotes por sinergia para los grupos control y experimental.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos

Figura 53. Comparación de las medianas de las sinergias del grupo control y el experimental en competencias mecánicas

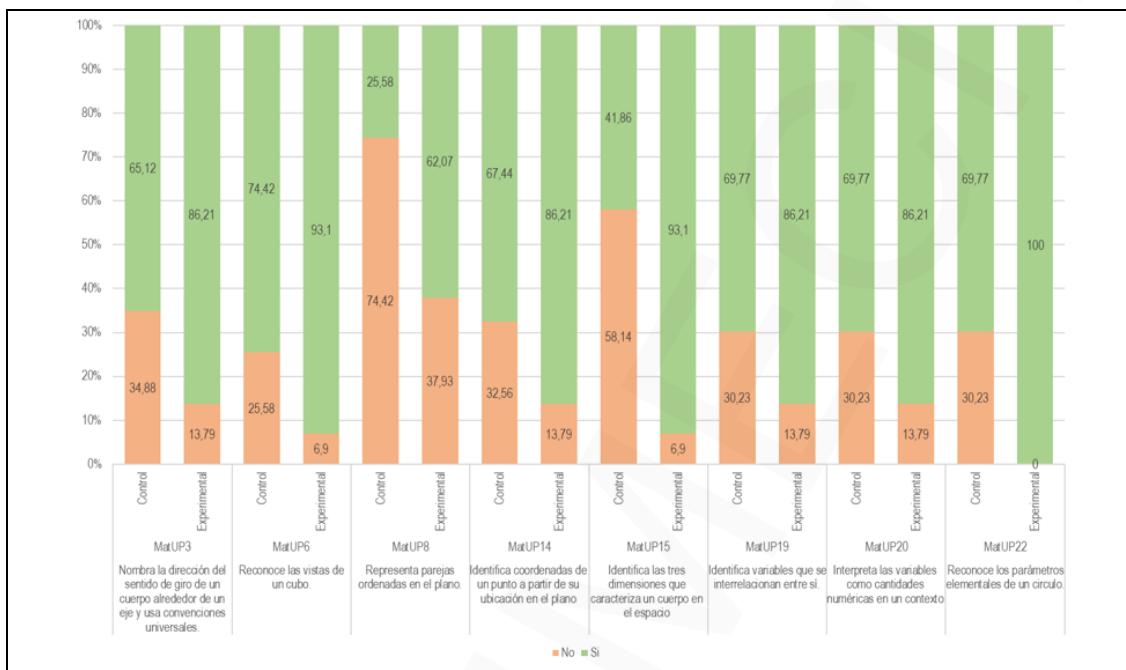
Para el grupo control se observa un comportamiento que no corresponde al paso entre sinergias. Debido a que las sinergias aumentan su complejidad una vez que se avanza a la siguiente, lo que se espera es que, a medida pasa de una a otra, las medianas tomen un valor menor que la anterior. Por ello, es de resaltar que la sinergia multiestructural haya obtenido una mediana mayor que la de la sinergia uniestructural. Las medianas para las tres sinergias se encuentran ubicadas en la categoría Regular.

Por otra parte, para el grupo experimental se observa un decrecimiento en las medianas a medida que se avanza entre las sinergias, como era de esperarse. Según la tabla 4, las medianas para las sinergias uniestructural y multiestructural se encuentran en la categoría Alto, mientras que la sinergia relacional corresponde a la categoría Regular. El caso atípico número 59, es una estudiante que presento problemas de salud al momento de aplicarse la prueba. La situación del caso atípico que se encuentra por debajo de los puntajes de todo el grupo en la sinergia uniestructural, se puede justificar debido a que la estudiante estuvo un tiempo de solo seis meses en el programa.

Al comparar las sinergias entre el grupo experimental y el grupo control, se observa que los puntajes de todas las del grupo de experimental están por encima de los correspondientes puntajes de las sinergias del grupo control. Es más, las sinergias uniestructural y multiestructural del grupo experimental está por encima de todas las sinergias presentadas en el grupo control.

A continuación, se presenta un análisis que arroja la comparación entre el grupo control y el experimental específicamente por cada ítem de **cada tipo de competencia**.

Para evidenciar mejor la diferencia entre el grupo control y el grupo experimental respecto a las competencias matemáticas se realizaron diagramas de barras de cada sinergia por cada ítem. En la figura 54 se muestra la comparación entre el grupo control y el grupo experimental para cada ítem de la sinergia uniestructural en las **competencias matemáticas**.

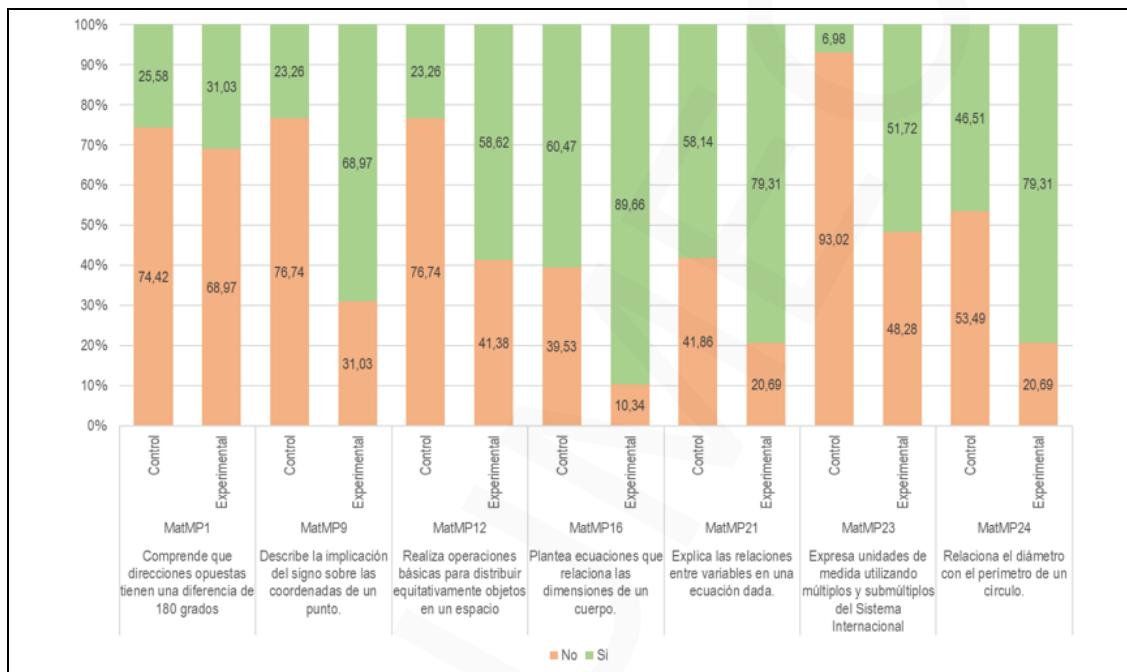


Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos

Figura 54. Comparación entre el grupo control y experimental para cada ítem de la sinergia uniestructural de las competencias matemáticas

La figura 54 muestra en franjas de color verde el porcentaje de las estudiantes que cumplieron con el ítem propuesto, y en franjas de color naranja el porcentaje de estudiantes que no lo logró. En todos los ítems se observa que el porcentaje de estudiantes que logra el indicador es mayor para el grupo experimental en comparación de las del grupo control. Existen ítems en donde la diferencia es grande como por ejemplo el ítem P8, que se refiere a representar parejas ordenadas en el plano, en el cual un 62,07% de las estudiantes del grupo de experimental alcanzaron el logro contra solo un 25,58% del grupo control que lo hizo. Un resultado importante se obtuvo en el ítem P22, el cual enuncia que las estudiantes reconocen los parámetros elementales de un círculo; se observa que el 100% de las estudiantes del grupo experimental cumplieron con el ítem, mientras que en el grupo control lo hicieron el 69,77%.

En la figura 55 se muestra la comparación entre el grupo control y el grupo experimental para cada ítem de la sinergia multiestructural en las competencias matemáticas.



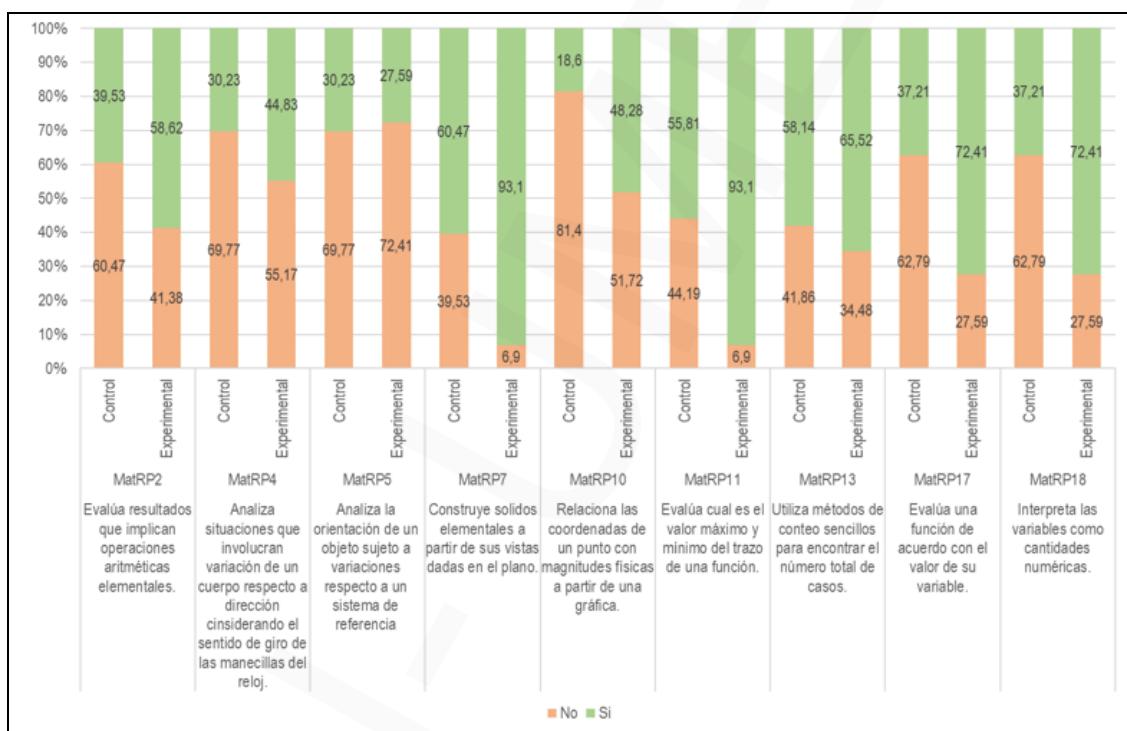
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos

Figura 55. Comparación entre el grupo control y experimental para cada ítem de la sinergia multiestructural de las competencias matemáticas

La figura 55 muestra en franjas de color verde el porcentaje de estudiantes que cumplieron con el ítem propuesto y en franjas de color naranja el porcentaje que no lo logró. En todos los ítems se observa que el porcentaje de estudiantes que logra el indicador es mayor para el grupo experimental que para el grupo control, pero en la sinergia uniestructural se observa una diferencia menor. El ítem donde se observa una mayor diferencia es el P9, que requería describir la implicación de los signos sobre las coordenadas de un punto, con un 68,97% de acierto para el grupo experimental *versus* 23,26% de acierto del grupo control. En el ítem P23, en el cual la estudiante debía expresar unidades de medidas utilizando múltiplos y submúltiplos del sistema internacional, también se observa una gran diferencia. En cambio, el ítem P1, tan solo

presenta una diferencia del 5,45%, con un 31,03% de estudiantes del grupo experimental que lograron comprender que las direcciones opuestas entre dos vectores tienen una diferencia de 180° , contra un 25,58% del grupo control que no logró comprenderlo.

En la figura 56 se muestra la comparación entre el grupo control y el grupo experimental para cada ítem de la sinergia relacional en las competencias matemáticas.



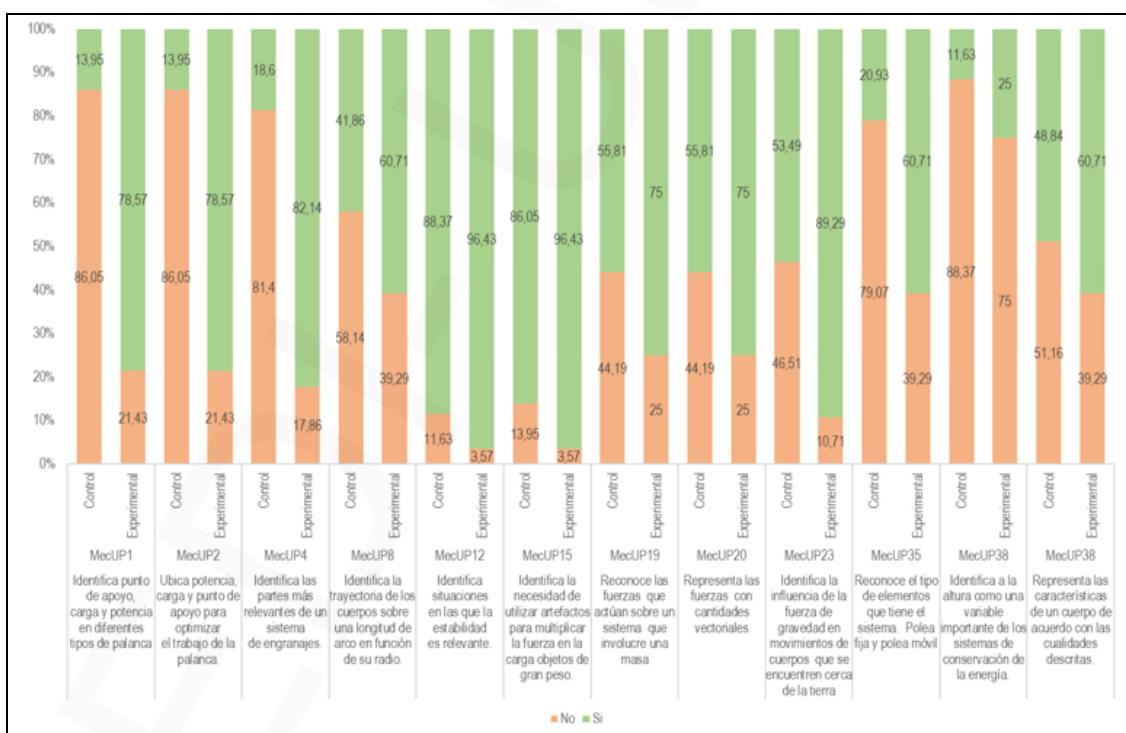
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos

Figura 56. Comparación entre el grupo control y experimental para cada ítem de la sinergia relacional de las competencias matemáticas

La figura 56 muestra en franjas de color verde, para la sinergia relacional, el porcentaje de estudiantes que cumplieron con el ítem propuesto y en franjas de color naranja el porcentaje de estudiantes que no lo logró. Se observa que existe un ítem en el cual el grupo control tiene un porcentaje mayor: el ítem P5. Se observa que un 27,59% de las estudiantes del grupo experimental analizaron la orientación de un objeto

sujeto a variaciones respecto a un sistema de referencia, mientras un porcentaje mayor del grupo control lo hizo: el 30,23%. En los demás ítems se observa que un porcentaje mayor de las niñas del grupo experimental cumplieron el ítem con respecto al grupo control. El ítem donde se observa una mayor diferencia es el P7, el cual enuncia que la estudiante construye sólidos elementales a partir de las vistas dadas en el plano; este ítem fue resuelto por un 93,1% de las estudiantes del grupo experimental *versus* 60,47% del grupo control.

Para evidenciar mejor la diferencia entre el grupo control y el grupo experimental respecto a las **competencias mecánicas** se realizaron diagramas de barras de cada sinergia por cada ítem. En la figura 57 se muestra la comparación entre el grupo control y el grupo experimental para cada ítem de la sinergia uniestructural en las competencias mecánicas.



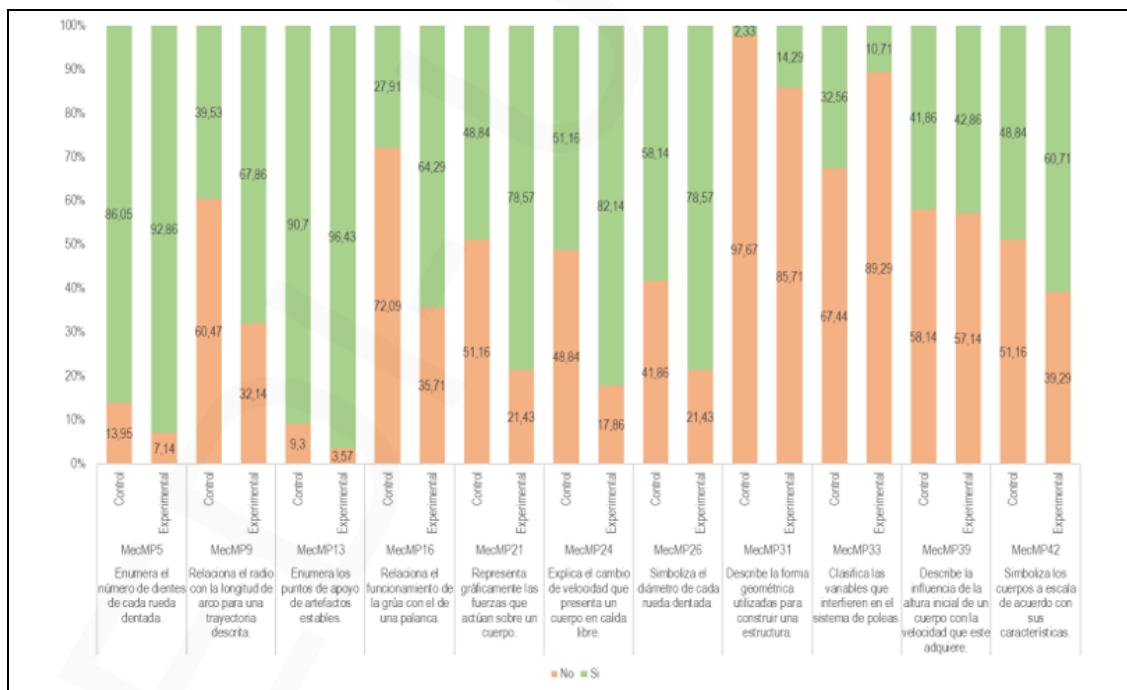
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos

Figura 57 Comparación entre el grupo control y experimental para cada ítem de la sinergia uniestructural de las competencias mecánicas

La figura 57 muestra en franjas de color verde el porcentaje de estudiantes que cumplió con el ítem propuesto en cada ítem, y en franjas de color naranja el porcentaje de estudiantes que no lo logró. En todos los ítems se observa que el porcentaje de estudiantes que alcanzó el logro es mayor para el grupo experimental que para el grupo control.

Existen ítems en donde la diferencia es muy grande como, por ejemplo, el ítem P4 que requiere que la estudiante identifique las partes de un sistema de engranajes, en el cual un 82,14% de las estudiantes del grupo de experimental alcanzaron el logro contra solo un 18,60% del grupo control.

En la figura 58 se muestra la comparación entre el grupo control y el grupo experimental para cada ítem de la sinergia multiestructural en las competencias mecánicas.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos

Figura 58. Comparación entre el grupo control y el experimental para cada ítem de la sinergia multiestructural de las competencias mecánicas

La figura 58 muestra en franjas de color verde el porcentaje de estudiantes que cumplió con el indicador propuesto y en franjas de color naranja el porcentaje de estudiantes que no lo logró.

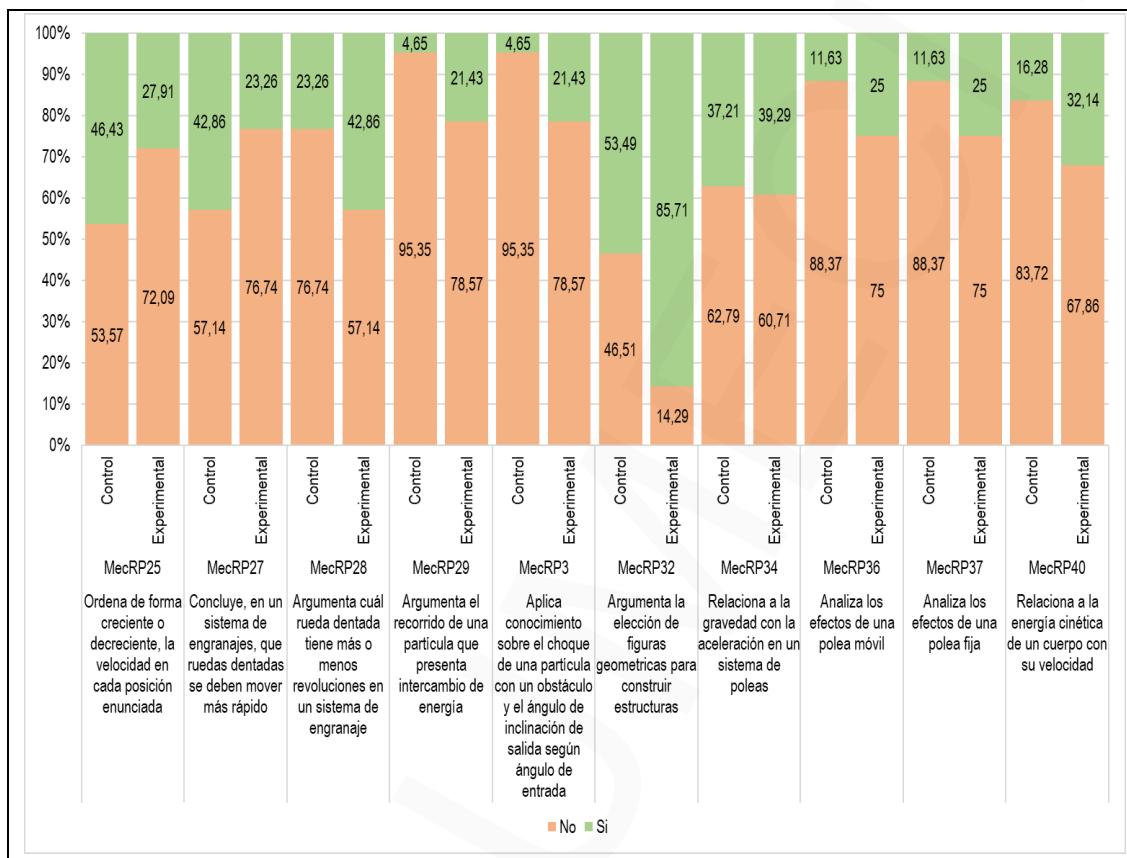
En la sinergia multiestructural se observa que todos los ítems favorecen a las estudiantes del grupo experimental, excepto el ítem 33, que solicitaba a la estudiante clasificar las variables que intervienen en un sistema de poleas. En dicho ítem, el 32,56% de las estudiantes del grupo control respondieron correctamente el ítem, mientras que sólo un 10,71% del grupo experimental lo logró. Además, en esta sinergia se percibe menos diferencia entre ambos grupos que la observada en la sinergia uniestructural.

El ítem donde se observa una mayor diferencia es el P16. En dicho ítem, la estudiante relaciona el funcionamiento de máquinas cotidianas con el principio de la palanca, con un 64,23% para el grupo experimental por encima del 27,91% obtenido por el grupo control.

En el ítem P24 de la sinergia multiestructural, el cual enuncia que la estudiante debe explicar el cambio de velocidad que experimenta un cuerpo en caída libre, también se observa una gran diferencia entre los grupos: el 82,14% de las estudiantes del grupo experimental lo respondió correctamente contra un 51,16% de las estudiantes del grupo control.

En contraste, el ítem P31, en el cual la estudiante describe las formas geométricas utilizadas para construir una estructura, tan solo presenta una diferencia del 11,96% a favor del grupo experimental, con el agravante de que muy pocas estudiantes respondieron correctamente el ítem.

En la figura 59 se muestra la comparación entre el grupo control y el grupo experimental para cada ítem de la sinergia relacional en las competencias mecánicas.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de los instrumentos

Figura 59. Comparación entre el grupo control y experimental para cada ítem de la sinergia relacional de las competencias mecánicas

En la figura 59 se muestran en franjas de color verde el porcentaje de estudiantes que cumplieron con el indicador propuesto y en franjas de color naranja el porcentaje de estudiantes que no lo logró, para la sinergia relacional de competencias mecánicas. Se observa que, en esta sinergia, la comparación arroja, ítems en los cuales, para el grupo control y el grupo experimental, se encuentran por debajo o por encima. También se observa que, en la mayoría de los ítems el porcentaje de estudiantes de ambos grupos que responde correctamente no supera el 50%, excepto en el ítem P32, el cual tiene solicita a la estudiante argumentar la elección de figuras geométricas para la construcción de estructuras: un 85,71% de las estudiantes del grupo experimental lo respondió correctamente contra un 53,49% del grupo control.

El ítem P6, que implica relacionar el número de dientes de un piñón con su diámetro, fue respondido correctamente por el 100% de las estudiantes del grupo experimental, mientras que de las estudiantes del grupo control el 93,02% lo hizo. Un caso especial ocurre en el ítem P14 en el cual la estudiante justifica la estabilidad de una estructura con argumentos matemáticos; en dicho ítem, el grupo control está por encima en cuanto, mientras que en el grupo experimental solo 6,98% de las estudiantes lo respondió correctamente, el grupo control superó este porcentaje con un 42,86%.

Si bien se observan algunas discrepancias en ciertos ítems, es claro que, en la mayoría de ellos, tanto para las sinergias de matemáticas como para las de mecánica, el grupo experimental tuvo un mejor desempeño

4.3. Discusión de resultados

El objetivo de esta investigación fue evaluar la efectividad de la educación STEM en el desarrollo de competencias matemáticas y mecánicas en estudiantes de género femenino de la educación básica secundaria de la Institución Educativa Lorenza Villegas de Santos ubicada en la ciudad de Medellín, Colombia. Para ello se realizó un **primer diagnóstico** del desempeño académico en las áreas de matemáticas y ciencias naturales para ambos grupos de niñas, antes de la intervención, y se utilizaron las calificaciones de las estudiantes de grado 8 y 9, para las áreas de matemáticas y ciencias naturales durante 2016, 2017, 2018.

Durante el diagnóstico inicial, las medianas de **matemáticas** para el grupo completo de niñas, en el año 2016 se ubicaron en la categoría básico, y los puntajes decrecieron progresivamente en 2017 y 2018. El hecho de que las calificaciones de las estudiantes en matemáticas presentaron un comportamiento decreciente preocupa porque podría ser un indicio de que las estudiantes estaban adquiriendo las competencias previstas por el currículo de educación de manera satisfactoria, lo cual

se estaba reflejando con un bajo desempeño en los grados siguientes, tanto matemáticas como en las áreas afines.

Esto podría ser un indicativo del deterioro de la calidad educativa en el área de matemáticas, o de un incremento de la desmotivación de las estudiantes hacia esas áreas, a medida que aumenta su grado de escolaridad. Otra razón pudiera estar relacionada con los rezagos generados por la promoción automática que se instauró como política nacional para que en una institución existiera una repitencia no mayor del 5%. Esta promoción automática consiste en que los estudiantes con bajo desempeño a lo largo del año escolar, y que no han logrado las competencias mínimas, terminan siendo promovidos al siguiente grado gracias a algún apoyo remedial, pero esto no garantiza que tengan los conocimientos ni las habilidades para afrontar los retos del grado que inician. La obligación de no sobrepasar el tope máximo de repitencia del 5%, implica promociones a los grados siguientes, en las cuales desempeño en las diferentes áreas -entre ellas matemáticas-, es bajo.

Es válido aclarar que, a pesar de que las niñas que hicieron parte del este estudio se vieron afectas al principio de su vida escolar por dicha política gubernamental, los vacíos que van quedando a lo largo de su proceso educativo van teniendo mayor impacto a medida que avanzan a los grados superiores, porque los vacíos conceptuales se van acumulado.

Otra posible causa del decrecimiento de los puntajes en matemáticas es que a medida que aumenta la escolaridad, la exigencia académica también lo hace. Sin embargo, si se garantizara que las estudiantes fuesen promovidas de un grado a otro con las competencias fundamentales, entonces se lograría un proceso educativo coherente, y los niveles de exigencia, así como las capacidades, actitudes y aptitudes en todas sus dimensiones, deberían aumentar de manera acorde con el crecimiento de la persona.

Aunque los puntajes de las estudiantes no desmejoraron ostensiblemente en el período correspondiente al diagnóstico, se recalca que las medianas presentaron una tendencia a la baja, y resulta preocupante que las estudiantes no hubiesen mejorado su desempeño a medida que iban aprobando los grados.

Un aspecto importante es la forma de promoción que rige al colegio de acuerdo con el Sistema Institucional de Evaluación de los Estudiantes (SIEE). Dicho sistema plantea planes de apoyo de manera permanente en todo el proceso educativo de la estudiante, y sobre todo al final de año. Este sistema propone que la estudiante presente un trabajo que normalmente no es objeto de sustentación, y aprueban de esta forma las asignaturas con una nota definitiva que refleja un desempeño aceptable.

Otra posible explicación del desempeño decreciente es la falta de relación que se presenta entre las áreas de estudio. En la institución, matemática tiene una intensidad horaria de seis horas, y en ningún momento el docente cambia de ambiente ni propone proyectos transversales con otras áreas. Las niñas manifiestan sentirse aburridas al momento de ingresar a la clase, y afirman que es una asignatura muy tediosa. Esto coincide con lo planteado por Ocaña et al. (2015), quien afirma que el hecho de que la matemática se orienten de manera separada propicia que el estudiante asuma los conceptos matemáticos de manera segmentada y no encuentre aplicación para ellos.

Lo anterior se puede deber a que los docentes no manejan herramientas didácticas diferentes a la tiza y al tablero. Además, las estudiantes no encuentran relación alguna entre los contenidos aprendidos en el área. Esto merece atención, pues Rodríguez (2011) afirma que todas las áreas necesitan de las matemáticas como apoyo para la comprensión de una u otra manera, por lo cual, es importante la inmersión en problemas reales y contextualizados durante la enseñanza de las matemáticas.

Un indicio de que las estudiantes fueron promovidas al grado siguiente mediante las actividades de mejoramiento, es que la mayoría obtuvieron desempeño en la

categoría Básico. Las estudiantes fueron promovidas por medio de un taller escrito y en ningún momento se garantizaron las competencias mínimas propuestas para dicha promoción.

El hecho de que las estudiantes tuvieran un desempeño tan bajo que necesitaran de un taller de apoyo para aprobar, se puede deber a varias causas. Una primera causa puede ser que las estudiantes faltaban reiteradamente a clase, pero contaban con una justificación de sus acudientes. Estas faltas en la asistencia afectan de manera negativa el rendimiento académico, lo cual es una tendencia que más adelante puede llevar a la deserción.

Una consecuencia que se observa en los grados siguientes, en los resultados de las pruebas Saber, y en la elección de una carrera profesional por mencionar algunas, es la falta de un pensamiento crítico de parte de las estudiantes. Según Campos (2020) la educación básica secundaria debe garantizar que la persona desarrolle su pensamiento crítico, y una de las formas de hacerlo es mediante el aprendizaje de las matemáticas.

Por otra parte, para el área de **ciencias naturales** las medianas durante los tres años (2016, 2017, 2018), también se ubicaron en un nivel de desempeño básico, y las diferencias de un año a otro fueron mayores que en matemáticas. Al igual que en matemáticas, lo más probable es que las niñas fueron promovidas al grado siguiente mediante las actividades de mejoramiento y planes de recuperación. El gran número de oportunidades para que las niñas presenten los planes de recuperación, junto con el desgaste que puede tener el docente al final del año y la imposibilidad de verificar las competencias que desarrollaron las estudiantes a lo largo del año, hacen que el docente, solo tenga en cuenta las calificaciones de un taller que probablemente no es solo de autoría de la estudiante.

El hecho de que los puntajes de las estudiantes en ciencias naturales fueran significativamente decrecientes durante los tres años, y se ubicaran en el límite para aprobar el área, se puede explicar con algunos de los aspectos mencionados para el área de matemáticas, la segregación de las áreas, la didáctica utilizada y la desmotivación por parte de las estudiantes. Además, la falta de prácticas experimentales en el proceso de enseñanza de las ciencias naturales en la institución es una causa importante del bajo rendimiento académico en dichas áreas. Para Busquets et al. (2016), una situación que preocupa es que los docentes de ciencias naturales se ocupan demasiado de los procesos memorísticos y hay poco espacio para la experimentación, por lo que lo único que se logra son situaciones contraproducentes que llevan al estudiante a descartar las ciencias naturales de su proyecto de vida académico.

Un aspecto importante a resaltar en los resultados del área de ciencias naturales es que, aunque las estudiantes tienen un puntaje muy cercano al puntaje mínimo para aprobar, todas las estudiantes fueron promovidas en los tres años al grado siguiente. De nuevo se cuestiona el hecho de los planes de recuperación, por lo que esto es un aspecto importante que debe replantear la institución en su Sistema Institucional de Evaluación para Estudiantes (SIEE), debido a que al parecer los planes de mejoramiento disminuyen el número de repitentes, pero a costa de la calidad educativa. En este sentido, para Vallejo (2018) es urgente que se apliquen propuestas que estén dirigidas al estudio de las consecuencias de los diferentes mecanismos de promoción en la básica secundaria en relación con el éxito escolar.

Es evidente una falta de correspondencia entre el desempeño de las estudiantes y la valoración que otorga el docente para ciencias naturales, sobre todo al final del año, por lo que las estudiantes que son promovidas a los grados siguientes bajo estas condiciones de entrada, presentan desventajas y se les dificulta más el desarrollo de las nuevas competencias, lo cual se convierte sin lugar a duda, en un círculo vicioso que se repetirá a lo largo de toda su formación escolar. Al respecto, Vallejo (2018) afirma

que algunas políticas educativas en Colombia han sido producto de improvisaciones administrativas y no del resultado de discusiones académicas entorno a investigaciones, por lo cual su implementación no ha disminuido en nada la deserción, el bajo rendimiento académico y la precaria calidad educativa.

Es importante aclarar que, durante los tres años, la institución conservó las mismas condiciones académicas respecto al proceso de enseñanza, tanto de matemáticas como ciencias naturales. No hubo cambios para el plan de área, ni traslado de docentes de un grado a otro, ni se modificó el sistema de evaluación institucional. Tampoco se realizaron intervenciones a partir de programas educativos o de proyectos extracurriculares que favorecieran el rendimiento.

Al comparar los puntajes entre las dos áreas, se observa que las calificaciones de matemáticas siempre se encuentran por debajo de las de ciencias naturales, lo cual puede ser un resultado lógico de la apatía histórica hacia las matemáticas. Para Aguilar et al. (2015) la apatía es una actitud personal que trata de disimular la falta de conocimientos al momento de afrontar un reto y, debido a que las matemáticas plantean constantes retos, los estudiantes utilizan la apatía como mecanismo para justificar las bajas competencias desarrolladas en el área.

Aunque el desempeño de matemáticas está por debajo del de ciencia naturales, es de anotar que la tendencia a la desmejora solo es significativa en ciencias naturales. Lo anterior preocupa, pues se puede interpretar que en matemáticas ya se están evaluando los desempeños de los estudiantes en el límite mínimo para ser promovidas –las notas no pueden bajar más allá de ese límite, aunque su desempeño en realidad si haya disminuido-, lo cual evidencia que la promoción a los grados siguientes en matemáticas no se realizó sobre la base del aprendizaje esperado. Es importante recalcar que en matemáticas pocas estudiantes no aprobaron el área, mientras que en ciencias naturales todas aprobaron durante los tres años. Para Rius (2015) es común que las matemáticas sea una de las áreas que más se dificulte para los estudiantes. Es

por ello, que se hace necesario despertar en los jóvenes la curiosidad científica de manera interdisciplinaria, que permita no solo resolver problemas sino también incrementar la capacidad de formularlos, para disminuir la apatía hacia los números.

Un **segundo** aspecto objeto de análisis se centró en la comparación del rendimiento entre el grupo control y el grupo experimental en las dos áreas, antes de la intervención. Para matemáticas, las medianas del grupo control no presentaron diferencias significativas; lo anterior mostró que los grupos partieron de las mismas condiciones y que el desempeño académico de las niñas presentaba comportamientos similares. Ello es de esperarse, debido a que las niñas comparten el mismo ambiente, los mismos profesores, los mismos planes de área, por lo que no debían existir diferencias significativas entre ambos grupos antes de la intervención para las dos áreas. Para confirmar esto, se observó también que, para ciencias naturales, tanto el grupo control como el grupo experimental, presentaron valores idénticos de las medianas, por lo tanto, se concluyó que no existen diferencias significativas entre ambos grupos para ninguna de las dos áreas.

Es importante resaltar que la equivalencia de los grupos facilitó la evaluación de la intervención al grupo experimental y así su comparación con el grupo control, y que evidentemente existía la necesidad de una intervención. Este aspecto no es particular, sino que se trata de una problemática que se debe resolver a nivel nacional. Barrera et al (2012) afirman que de los 65 países que participaron voluntariamente en las pruebas PISA 2009, se obtuvieron resultados poco alentadores para Colombia, quien se ubicó en el puesto 58 en matemáticas, 52 en lenguaje y 54 en ciencias naturales. Además, preocupa el hecho de que la mayoría de los estudiantes colombianos que participaron en dicha prueba se encuentran en el nivel 2 de 6, lo cual implica que tienen dificultades para desenvolverse de manera acertada en aspectos relacionados con esas áreas.

El **tercer** aspecto investigado fue la implementación de la propuesta al grupo experimental. Al inicio de la intervención, se observó que las estudiantes presentaban

una actitud pasiva, solo esperaban instrucciones del docente y las mismas estudiantes limitaban su participación. Esto puede ser consecuencia de lo que Martínez (2013) denomina educación “magistrocéntrica”, caracterizada por el hecho de que el docente es puramente expositivo, no se da espacio para las relaciones ni entre los docentes con los estudiantes ni los estudiantes con sus pares, de manera que gran parte de lo que ocurre en el aula depende de la intención del docente y el estudiante solo se limita a copiar, realizar pocas preguntas y actuar como lo hace la mayoría de la clase. Así mismo, al considerar que este es casi el único modelo conocido por los estudiantes, modificar esta forma de enseñanza y concebir otras posturas, implica un trabajo exhaustivo por parte de la comunidad educativa que, además, requiere de tiempo.

Otra situación fundamental observada, sobre todo en las primeras sesiones de la intervención, fue la dificultad de las estudiantes para trabajar en equipo. Se presentó un rechazo de las niñas del grado noveno a trabajar con sus pares del grado octavo. Al parecer, el rechazo que se presentó por parte de las estudiantes de los grados mayores también pudo ser debido a falta de seguridad y falta de costumbre para trabajar en equipo. Este aspecto se mejoró mucho con el paso de las sesiones de trabajo y la distribución de roles, además la relación entre las niñas fue la más adecuada. Al final de la etapa se observó un compromiso alto de las estudiantes, y estuvieron focalizadas en sus tareas y responsabilidades, además del compañerismo que mostraron para llevar a cabo las metas propuestas. Esto reafirma lo encontrado por Galilei Proyect (2018): la interacción entre estudiantes mediante el trabajo en equipo mejora la comprensión, desarrolla el pensamiento crítico, genera buenas relaciones entre los integrantes del equipo y mejora las relaciones sociales e interpersonales en general.

Durante el proceso se trabajó en actividades con base en un calendario de actividades y obligaciones ligadas a una fecha límite. Esto generó un sentido de responsabilidad que no se había observado antes en las estudiantes. En conjunto se elaboraron las normas de convivencia y de trabajo que se debían respetar durante toda

la ejecución de la propuesta. El hecho de que las niñas elaboraran sus normas permitió que estas tuvieran mayor validez y se tomaran en cuenta a lo largo de la ejecución de la propuesta, además se evidenció la apropiación del conocimiento mediante el trabajo colaborativo.

Un aspecto importante a resaltar durante la aplicación de la propuesta fue la elaboración del Cuaderno de Ingeniería. La construcción de este fue responsabilidad de todas las integrantes del grupo de trabajo. Una de las condiciones iniciales era que el cuaderno se debía construir con material desechable. En él se plasmaron todos los caminos, opciones, formas y metodología para lograr un resultado óptimo en cada actividad propuesta. Para ello las estudiantes consolidaron habilidades como gestión de proyectos, gestión del tiempo, creación, liderazgo y trabajo en equipo. En todo momento las estudiantes identificaron un cierto problema, realizaron una lluvia de ideas y, después de muchos intentos, elaboraron un diseño que debía ser probado y mejorado hasta que se identificaba la mejor solución del problema real. Los aprendizajes, dificultades, obstáculos, momentos de éxito y fracaso, absolutamente todas estas situaciones, quedaron plasmadas en el cuaderno de ingeniería. El cuaderno de ingeniería documentó todo lo que cada equipo realizó durante su proceso de diseño, para ello se incluyó: tabla de contenido, notas de las reuniones, conceptos, aprendizajes, fotos, esquemas, diagramas, observaciones, pensamientos de las integrantes, prácticas y demás momentos del aprendizaje compartido. Esto está en concordancia con lo afirmado por Bores (2006) cuando señala que un cuaderno de seguimiento puede clarificar los objetivos propuestos en cada actividad y aclarar dudas por parte del estudiante, al tiempo que se registran en él las posibles soluciones para un problema dado. Además, todo lo escrito se convierte en una evidencia del mejoramiento de un proceso para que se pueda consultar en cualquier momento.

De otro lado, las estudiantes comprendieron que el profesor no era el responsable de generar el conocimiento, sino que este se iba construyendo entre todos. Algunas

estudiantes cuestionaron el hecho de que las áreas no se enseñaran de esta forma en las clases habituales. Muchas estudiantes afirmaron que comprendieron de manera más sencilla aspectos y conceptos que no pudieron comprender en el aula de matemáticas, tales como las dimensiones de un cuerpo, entre otros. Al utilizar elementos de medida como la regla y el trasportador, y contrastarlos con la simulación virtual, varias estudiantes justificaron sus respuestas de manera correcta y las aplicaron en el diseño de un robot, con lo cual se evidenció un aprendizaje significativo.

Durante la propuesta se observó que las estudiantes mejoraron su experiencia de aprendizaje apoyadas en el trabajo en equipo, se evidenció un ambiente agradable en el cual las niñas disfrutaron de todos los momentos y, al contrario de las clases regulares, las niñas expresaron que el tiempo de trabajo era muy poco. En esta línea, Galilei Proyect (2018) afirma que el trabajo en equipo en la secundaria favorece la responsabilidad, desarrolla la empatía, potencia el respeto por el otro, fomenta la enseñanza entre los estudiantes y aumenta la motivación por aprender.

Por otro lado, se resalta que todas las actividades de la propuesta fueron basadas en la experimentación. Las actividades se diseñaron para estudiar fenómenos físicos tales como el desplazamiento, las fuerzas, la estática y la fricción, con lo cual se integraron varias áreas de conocimiento, y las estudiantes comprendieron conceptos desde las matemáticas, la geometría, la física, la estadística y la programación entre otros. Las niñas mostraron interés permanente por todas las actividades, y se resaltó que, sin siquiera darse cuenta, integraron los conocimientos de diferentes áreas, desarrollaron diversas habilidades y valoraron sus resultados de acuerdo con pruebas de ensayo y el error. Al respecto, Coello et al. (2019) afirman que la participación de estudiantes en ambientes interdisciplinarios STEM desarrolla competencias cognitivas, actitudinales y de pensamiento crítico de manera significativa.

Un **cuarto aspecto** que se consideró en el análisis de los resultados de esta investigación es la descripción del rendimiento en matemáticas y ciencias naturales de

las niñas de 8° y 9° grado, después de la aplicación de la propuesta. Para ello, se compararon las estudiantes de grado 9° con las estudiantes de grado 8° durante los años 2019 y 2020. Dicha comparación arroja rendimientos académicos que tienden a la mejora de los dos grados en el año 2020, pero existe un indicio de que las estudiantes de grado 9° presentan mejor rendimiento en ambas áreas que las de grado 8°. En este caso, llama la atención que las niñas de 8° grado solo estuvieron 8 meses en el programa, mientras que las de 9° permanecieron durante 18 meses. Estos resultados evidencian que probablemente un tiempo de permanencia mayor en el programa puede generar resultados mucho más favorables.

Un **quinto aspecto** que se determinó en el transcurso de la investigación fue la contrastación del rendimiento académico en matemáticas y ciencias naturales del grupo control, **antes y después de la propuesta**. En este caso se esperaba que no hubiese cambios significativos, debido a que el grupo control no participó en el programa. Para ello, se evaluó la efectividad del programa a partir de los cambios ocurridos en las calificaciones de ciencias naturales y matemáticas, antes y después de la intervención.

Para el **grado 9°** se tomaron como pretest las calificaciones del año 2018 y como post test las de los años 2019 y 2020. Para el área de **matemáticas**, ambas medianas de los puntajes se ubicaron en la categoría básico. Se observó una tendencia a la mejora durante la última parte del postest, es decir en el año 2020. Una posible justificación podría ser la continuidad de la docente que dictaba área, quien fue la misma durante los dos años para todas las estudiantes. Esto pudiera evidenciar un aporte importante del docente al desarrollo de las competencias, debido a un proceso educativo coherente.

Además, aunque, tanto en el pretest como en el postest, los puntajes de este grupo permanecieron en la categoría básico, se encontró una diferencia significativa en la cual los puntajes del postest fueron más altos que los del pretest. Con lo cual es importante considerar la posible influencia de la continuidad en un proceso educativo bien realizado, debido a que solo en este grupo se mantuvo la misma docente durante los

dos años. En todo caso, lo ocurrido, es lo que se espera en un proceso educativo: que al finalizar un ciclo los estudiantes muestren un mejoramiento respecto a las competencias propuestas en el área. Sin embargo, esto no ocurrió para el grupo de grado 8° en matemáticas, ni para la asignatura de ciencias naturales en ambos grupos.

En efecto, para el grado 9° en el área de **ciencias naturales**, no hubo cambios del pretest (2018) al postest (2019, 2020), porque las diferencias no fueron significativas. Así mismo las medianas de los puntajes siempre se ubicaron en la categoría básico.

Para el **grado 8°** se tomaron como pretest las calificaciones del año 2018 y como postest los puntajes del año 2020. Para ambas áreas, **matemáticas y ciencias naturales**, las medianas de los puntajes en los dos grupos se ubicaron en la categoría básico, y no se presentaron cambios significativos en los puntajes.

Lo que se esperaba era que el desempeño fuera igual en ambas áreas para los dos grupos antes y después de la intervención, por lo tanto, se cumplió la hipótesis. Al parecer el único interés de la mayoría de las estudiantes fue ser promovidas al grado siguiente sin importar mucho el desarrollo de habilidades y competencias, dado que quedaron en el límite inferior de la categoría básico, lo cual significa que aprobaron con el mínimo esfuerzo y probablemente con programas de recuperación.

Por otra parte, puede ser que, por el alto número de estudiantes en las aulas, fuese difícil que los docentes realizaran un seguimiento adecuado al proceso educativo de cada estudiante. Además, con estos resultados se reitera la importancia de investigar la efectividad de los procesos de mejoramiento en las áreas. Por último, se recalca la necesidad de una reflexión pedagógica que permita mejorar dicha situación, debido a una posible evidencia de que las estudiantes fueron promovidas de un grado a otro sin las competencias mínimas necesarias para su promoción en las áreas en cuestión.

Las deficiencias en la enseñanza de las ciencias naturales y en las matemáticas traen consecuencias que requieren especial atención para ser resueltas. Algunas

consecuencias se enmarcan en el rendimiento deficiente, la deserción estudiantil, la pérdida del interés por acceder a la formación superior en áreas STEM, entre otras. Diaz et al. (2014) apoyan esta idea cuando afirman que varias áreas de la básica secundaria no se orientan ni se enseñan de manera adecuada, y una de las falencias que aparece es la forma en que se están enseñando dichas áreas.

Un **sexto aspecto** que se analizó fue la determinación de los cambios en el rendimiento académico en matemáticas y ciencias naturales del **grupo experimental, antes y después de la propuesta**. Para ello, se debe tener en cuenta que las estudiantes de grado 9° permanecieron en el programa por un tiempo de 18 meses, mientras que las estudiantes de grado 8° solo 6 meses. Lo que se esperaba era que los resultados del postest fuesen significativamente superiores a los del pretest.

Según lo esperado, al analizar el grupo experimental, las estudiantes de **grado 9°** obtuvieron un cambio significativo en el rendimiento académico en ambas áreas, del pretest al postest. Tanto en matemáticas como en ciencias naturales se observó una mejoría en el desempeño del nivel básico al nivel alto.

Una primera observación es que el programa siempre se realizó en jornada contraria a la jornada de las estudiantes, lo cual requería de un compromiso de parte de ellas para participar en las actividades. Esto complementó y reafirmó los aprendizajes obtenidos dentro del currículo regular. Otro aspecto importante fue la participación de las estudiantes de manera voluntaria en el programa, lo cual hizo evidente que la motivación de las estudiantes fuera alta durante todo el programa, a partir de la propuesta de soluciones para problemas reales y el trabajo en equipo. Esto reafirma lo concluido por Miramontes et al. (2018) en un estudio en el cual concluyeron que la motivación de los estudiantes hacia el aprendizaje de las ciencias y la tecnología adquiría importancia si se partía de la formulación de una situación problema que debía ser resuelta con base en la interacción entre ellos.

Para el **grado 8°**, al analizar el grupo experimental en el área de matemáticas, las estudiantes mantuvieron un desempeño alto tanto en el pretest como en el postest. A diferencia de las estudiantes del grado 9°, los puntajes no cambiaron significativamente, pero se debe hacer énfasis en que los puntajes no desmejoraron al cambiar de grado. Es común que los puntajes en ciencias naturales y matemáticas de las estudiantes desmejore a medida que las estudiantes son promovidas entre los grados. Sin embargo, en este caso no ocurrió así.

Para ciencias naturales, el grupo experimental de 8° grado no obtuvo cambios significativos en los puntajes del pretest al postest. Lo anterior es probable que haya ocurrido por la poca permanencia en el programa de las estudiantes de grado 8° con respecto las del grado 9°.

Los resultados obtenidos evidenciaron que la permanencia en el programa es fundamental a la hora de obtener buenos resultados. Además, al parecer la intervención basada en el enfoque STEM fue acertada, pertinente y contextualizada debido a que se desarrollaron competencias propuestas en los currículos de las dos áreas, con base en la solución de problemas, en el trabajo en equipo y en la integración de áreas. Lo anterior lo reafirma Jaimes (2017), cuando evidenció, en su experiencia, que los estudiantes integraron y afianzaron conocimientos a partir de contenidos interdisciplinarios en un trabajo colaborativo y, además, adquirieron competencias científicas, matemáticas, comunicativas, de pensamiento crítico y su trabajo en equipo mejoró ostensiblemente.

Por último, se compararon las competencias matemáticas y mecánicas **tanto del grupo control como del experimental después** de la aplicación de la propuesta a partir de los dos instrumentos (competencias matemáticas y competencias mecánicas), aplicados en el postest. Lo anterior se hizo de acuerdo con el nivel de escolaridad de las estudiantes.

El resultado obtenido en el postest, para las estudiantes del **grupo control** tanto para las competencias matemáticas como para las mecánicas, arroja una mediana en la categoría regular. Los puntajes se analizaron de acuerdo con la taxonomía SOLO, así se logró evaluar los niveles de aprendizaje de las estudiantes en términos de su progreso. En **competencias matemáticas**, la mediana se encontró en una categoría regular y se observó que la mayoría de las estudiantes se ubicó en la sinergia uniestructural, lo cual era lo que se esperaba. En esta sinergia, las estudiantes solo identifican, enumeran y realizan procedimientos sencillos sin vincular conceptos. Al respecto, Riveros et al (2020) resaltan la importancia de la taxonomía SOLO para construir evaluar el nivel cognitivo de los estudiantes en una disciplina determinada.

En cuanto al resultado de las **competencias mecánicas**, para el **grupo control** la mediana se ubicó en un desempeño regular, lo cual hace evidente la necesidad de una intervención que mejore las competencias matemáticas y mecánicas de las estudiantes.

Por otro lado, el **grupo experimental** obtuvo una mediana ubicada en la categoría alta tanto en **competencias matemáticas** como en **competencias mecánicas**. Además, se observó que, en el grupo experimental, se presentaron estudiantes con un mejor desarrollo de competencias matemáticas que de competencias mecánicas. Un resultado importante fue que ninguna estudiante se encontró en la categoría muy baja respecto a las competencias matemáticas, y que la distribución de ambas competencias fue bastante similar para las niñas del grupo experimental. Es importante resaltar el impacto positivo debido a la intervención con el enfoque STEM. No solo se mejoraron aspectos como el trabajo en equipo y la motivación frente a las áreas de matemática y ciencias naturales, sino que también se evidenció una mejora significativa respecto a sus competencias.

Al realizar la comparación entre el grupo control y el grupo experimental se observó que hubo una diferencia significativa entre ambos, tanto para las competencias

matemáticas como para las competencias mecánicas. Este resultado muestra un impacto positivo de las estudiantes que participaron en la propuesta en comparación con las que no participaron.

Respecto a las **competencias matemáticas**, se evidenció la mediana del grupo experimental se ubicó por encima de la mediana del grupo control en el puntaje global. De igual manera, respecto a las **competencias mecánicas** se encontró que la mediana del grupo experimental se ubicó por encima de la mediana del grupo control en el puntaje global. Esto reafirma lo concluido por Vélez (2019), respecto a la posibilidad de ampliar conocimientos que pueden ser abstractos, mediante la experimentación permanente enfocada a resolver un problema real mediante el enfoque STEM.

Al comparar las sinergias entre el grupo experimental y el grupo control, se observó que todas las medianas de las sinergias del grupo experimental estaban por encima de las correspondientes sinergias del grupo control. Es más, las sinergias uniestructural y multiestructural del grupo experimental estaban por encima de todas las sinergias presentadas en el grupo control.

Todo lo anterior permite afirmar que la aplicación el programa basado en el enfoque STEM resultó ser efectiva para mejorar el rendimiento y lograr un mayor aprendizaje de competencias matemáticas y mecánicas.

CAPÍTULO V.

CONSTRUCCIÓN TEÓRICA

5.1. Construcción teórica

En la investigación se adoptó el término “enfoque didáctico” para denominar la forma de enseñanza basada en STEM. El enfoque presenta dos grandes pilares: la integración de áreas y la robótica educativa. Según Abraham et al. (2010) la didáctica ofrece al docente herramientas, conocimientos y métodos para llevar a cabo procesos formativos que obligan la selección de contenidos significativos y de elementos esenciales y necesarios para hacer de la enseñanza y del aprendizaje procesos agradables, con un resultado satisfactorio respecto al desempeño de los estudiantes. Así mismo.

La integración de áreas es un concepto fundamental del enfoque STEM, el cual incorpora, con igual grado de importancia, la ciencia, la tecnología, la ingeniería y la matemática. Esta integración de áreas corrige el error de la segmentación de las áreas propia de la forma de enseñanza tradicional utilizada actualmente en la educación. Además, es importante resaltar que, aunque el acrónimo STEM solo menciona las cuatro áreas, el enfoque está abierto a la participación integral de todas las disciplinas del conocimiento.

El segundo aspecto fundamental es la robótica educativa, la cual sirvió de excusa para la implementación del enfoque STEM, pero es solo una de varias opciones para ello. Según Acuña (2012) la robótica educativa genera en el estudiante el desarrollo de competencias en diseño, la creatividad y la programación mediante la vinculación de acciones mentales en una construcción propia del estudiante, para llevar a cabo una tarea específica. La robótica educativa facilita el aprendizaje, pero no debe ser un fin en sí misma.

Estos aspectos integrados, desarrollan de manera efectiva varias habilidades en el estudiante, entre las más importantes, motivación, competencias comunicativas, trabajo en equipo, creatividad, pensamiento crítico y orientación vocacional.

El enfoque STEM requiere de ambientes de aprendizaje agradables y que invitan a la interacción de los estudiantes tanto con el medio como con ellos mismos. Esto incrementa la participación y la motivación de los estudiantes en el momento de aprender, por lo tanto, el estudiante se encuentra en constante búsqueda del conocimiento junto con sus compañeros y con el docente.

Debido a que una característica principal del enfoque STEM es el trabajo en equipo, los integrantes de cada equipo deben compartir y debatir permanentemente, lo cual contribuye a que se desarrollen habilidades comunicativas necesarias para que cada integrante del equipo cumpla con una responsabilidad determinada.

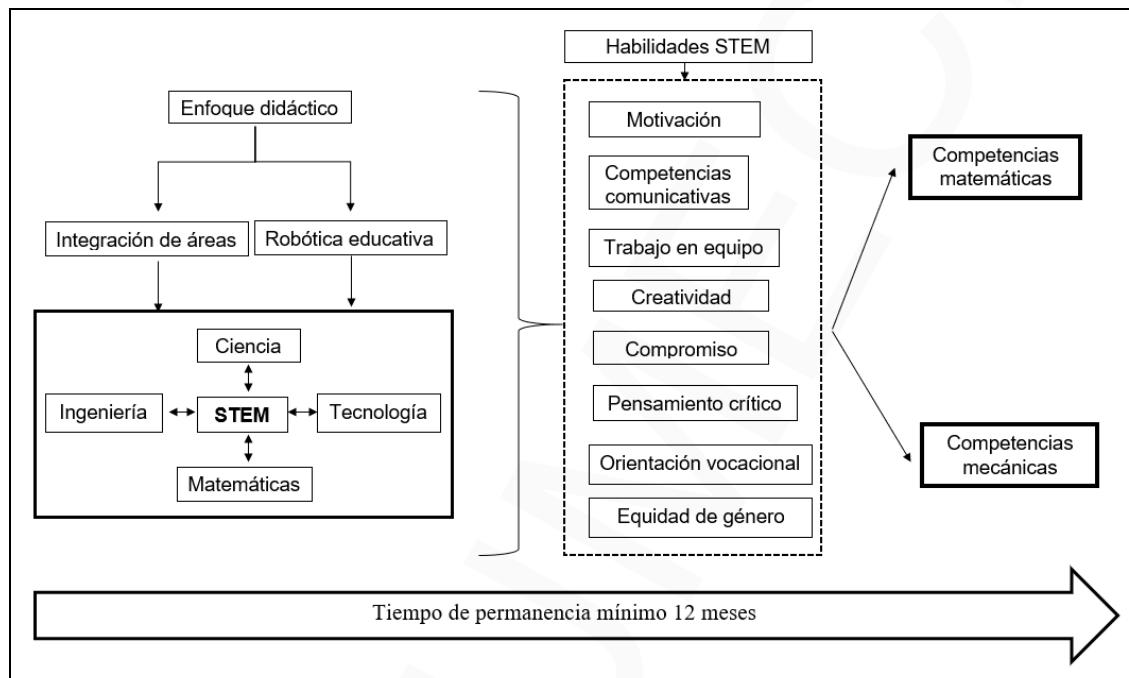
En cuanto a la creatividad, esta se convierte en una habilidad necesaria y fundamental para que cada estudiante resuelva situaciones mediante diferentes procedimientos para cumplir los objetivos planteados. Así, el estudiante desarrolla la imaginación, la curiosidad por descubrir nuevos mundos, la autoconfianza y un sentido común bien desarrollado a través de su propia experiencia.

El enfoque STEM, fomenta en el estudiante el pensamiento crítico. Esto se evidencia en la habilidad resolver situaciones mediante una posición basada en argumentos generados mediante la reflexión y el análisis.

Por último, pero no menos importante, es que el enfoque STEM contribuye a la orientación vocacional de la persona, y enfatiza en disciplinas afines a la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas, las cuales culturalmente son atribuidas al género masculino, circunstancia que se requiere transformar para fomentar una participación igualitaria de ambos géneros.

En este trabajo se encontró que todas las habilidades desarrolladas por el enfoque STEM contribuyen al fortalecimiento de las competencias matemáticas y mecánicas, las cuales se presentaron como objetivo principal de esta investigación, pero siempre y cuando el programa se realice con un tiempo de permanencia mínimo de 12 meses. El

modelo que recoge proceso y la vinculación teórica de los diferentes eventos, principios y resultados se puede ver en la figura 60.



Fuente: Elaboración propia

Figura 60. Síntesis metodológica para la implementación de la propuesta STEM basada en la robótica educativa

5.2. Conclusiones

Una vez realizado el análisis de los resultados y el modelo teórico planteado, se muestran las conclusiones de acuerdo con lo planificado en cada objetivo al inicio de esta investigación.

En la caracterización inicial el rendimiento académico de las niñas de 8° y 9° grado de básica secundaria, en las áreas de matemáticas y ciencias naturales, se obtuvo un resultado que preocupa respecto a las competencias adquiridas.

El rendimiento en **matemáticas** para el grupo completo de niñas, en el año 2016 se ubicó en la categoría básico, y los puntajes decrecieron progresivamente en 2017 y

2018. Para el área de **ciencias naturales** el rendimiento durante los tres años (2016, 2017, 2018), también se ubicó en un nivel de desempeño básico, y las diferencias de un año a otro fueron mayores que en matemáticas. Además, se encontraron importantes indicios de que el grupo se mantiene en los niveles básicos gracias a la promoción basada en medidas de recuperación, pero no por el logro de las competencias requeridas, por lo cual resulta importante replantear la forma como se está orientando el proceso de enseñanza y de evaluación en las dos áreas.

Es importante destacar que, a partir de los resultados, se pudo precisar que es necesaria la reflexión y el análisis, por parte de los expertos, del sistema de promoción de un grado a otro que existe en las instituciones educativas. Las deficiencias en la promoción generan procesos educativos inconclusos y debe existir un equilibrio entre la exigencia académica y la repitencia, sin caer en el error de sacrificar una de ellas.

Al comparar el rendimiento en las áreas de matemáticas y ciencias naturales de las estudiantes de los grados 8° y 9°, los resultados muestran que las estudiantes de ambos grupos se comportan como grupos equivalentes, pero lo que no es para nada bueno, es que las estudiantes presentan comportamientos y desempeños nivelados por lo bajo. Con ello se hace necesaria la incorporación de propuestas, de estrategias y de intervenciones pedagógicas y educativas que apunten a mejorar los desempeños de los estudiantes en básica secundaria en las áreas de matemáticas y ciencias naturales.

Posteriormente, la investigación se enfocó en determinar los cambios que se generaron, durante la actividades y prácticas STEM realizadas con las integrantes del grupo experimental, en el desarrollo de sus competencias en razonamiento matemático y mecánico. Se aplicó el programa VEX–IQ en tres etapas desarrolladas a través de 18 actividades en total, en las cuales se articularon todas las habilidades, con encuentros diarios de tres horas por fuera del horario escolar. Se trabajaron conceptos fundamentales de competencias matemáticas y competencias mecánicas como los conceptos de medición, longitud, unidad de medida, estandarización, ángulo,

estabilidad de estructuras, fuerza de gravedad, entre otras. A medida que las estudiantes enfrentaron los retos planteados, propusieron soluciones plausibles, desde la discusión de la forma y el diseño del robot hasta los códigos necesarios para la programación. Los equipos de trabajo diseñaron robots que cumplieron con las tareas necesarias para realizar el reto de manera rápida y efectiva, bajo las condiciones asociadas a variables como la gravedad, la estabilidad, la fuerza de fricción y la velocidad, entre otras. Las niñas lograron generar un código acertado para que el robot cumpliera con todas las tareas necesarias. Además, resaltó el trabajo en equipo, la motivación y el espíritu sano para la competencia.

Al caracterizar el rendimiento académico de las estudiantes de 8° y 9° grado del grupo experimental, después de la intervención, en las áreas de matemáticas y ciencias naturales, se encontró que la propuesta basada en el enfoque STEM mejoró el desempeño académico no solo en ambas áreas, sino que aporto competencias concernientes al ser, entre ellas se destaca la empatía, la cooperación, el trabajo en equipo y la conciencia social.

Los resultados también demostraron que la propuesta necesita de un tiempo prudente para ser efectiva. Al respecto cabe recordar que las estudiantes de grado 9°, quienes tuvieron un tiempo de permanencia mayor, obtuvieron un desempeño que mejoró ostensiblemente en comparación con las estudiantes de grado 8°.

Al evaluar los cambios en el rendimiento de las niñas del grupo control y del grupo experimental, en las áreas de matemáticas y ciencias naturales, a partir de la comparación, en cada grupo, antes y después de la aplicación de la estrategia de aprendizaje basada en el enfoque STEM, se evidenció que la mejora en el desempeño en las áreas mencionadas fue considerablemente mejor para el grupo experimental que para el grupo control. Es decir, la propuesta basada en el enfoque STEM fue efectiva para desarrollar competencias tanto en ciencias naturales como en matemáticas. Además de mejorar las competencias, el enfoque propicia el aprendizaje significativo

debido a que los conceptos enseñados se convierten en conocimientos aplicados. El enfoque STEM aportó notablemente a la mejora de la actitud de las estudiantes en el aula de clase y, aunque las sesiones tenían una duración mínima de cuatro horas, en ningún momento se observó alguna manifestación de tedio o aburrimiento. Sumado a lo anterior, tanto el papel del docente como el de las estudiantes presentó un cambio sustancial, el cual permitió conocer fortalezas y debilidades de todas las personas que hicieron parte de la propuesta.

Otra conclusión que arrojó la investigación es la vinculación de conocimientos ofrecidos en las diferentes áreas, es decir, las estudiantes desarrollaron la capacidad de aplicar conceptos matemáticos, físicos, de diseño, de lenguaje y de trabajo en equipo, para lograr un objetivo propuesto.

Por último, en la investigación se valoraron las competencias matemáticas y mecánicas de las niñas del grupo control y del grupo experimental después de la aplicación de la estrategia de aprendizaje basada en la educación STEM, y se evidenció que las estudiantes que participaron en la intervención obtuvieron mejores desempeños en las competencias matemáticas y mecánicas que las que no participaron.

Es importante resaltar que, en las condiciones normales de enseñanza otorgadas por la escuela, las estudiantes no desarrollan un nivel de competencias deseado, lo cual trae como consecuencia una baja formación, poca probabilidad de acceso a la formación universitaria y baja aspiración salarial. Por ello, se hace necesario cambiar la forma de la enseñanza en ciencias naturales y matemáticas utilizada tradicionalmente e implementar propuestas pedagógicas efectivas como la que se desarrolló en la presente investigación. La investigación aportó elementos suficientes para afirmar que el enfoque STEM es efectivo para desarrollar las competencias matemáticas y mecánicas de manera coherente con las propuestas en el nivel de aprendizaje de básica secundaria.

5.3. Recomendaciones

De acuerdo con el análisis de resultados y con las conclusiones, es importante que, para estudios consecutivos a esta investigación, se tengan presente las siguientes recomendaciones.

- a. La primera recomendación sugiere que para implementar una propuesta pedagógica apoyada en el enfoque STEM, se garanticen las condiciones básicas tales como: capacitación docente, espacios propios y recursos necesarios además de la articulación del currículo con la propuesta.
- b. Para que la propuesta pedagógica basada en el enfoque STEM sea efectiva se debe garantizar que ser desarrolle en un tiempo mínimo de doce meses. De acuerdo con lo anterior, se debe realizar un cronograma que dirija todas las actividades, y las oriente de manera ordenada para cumplir los objetivos planteados en dicha propuesta.
- c. Aunque en la investigación solo se trabajó con estudiantes de género femenino de los grados 8° y 9°, se recomienda que, en próximas investigaciones, se evalúe la efectividad del enfoque STEM en otros grados y niveles, por ejemplo, educación básica primaria, educación media y educación universitaria. Así mismo, es importante desarrollar nuevos estudios que incorporen grupos que estén conformados por estudiantes de género masculino.
- d. Una próxima investigación debe evaluar la efectividad del apoyo del enfoque STEM para desarrollar competencias diferentes a las matemáticas y mecánicas. Para ello, se pueden considerar competencias de diferentes áreas.
- e. Aunque la propuesta se desarrolló como una formación extracurricular, es importante que, en caso de que se desee implementar en una escuela, se incorpore en el currículo escolar de acuerdo con el proyecto educativo

institucional que rige a la escuela, de manera que se vinculen docentes, aprendizajes, formas de evaluación y estrategias pedagógicas que apunten al desarrollo de las competencias planteadas en las diferentes áreas.

- f. Un aspecto importante de la investigación fue la participación exclusiva de estudiantes de género femenino y en un contexto específico. Sin embargo, este hecho no excluye a los hombres, ni a otros entornos de aprendizaje, de una futura experiencia apoyada en el enfoque STEM. Lo anterior invita a implementar la didáctica apoyada en el enfoque STEM en diferentes entornos educativos, pero siempre se deben tener en cuenta las condiciones impuestas por el contexto.
- g. En este sentido es importante cuestionar el hecho de que las áreas temáticas orientadas de manera aislada causan dificultades respecto al aprendizaje. Un aporte importante del enfoque STEM es la integración de las áreas mediante el aprendizaje orientado a resolver problemas reales.
- h. Los resultados también muestran la importancia de incluir en el currículo de la educación básica secundaria a la ingeniería. Desconocer los aportes que pueda tener la ingeniería en el desarrollo de competencias fundamentales y del pensamiento crítico hace parte de las características de un currículo desactualizado.

Bibliografía

- Abraham, J. M., Segovia, R., Mainero, N., & Azar, M. L. (2010). La importancia de la didáctica en la formación del profesorado de ciencias. *Didasc@lia: Didáctica y educación*, 65-70.
- Acevedo Mena, K. M., & Romero Espinoza, S. (2019). La educación en la sociedad del conocimiento. *Revista Torreón Universitario*, 79-83.
- Acuña Zúñiga, A. (2012). Diseño y administración de proyectos de robótica educativa: Lecciones aprendidas. *Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la sociedad de la información.*, 6-27. Obtenido de http://www.fod.ac.cr/robotica/descargas/roboteca/articulos/2007/frida_robótica_desarrollo_articulo.pdf
- Aguilar Montes de Oca, Y. P., Valdez Medina, J. L., González Arratia, N. I., Rivera Aragón, S., Carrasco Díaz, C., Gómora Bernal, A., . . . Vidal Mendoza, S. (2015). Apatía, desmotivación, desinterés, desgano y falta de participación en adolescentes mexicano. *Enseñanza e investigación en Psicología*, 326-336.
- Allard, S., & Cortez, E. (2013). Aspectos fundamentales sobre la Educación STEM (Enfoque interdisciplinario de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas / medicina): Lecciones aprendidas en la Universidad de Tennessee, Estados Unidos. *IFLA WLIC*.
- Alsina, Á. (2004). *Desarrollo de competencias matemáticas con recursos lúdico - manipulativos para niños y niñas de 6 a 12 años*. Madrid: Narcea Ediciones.
- Ander-Egg, E. (2011). *Aprender a investigar. Nociones básicas para la investigación social*. Cordoba: Editorial Brujas.
- Anderson, A., & Bowman, M. J. (1976). "Education and Economic modernization in historical perspective". *Schooling and Society: Studies in the History of Education*, 3-19.

- Andrade Lotero, L. (2014). Si Galileo Galilei hubiera tenido una cámara digital: enseñando ciencias a una generación digital. *Enseñanza de las Ciencias*, 243-261. doi:<http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.998>
- Arana Ercilla, M. H. (2005). La educación científico - tecnológica desde los estudios de la ciencia, tecnología, sociedad e innovación. *Tabula Rasa*, 293-313.
- Ararat, J. A., & Camelo, E. D. (2019). Innovación y emprendimiento: una mirada discursiva de la construcción de identidad en la ciudad de Medellín (Colombia). *Revista Espacios*, 14-27. Obtenido de <http://www.revistaespacios.com/a19v40n22/a19v40n22p14.pdf>
- Araya, R. (2016). STEM Integrado con soporte TIC para Educación en las habilidades siglo XXI. *XX Jornadas Nacionales de Educación Matemática* (págs. 56-63). Valparaíso: IMA.
- Arce Urbina, M. E. (2002). El valor de la experimentación en la enseñanza de las ciencias naturales. Una experiencia para compartir. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 147-154.
- Arredondo Trapero, F. G., Vázquez Parra, J. C., & Velázquez Sánchez, L. M. (2019). STEM y brecha de Género en Latinoamérica. *Revista del El Colegio de San Luis*, 137-158.
- Arteaga Valdés, E., Armada Arteaga, L., & Del Sol Martínez, J. L. (2016). La enseñanza de las ciencias en el nuevo milenio. Retos y sugerencias. *Universidad científica de la universidad de Cienfuegos*, 169-176.
- Asencio Cabot, E. (2014). Una aproximación a la concepción de ciencia en la contemporaneidad desde la perspectiva de la educación científica. *Ciencias de la educación*, 549-560. doi:<http://dx.doi.org/10.1590/1516-73132014000300003>
- Asencio Cabot, E. d. (2017). La educación científica: percepciones y retos actuales. *Educación y Educadores*, 282-296. doi:[10.5294/edu.2017.20.2.7](https://doi.org/10.5294/edu.2017.20.2.7)

- Avendaño Rodríguez, K. C., & Magaña Medina, D. E. (2018). Elección de carreras universitarias en áreas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM): revisión de la literatura. *Revista Interamericana de Educación de Adultos*, 1-22. Obtenido de <https://www.redalyc.org/jatsRepo/4575/457556293008/html/index.html>
- Badia Garanté, A., & Cano Ortiz, M. (2018). ¿Por qué es tan difícil aprender ciencias? *Aprendizaje, Ciencias naturales, Educación*.
- Badilla Saxe, E., & Chacón Murillo, A. (2004). Construcionismo: Objetos para pensar, entidades públicas y micromundos. *Actualidades Investigativas en Educación*, 1-13. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/447/44740104.pdf>
- Baeza, S. (2005). Familia y Género: Las transformaciones en la familia y la trama invisible del género. *Praxis educativa*, 34-42.
- Barrera Osorio, F., Maldonado, D., & Rodríguez, C. (2012). Calidad de la educación básica y media en Colombia: dianóstico y propuestas. *Serie documentos de trabajo No 126*.
- Bates, T. (2015). *Enseñar en la era digital*. Creative Commons Attribution - NonComercial. Obtenido de Comprender la tecnología en la educación: <https://cead.pressbooks.com/chapter/6-2-una-breve-historia-de-la-tecnologia-educativa/>
- Becerra Gualdrón, C. J., Gallardo Sánchez, C. F., & Becerra Gualdrón, S. B. (2018). Índice de brecha de género en Colombia a nivel departamental 2008 - 2014. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 67-82.
- Bedoya Laguna, C. A. (2017). *Diseño de un instrumento tipo escala Likert para la descripción de la actitudes hacia la tecnología por parte de los profesores de un colegio público de Bogotá*. Santa fé de Bogotá.: Universidad Distrital José de Caldas.
- Beltrán Villamizar, Y. I., Martínez Fuentes, Y. L., & Vargas Beltrán, Á. S. (2015). El sistema educativo colombiano en el camino hacia la inclusión. Avances y retos. *Educación y Educadores*, 62-75.

- Bogdan Toma, R., & Greca, I. (2017). Modelo interdisciplinar de educación STEM para la etapa de educación primaria. *La enseñanza de las ciencias en el actual contexto educativo*, 391-395.
- Bohórquez S, Á. (2015). ¿Que son las ciencias exactas? *Palabra maestra*.
- Bores Calle, N. J. (2006). El cuaderno del alumno como herramienta potencialmente útil para mejorar los procesos de enseñanza, aprendizaje y evaluación de educación física. *Educación física y deporte*, 23-47.
- Bosh E., H., Di Blasi, M. A., Pelem, M. E., Bergero, M. S., Carvajal, L., & Geromini, N. S. (2011). Nuevo Paradigma Pedagógico para Enseñanza de Ciencias y Matemática. *Avances en Ciencias e Ingeniería*, 131-140.
- Botero Espinosa, J. (30 de Julio de 2018). *Un periodico Digital*. Obtenido de La educación STEM, hoy más importante que nunca.: <http://unperiodico.unal.edu.co/pages/blog/detail/la-educacion-stem-hoy-mas-importante-que-nunca/>
- Botero, E. J. (2018). *Educación STEM. Introducción a una nueva forma de Enseñar y Aprender*. Bogotá: Stilo Impresores LTDA.
- Bravo, C. M. (2009). Como estimular la creatividad en Educación. *International Journal of Developmental and Educational Psychology*, 89-97.
- Briones, G. (1990). *Métodos y técnicas de investigación para las ciencias sociales* 3ed. México: Triallas.
- Brousseau, G. (1983). *Les obstacles épistémologiques et les problèmes en mathématiques*. Paris.
- Bruning, R., Schraw, G. J., & Norby, M. M. (2011). *Cognitive Psychology and Instruction*. Lincoln: Pearson.
- Busquets, T., Silva, M., & Larrosa, P. (2016). Reflexiones sobre el aprendizaje de las ciencias naturales. Nuevas aproximaciones y desafíos. *Estudios pedagógicos*, 117-135.

- Bybee, R. W. (2010). Advancing STEM Education: A 2020 Vision. *Technology and Engineering Teacher*, 30-35.
- Caballero Camejo, C. A., & Recio Molina, P. P. (2007). Las tendencias de la didáctica de las ciencias naturales en el siglo XXI. *Rede revistas científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 34-41.
- Caballero Hernández, D. (2015). El papel de los estudios STEM en el avance económico y social. *Entorno Universitario*, 10-13. Obtenido de <http://eprints.uanl.mx/9133/1/STEM.pdf>
- Cabral Perdomo, I. (2001). Alfabetismo científico y educación. *Revista Iberoamericana de Educación*, 1-15.
- Campbell, D., & Stanley, J. (1995). *Diseños experimentales y cuasiexperimentales en la investigación social*. Buenos Aires: Amorrortu editores.
- Campos Arenas, A. (2014). La educación universitaria de la mujer. *Revista UNIFE*, 91-101.
- Campos Campos, Y. (2002). Ventajas del currículum Integrado.
- Campos Pacheco, C. A., & Ramos, F. (2015). La calidad de la educación, una problemática colombiana. *Ciencias aplicadas al deporte*, 19-25.
- Cantó, J., & Serrano, N. (2017). ¿Cuáles son los principales problemas para hacer presentes las ciencias en las aulas de educación infantil?: La visión de los maestros en ejercicio. *X Congreso internacional sobre investigación en didáctica de las ciencias*, (págs. 5-8). Sevilla.
- Cañedo Andalia, R. (2001). Ciencia y tecnología en la sociedad. Perspectiva histórico - conceptual. *Ciencia y tecnología*, 72-76.
- Capella Rivera, J. (2000). Educación y globalización: Misión de la educación en un mundo globalizado. *Educación*, 5-17.
- Capuano, V. (2011). El uso de las TIC en la enseñanza de las ciencias naturales. *Notas y revisiones*, 77-88.

- Carvajal, V. Á. (2002). La Informática Educativa: Una Reflexión Crítica. *Actualidades Investigativas en Educación*, 1-21.
- Casa Coila, M. D., Huatta Pancca, S., & Mancha Pineda, E. E. (22 de Noviembre de 2019). Aprendizaje basado en problemas como estrategia para el desarrollo de competencias en estudiantes de educación secundaria. *Comuni@cción: Revista de investigación en comunicación y desarrollo*, 111-121.
- Casasola Rivera, W. (2020). El papel de la didáctica en los procesos de enseñanza y aprendizaje universitarios. *Revista comunicación*, 38-51.
- Causado Escobar, R., Santos Carrasco, B., & Calderón Salas, I. (2015). Desarrollo del pensamiento crítico en el área de ciencias naturales en una escuela de secundaria. *Revista Facultad de Ciencias Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín*, 17-42.
- Cerda, G., Pérez, C., & Ortega Ruiz, R. (2017). Ensañanza y Aprendizaje de las Matemáticas: La necesidad de un análisis multidisciplinar. *Psychology, Society, & Education*, 1-10.
- Certad Villarroel, P. A. (2015). Tendencias pedagógicas y didáctica: 4 visiones en 4 tiempos. *Revista de comunicación de la SEECI*, 111-129.
- Charro, E., & Martín, L. (2018). El papel de la robótica educativa en la adquisición de la competencia STEM (Science-technology-engineering-mathematics). *Atlante: Cuadernos de Educación y Desarrollo*, 1. Obtenido de [//www.eumed.net/2/rev/atlante/2018/02/robotica-educativa-stem.html](http://www.eumed.net/2/rev/atlante/2018/02/robotica-educativa-stem.html)
- Chen, C. (23 de Abril de 2019). *Significados*. Obtenido de Significado de STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas): <https://www.significados.com/stem/>
- Cilleruelo, L., & Zubiaga, A. (2014). Una aproximación a la Educación STEAM. Prácticas educativas en la encrucijada arte, ciencia y tecnología. *Jornadas de Psicodidáctica*. Obtenido de <https://www.augustoziubiaga.com/web/wp-content/uploads/2014/11/STEM-TO-STEAM.pdf>

- Cipolla, C. M. (1989). Educación y desarrollo en Occidente. *Ariel*.
- Coello Pisco, S. M., Crespo Vaca , T., Hidalgo Crespo, J., & Díaz Jiménez, D. (2018). El modelo STEM como recurso metodológico didáctico para construir el conocimiento científico critico de estudiantes de Física. *Latin-American Journal of Physics Education*, 23061-23067.
- Coello, S., Gonzalez, Y., Hidalgo Crespo, J. A., Barzola Monteses, J., & Alonso Aguilera, L. M. (2019). Desarrollo de habilidades STEM en estudiantes universitarios de Física mediante proyectos I+D+i. Caso: estimación de la demanda de la energía eléctrica en zonas rurales y urbano - marginales. *Revista mexicana de física*, 44-51.
- Colegio Suizo de México. (13 de Septiembre de 2019). *Colegio Suizo de México*, A.C. Obtenido de <https://csm.edu.mx/blog/importancia-educacion-secundaria-para-adolescentes/>
- Comisión nacional de los derechos humanos. México. (2012). *La discriminación y el derecho a la no discriminación*. México DF.
- Comisión nacional para prevenir y erradicar la violencia contra las mujeres. (23 de Octubre de 2018). *La igualdad de género inicia desde la educación preescolar*. Obtenido de Gobierno de México: <https://www.gob.mx/conavim/articulos/la-igualdad-de-genero-inicia-desde-la-educacion-preescolar?idiom=es>
- Congreso de la República de Colombia. (1982). *Ley 23 de 1982*. Santa Fé de Bogotá.
- Congreso de la republica de Colombia. (28 de octubre de 1992). Ley 30 de diciembre 28 de 1992. Bogotá, Cundinamarca, Colombia. Obtenido de <https://www.mineducacion.gov.co/1621/article-86437.html>
- Congreso de la república de Colombia. (1994). *Ley 115 de febrero 8 de 1994*. Santa fé de Bogotá.
- Congreso de la República de Colombia. (2012). *Ley Estatutaria 1581 de 2012*. Santa Fé de Bogotá.
- Congreso de la Republica de Colombia. (15 de Abril de 2019). *Ley 115. Ley General de Educación*. Obtenido de

- https://leyes.co/se_expide_la_ley_general_de_educacion/download.htm
- Contreras Bello, Y. (2010). Sistema educativo y educación superior en Colombia: Tensiones entre calidad y pertinencia de la escuela. *Revista Logos, ciencia & tecnología*, 96-105.
- Córdoba Barba, A. (2008). *La sorprendente importancia de las Matemáticas: reflexiones y reminiscencias*. Obtenido de <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiS4a6I7ZvvAhW-RjABHdFhD-QQFjAOegQIGxAD&url=http%3A%2F%2Fmatematicas.uam.es%2Fantonio.cordoba%2Fmiscelanea%2Fensayos%2FLa%2520sorprendente%2520importancia%2520de%2520las%2520Matemat>
- De Zubiría Samper, J. (2015). Hacia un acuerdo nacional para mejorar la calidad de educación básica y media en Colombia. *Revista Educación y ciudad*, 39-56.
- Delgado Barrera, M. (2014). *La educación básica y media en Colombia: Retos en equidad y calidad*. Santa Fe de Bogotá: Fedesarrollo. Centro de Investigación Económica y Social.
- Delors, J. (1994). La educación encierra un Tesoro. Informe a la UNESCO de la comisión internacional sobre la Educación para el siglo XXI. Paris: Santillana.
- Departamento Nacional de Planeación de Colombia. (2020). *SISBÉN Sistema de identificación de potenciales beneficiarios de programas sociales*. Obtenido de <https://sisbencolombia.co/nivel-de-sisben/>
- Díaz, C., García Martín, J., García N., J., & Pacheco Sanz, D. I. (2014). Dificultades de aprendizaje en las matemáticas, prevención y actuación. En *Prevención en dificultades del desarrollo del aprendizaje* (págs. 235-250).
- Díaz, F., & Barriga, A. (2002). Tipos de Evaluación. En *Tipos de Evaluación en estrategias docentes para un aprendizaje significativo: Una interpretación constructivista*. Mc Graw Hill.

- Difabio de Anglat, H. (2010). La Taxonomía SOLO en la evaluación de la producción escrita académica. *La renovación de la palabra*, 457-462.
- Docentes al día. (11 de Octubre de 2020). *Docentes al día*. Obtenido de <https://docentesaldia.com/2020/10/11/definicion-de-enfoque-modelo-metodo-estrategia-y-otros-terminos-que-se-usan-en-la-docencia/>
- Domènec - Casal, J. (2018). Aprendizaje Basado en Proyectos en el marco STEM. Componentes didácticos para la Competencia Científica. *Ápice. Revista de Educación Científica.*, 29-42.
doi:<https://doi.org/10.17979/arec.2018.2.2.4524>
- Domènech-Casal, J., Lope, S., & Mora, L. (2019). Que proyectos STEM diseña y qué dificultades expresa el profesorado de secundaria sobre Aprendizaje Basado en Proyectos. *Revista Eureka sobre la Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. Obtenido de <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/4762/5376>
- Domínguez Osuna, Oliveros Ruiz, M. A., Coronado Ortega, M. A., & Valdez Salas, B. (2019). Retos de ingeniería: enfoque educativo STEM + A en la revolución industrial 4.0. *Innovación educativa*, 15-32.
- Ducoing Watty, P., & Barrón Tirado, C. (2017). La escuela secundaria hoy. *Revista mexicana de investigación educativa*, 9-30.
- Echeverría Samanes, B., & Martínez Clares, P. (2018). Revolución 4.0, competencias, educación y orientación. *Revista digital de investigación en docencia universitaria*, 4-34.
doi:<http://dx.doi.org/10.19083/ridu.2018.831>
- Educación Colombia. (30 de Agosto de 2018). *Colombia*. Obtenido de Carreras con mayor futuro laboral en Colombia: <https://www.colombia.com/educacion/universidades/carreras-con-mayor-futuro-laboral-en-colombia-203857>
- ElColombiano. (03 de Agosto de 2015). *El Colombiano*. Obtenido de Estas son las carreras que menos estudian los colombianos: <http://www.elcolombiano.com/colombia/educacion/estas-son-las-carreras-que-menos-estudian-los-colombianos-MA2471952>

- Escorza Subero, F. J. (2005). Matemáticas, sociedad y desarrollo humano. *3er seminario "Didáctica de las ciencias*, (págs. 1-11). Madrid.
- Escudero Escorza, T. (2005). Claves identificativas de la investigación evaluativa: Análisis desde la práctica. . *Contextos educativos*, 179-199.
- Espejo, R., & Sarmiento, R. (1 de Marzo de 2017). *Universidad Central de Chile*. Obtenido de http://www.ucentral.cl/prontus_ucentral2012/site/artic/20170830/asocfile/20170830100642/manual_metodologias.pdf
- Estrada Cañas, I. (24 de octubre de 2016). *La estructura del sistema educativo colombiano*. Obtenido de Racionalidad : <https://racionabilidadtda.wordpress.com/2016/10/24/la-estructura-del-sistema-educativo-colombiano/>
- Fernández González, J., Elortegui Escartín, N., Rodríguez García, J. F., & Moreno Jiménez, T. (2000). *Modelos didácticos y enseñanza de las ciencias*. Laguna.
- Fingermann, H. (2011). Integración curricular. *Educación*.
- Flores Bernal, R. (2005). Violencia de género en la escuela: sus efectos en la identidad, en la autoestima y en el proyecto de vida. *Revista iberoamericana de educación N°38*, 67-86.
- Flores Camacho, F. (2012). *La enseñanza de la ciencia en la educación básica de México*. México: Otros textos de evaluación.
- Foros Semana. (2020). ¿Cómo combatir la desigualdad en Colombia? *Revista Semana*.
- Frey, C. B., & Osborne, M. A. (2013). The Future Of Employment: How susceptible are jobs to computerisation. *Department of Engineering Science, University of Oxford*, 1-45.
- Fundación Santillana. (2015). La tecnología y la transformación de la educación. *I Seminario Internacional Tecnología y Educación*, (págs. 1-102). Santiago de Chile. Obtenido de

- <http://conocimientoeducativo.com/wp-content/uploads/2015/10/Interior-Educaci%C3%B3n1.pdf>
- Galilei Proyect. (30 de Octubre de 2018). *Beneficios de trabajar en equipo en las aulas*. Obtenido de <https://www.galilei-project.com/2018/10/30/beneficios-de-trabajar-en-equipo-en-las-aulas/>
- Gallego Torres, A. P., Castro Montaña, J. E., & Rey Herrera, J. M. (2008). El pensamiento científico en los niños y las niñas: Algunas consideraciones e implicaciones. *IIEC*, 22-29.
- García Carmona, A. (2009). Investigación en didáctica de la Física: tendencias actuales e incidencia en la formación del profesorado. *Lat. Am. J. Phys.*, 369-375. Obtenido de <http://www.journal.lapen.org.mx>
- García Perales, R. (2012). La educación desde la perspectiva de género. *ENSAYOS, revista de la facultad de educación de Albacete*, 1-18. Obtenido de <http://revistas.uclm.es/index.php/ensayos>
- García Villegas, M., Espinosa R, J. R., Jiménez Ángel, F., & Parra Heredia, J. D. (2013). *Separados y desiguales. Educación y clases sociales en Colombia*. Bogotá D.C.: dejusticia.
- Gil, R. (09 de Junio de 2015). *el nuevo diario*. Obtenido de <https://www.elnuevodiario.com.ni/opinion/361919-educacion-necesita-situarse-contextos-cotidianos/>
- Gómez Peláez, C. P., & Melchior Ramírez, L. F. (2019). *Factores que afectan el rendimiento académico de los estudiantes del programa de Tecnología Textil del SENA Medellín, Colombia*. Ciudad de Panamá: Universidad Metropolitana de Educación, Ciencia y Tecnología - UMECIT.
- González Campos, D., Olarte Dussán, F., & Corredor Aristizabal, J. (2017). La alfabetización tecnológica: de la informática al desarrollo de competencias tecnológicas. *Estudios Pedagógicos XLIII*, 193-212. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/1735/173553246012.pdf>
- González Sarmiento, O. (2013). Una Universidad solo para mujeres en el siglo XXI. Lima, Perú.

- González, I. (2020). Revolución industrial: Aprendiendo a evolucionar. *Predictiva 21.*
- Gonzalez-Palencia Jiménez, R., & Jiménez Fernández, C. (2016). La brecha de género en la educación tecnológica. *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação*, 743-771.
- Gutiérrez Hernández, A., Herrera Córdova, L., Bernabé, M., & Hernández Mosqueda, J. S. (2016). Problemas de contexto: un camino al cambio educativo. *Ra Ximhai*, 227-239.
- Gutiérrez Vargas, M. E. (2002). El aprendizaje de la ciencia y la información científica en educación superior. *Anales de documentación. Red de revistas científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 197-212.
- Hernández Olea, M. D. (2015). La educación en la actualidad. *Revista internacional de apoyo a la inclusión, logopedia, sociedad y multiculturalidad*, 61-68.
- Hernández Sampiere, R., & Fernández Collado, C. (2014). *Metodología de la investigación*. México D:F: McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- Hernández Vizcaíno, D. A. (2019). *Influencia del conocimiento y las actitudes hacia las Tac, en su uso didáctico por parte de los docentes, para generar clases interactivas en educación básica secundaria y media*. Ciudad de Panamá: Universidad Metropolitana de Educación, Ciencia y Tecnología - UMECIT.
- Hernandez, R. M. (2017). Impacto de las TIC en la educación: Retos y Perspectivas. *Propósitos y Representaciones*, 325-347.
doi:<http://revistas.usil.edu.pe/index.php/pyr/article/view/149>
- Herrera Pérez, J. C. (2020). Evaluación de la calidad en la educación básica y media en Colombia. *Cultura, Educación y Sociedad*, 125-144.
- Hom, E. J. (2014). What is STEM Education? *Live Science*, 1-3. Obtenido de <https://www.livescience.com/43296-what-is-stem-education.html>

- Huerta, A. (2001). Retos de la modelización y el cálculo numérico en el umbral del nuevo siglo. *Matemática, Ciencia y Sociedad*, 117-140.
- Hurtado de Barrera, J. (2012). *El proyecto de investigación. Comprensión holística de la metodología y la investigación*. Caracas: Ediciones Quirón Sypal.
- Hurtado de Barrera, J. (2012). *El proyecto de Investigación. Comprensión holística de la metodología y la investigación*. Caracas: Sypal.
- Hurtado de Barrera, J. (2012). *Metodología de la Investigación. Guía para la comprensión holística de la ciencia*. Bogotá: Quiron Ediciones.
- Hurtado, J. (2010). *Guia para La comprensión holistica de la ciencia*. Caracas: Fundación Sypal.
- ICFES. (2018). La cima de la educación se alcanza entre todos. Bogotá D.C., Cundinamarca, Colombia.
- ICFES mejor saber. (2019). *Informe nacional de resultados Saber 11 2019*. Bogotá D.C.: Mineducación.
- INADI. (2018). *Discriminación hacia las mujeres basada en el género*. Buenos Aires: Instituto Nacional contra la discriminación, la xenofobia y el racismo.
- Institución Educativa Lorenza Villegas de Santos. (2015). *Sistema Institucional de Evaluación para Estudiantes SIEE*. Obtenido de <https://drive.google.com/file/d/0B7BzDOQiVkArNC1wNG5fVXhwQUk/view>
- Instituto de Estadística de la UNESCO. (2016). *No dejar a nadie atrás: ¿Cuánto falta para la educación primaria y secundaria universal?* Paris: UNESCO.
- Jadresic M, E. (2010). La necesaria distinción de género. *Revista chilena de neuro-psiquiatría*, 261-263.
- Jaimes Leal, M. Z. (Noviembre de 2017). Aportes de actividades STEM al desarrollo de competencias básicas: un estudio de caso en un aula multigrado. Bogotá, Cundinamarca, Colombia.

- Kerlinger, F. N., & Lee, H. B. (2002). *Investigación del comportamiento*. Mc Graw - Hill.
- Klimenko, O. (2008). La creatividad como un desafío para la educación del siglo XXI. *Educación y Educadores*, 191-210.
- Leguizamón Romero, J. F., Patiño Porras, O. Y., & Suárez Sotomonte, P. (2015). Tendencias didácticas de los docentes de matemáticas y sus concepciones sobre el papel de los medios educativos en el aula. *Educación Matemática*, 151-174.
- León de la Barra , B. (03 de 02 de 2016). Innovación en la educación. Introducción a la metodología STEM. Lima, Peru. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=MNtMMICdadw>
- León, A. (2007). Que es la educación. *Educere. La revista venezolana de educación*, 595-604.
- Lluis Puebla, E. (2006). Teorías matemáticas, matemática aplicada y computación. *Ciencia ergo sum*, 91-98.
- López Barajas, M. (2007). La discriminación contra las mujeres: Una mirada desde las percepciones. *Revista de la invormación básica*.
- Lopez Rivera, Z. C. (2015). La enseñanza de las ciencias naturales desde el enfoque de la apropiación social de la ciencia, la tecnología y la innovación ASCTI en educación básica - media. *Revista científica*, 75-84. doi:10.14483/udistrital.jour.RC.2015.22.a6
- López Simó, V., Couso Lagarón, D., & Simarro Rodríguez, C. (2018). Educación STEM en y para el mundo digital. Cómo y por qué llevar las herramientas digitales a las aulas de ciencias, matemáticas y tecnologías. *RED. Revista de Educación a Distancia*, 1-27. Obtenido de https://www.um.es/ead/red/58/lopez_et_al.pdf
- Mackinnon, G. R., Rawn, E., Cressey, J., & He, W. (2017). Employing STEM curriculum in an ESL classroom: A chinese case study. *K-12 STEM education*, 143-155. doi:<http://dx.doi.org/10.14456/k12stemed.2017.1>
- Manzano Mozo, J., Gómez García, M., & Mozo Fernández, J. (2017). Mecanismos articulados: Geometría Dinámica y Cinemática en un

- entorno educativo STEM. *INNOEDUCA: International Journal of Techonology and Educational Innovation*, 15/27.
doi:<http://dx.doi.org/10.24310/innoeduca.2017.v3i1.1973>
- Maranto Rivera, M., & González Fernández, M. E. (Enero de 2015).
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Obtenido de ¿Qué es la Ciencia?: <http://www.uaeh.edu.mx/virtual>
- Márquez, J., & Ruiz, J. (2014). Robótica Educativa Aplicada a la Enseñanza Básica Secundaria. *Revista Científica de opinión y divulgación*, 1-12.
doi:<http://www.pangea.org/dim/revista.htm>
- Martínez Vélez, A. (2013). Emergencias de cambio: Entre el modelo pedagógico tradicional y la necesidad de aprendizajes significativos. *Revista Praxis*, 73-82.
- Mazzitelli, C. A., & Aparicio, M. T. (2009). Las actitudes de los alumnos hacia las ciencias naturales, en el marco de las representaciones sociales, y su influencia en el aprendizaje. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 193-215.
- Meneses Botina, W. G., Morillo Carlosama, S. L., Navia Atoy, G. E., & Grisales Grisales, M. C. (2013). Factores que afectan el rendimiento escolar en la institución educativa rural Las Mercedes desde la perspectiva de los actores institucionales. *Plumilla Educativa*, 433-452.
- Mersé, S., & Tula Molina, F. (2013). La tercera revolución industrial: la retórica del capitalismo lateral. *Hipertextos Voll*, 59-90.
- Ministerio de Educación de Colombia. (2021). *La educación es de todos*. Obtenido de https://www.mineducacion.gov.co/1759/w3-propertyvalue-55247.html?_noredirect=1
- Ministerio de Educación Nacional. (2009). *Decreto No 1290*. Bogotá.
- Ministerio de educación nacional República de Colombia. (2004). *Formar en ciencias: el desafío*. Santa Fe de Bogotá : Revolución educativa Colombia aprende.
- Ministerio de Educación Nacional República de Colombia. (2008). *Serie Guías N°30. Orientaciones generales para la educación en tecnologia*.

- Ser competente en tecnología: Una necesidad.* Santa Fé de Bogotá: Imprenta Nacional.
- Ministerio de educación Republica de Colombia. (2002). *Estándares básicos de competencias en matemáticas.* Santa fe de Bogotá.
- Miramontes Antas, M., Barciela Durán, P., Fernández Rivas, J. M., & Lamas Seco, P. (2018). maker@domus: un programa de actividades de educación STEAM con intención construcción. *28 Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pág. 91-97). La Coruña: Universidad de la Coruña.
- Mora Z, A., & Guido C, F. (2002). LA enseñanza de las ciencias naturales en la escuela: problemas y perspectivas. *Revista pensamiento actual*, 17-26.
- Morales, A. (30 de Mayo de 2019). Importancia de la Educación. *Toda Materia*, 1-3. Obtenido de <https://www.todamateria.com/importancia-de-la-educacion/>
- Moreno, I., Muñoz, L., Serracín, J. R., Quintero, J., Pittí Patiño, K., & Quiel, J. (2012). La Robótica Educativa, Una Herramienta para la Enseñanza - Aprendizaje de las Ciencias y las Tecnologías. *Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la sociedad de la Información.*, 74-90. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/2010/201024390005.pdf>
- Morrison, J. (2006). Attributes of STEM Education. En *TIES STEM Education Monograph Series*.
- Muñoz Suarez, M., & Porras Fernández, M. (2018). Wolfram Alpha, Geogebra y Derive como integrantes de la Formación STEM. *2do Congreso Internacional de Tecnologías para el Desarrollo.*, 41-53.
- Naciones Unidas. (2015). *Obejtvos de desarrollo del milenio.* New York.
- Ocaña Rebollo, G., Romero Albaladejo, I. M., Gil Cuadra, F., & Codina Sánchez, A. (2015). Implantación de la nueva asignatura "Robótica" en Enseñanza Secundaria y Bachillerato. *Investigación en la Escuela*, 65-79.
- OCDE. (2016). *Resultados PISA 2015.* París: OCDE Publishing.

- OCDE. (2016). *Revisión de políticas nacionales de educación. La educación en Colombia*. París.
- Oliva Martínez, J. M., & Acevedo Díaz, J. A. (2005). La enseñanza de las ciencias en primaria y secundaria hoy. Algunas propuestas para el futuro. *Revista Eureka sobre la enseñanza y divulgación de las ciencias.*, 241-250. Obtenido de
<http://www.redalyc.org/pdf/920/92020210.pdf>
- Oliván Cortés, R. (2015). La Cuarta Revolución Industrial, un relato desde el materialismo. *Revista de Estudios Urbanos y Ciencias Sociales*, 101-111. Obtenido de
<http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/4809/LA%20CUARTA%20REVOLUCION%20INDUSTRIAL.pdf?sequence=1>
- ONU mujeres. (12 de Enero de 2015). *Educación y capacitación de la mujer*. Obtenido de <https://beijing20.unwomen.org/es/infographic/education-and-training>
- ONU Mujeres. (2016). *Beijing20 unwomen*. Obtenido de
<https://beijing20.unwomen.org/es/in-focus/education-and-training#top>
- ONU Mujeres Colombia. (2018). *Las mujeres en Colombia*. Obtenido de
<http://colombia.unwomen.org/es/onu-mujeres-en-colombia/las-mujeres-en-colombia>
- ONU: Asamblea General. (1948). *Declaración Universal de Derechos Humanos*.
- Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación. (15 de Enero de 2019). *7OEI*. Obtenido de
<file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/col02.pdf>
- Organización de las naciones unidas para la educación, la ciencia y la cultura. (2018). Igualdad de género a través de la escuela: proporcionar un entorno de aprendizaje seguro e inclusivo. *Informe de seguimiento de la educación del mundo*.
- Ortiz Granja, D. (2015). El constructivismo como teoría y método de enseñanza. *Sophia, Colección de Filosofía de la Educación*, 93-110.

- Osorio, C. (2004). Los efectos de la ingeniería en el aspecto humano. *Conferencia presentada en la XXIX convección panamericana de ingeniería UPAI*. Ciudad de México: Organización de Estados Iberoamericanos para la educación, la ciencia y la cultura. doi:<https://www.oei.es/historico/salctsi/osorio7.htm>
- Palacios Alvarado, W. (2017). Glocalización: Enfoque para la internacionalización comercial en Norte de Santander frente al nacionalismo económico de Estados Unidos. *Revista Libre Empresa*, 69-82.
- Pardo Martínez, C. I. (2017). El papel de la ciencia y la tecnología en la sociedad de conocimiento. *Portafolio*.
- Patiño, L. (06 de Marzo de 2020). 16 años después, hay más mujeres pero la brecha no cede. *El tiempo*.
- Paur, A. B., Rosanigo, Z. B., & Bramati, P. (2006). La educación en la sociedad del conocimiento. *Facultad de ingeniería UNPSJB*, 463-470. Obtenido de http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/19258/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Pérez Betancur, N. (2016). El SENA a la vanguardia de la cuarta revolución industrial. *Finnova*, 35-50.
- Perez P, T. (2009). Pertinencia de la educación: ¿pertinente con qué? *Altablero*.
- Pérez Porto, J., & Merino, M. (2018). *Definición de*. Obtenido de <https://definicion.de/calidad-educativa/>
- Pérez Valdés, M. M., Estrada Sifontes, F., & Moreno Toirán, G. (2013). Caracterización del conocimiento científico que se enseña y aprende en la escuela secundaria básica. *Red de revistas científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 1-13.
- Pólya, G. (1965). *cómo plantear y resolver problemas*. México: Trillas.
- Porlán, R. (Madrid). El currículo en acción. *Teoría y práctica del currículo*.

- Pozo Andrés, M. D., Álvarez Castillo, J. L., Luengo, J., & Otero - Urtanza, E. (2004). *Teorías e instituciones contemporáneas de educación*. Madrid: Biblioteca nueva.
- Pozo, J. I., Scheuer, N., P+erez Echeverría, M. d., Mateos, M., Martín, E., & De la Cruz, M. (2006). *Nuevas formas de pensar la enseñanza y el aprendizaje*. Barcelona: Editorial Graó.
- Purzer, S., Strobel, J., & Cardella, M. (2014). *Engineering in pre-college settings*. Indiana: Purdue University Press.
- Quijano Hernández, M. H. (2012). Enseñanza de la ciencia: Retos y propósitos de formación científica. *Docencia universitaria*, 17-34.
- Red STEM Latinoamérica. (2020). *Experimento*. Obtenido de <https://educacion.stem.siemens-stiftung.org/red/colombia/>
- Redacción educación. (19 de Octubre de 2020). Preocupante panorama de los resultados de las pruebas Saber 11. *El tiempo*.
- Revolución educativa Colombia aprende. (2004). *Formar en ciencias: el desafío*. Santa Fé de Bogotá.
- Revolución Educativa Colombia Aprende. (2006). *Estándares Básicos de Competencias en Lenguaje, Matemáticas, Ciencias y Ciudadanas*. Bogotá: Ministerio de Educación Nacional.
- Ribas Núñez, C. (2012). Mujeres y ciencia. Incorporación de la mujer a la educación científica desde la escuela. *Educación científica "Ahora": El informe Rocard*, 141-150.
- Rius, M. (21 de Mayo de 2015). *¿Por qué muchos estudiantes odian las matemáticas?* Obtenido de <https://www.lavanguardia.com/vida/20150521/54431772174/estudiantes-odian-matematicas.html>
- Riveros, F., Vargas, J., & Parra, L. (2020). Educación matemática realista y entornos interactivos para determinar el nivel cognitivo de estudiantes universitariosa partir del concepto de la integral y sus aplicaciones en ingenieria. *Revista espacios.*, 357-370.

- Rodríguez Gámez, W. H., & Fernández Hernández, F. (2018). Uso de la taxonomía SOLO en situaciones de muestreo: Un ejemplo de aplicación. *Números. Revista de didáctica de las matemáticas*, 105-116.
- Rodríguez, M. E. (2011). La matemática y su relación con las ciencias como recurso pedagógico. *Números. Revista de didáctica de las matemáticas*, 35-49.
- Rubio Mayoral, J. L. (2006). Desarrollo económico y educación. Indicios históricos en las primeras "revoluciones industriales". *Educación XXI*, 35-55.
- Ruiz Ortega, F. J. (2007). Modelos didácticos para la enseñanza de las ciencias naturales. *Red de revistas científicas de América latina, el Caribe, España y Portugal*, 41-60.
- Ruiz Socarras, J. M. (2008). Problemas actuales de la enseñanza aprendizaje de la matemática. *Revista iberoamericana de Educación*, 3-25.
- Saavedra, J. (30 de Marzo de 2020). *COVID - 19 y Educación: Algunos desafíos y oportunidades*. Obtenido de Banco mundial Blogs: <https://blogs.worldbank.org/es/education/educational-challenges-and-opportunities-covid-19-pandemic>
- Sakaiya, T. (1995). *Historia del futuro. La sociedad del conocimiento*. Santiago de Chile: Andrés Bello.
- Samudio A., E. (2016). El acceso de las mujeres a la educación superior. La presencia femenina en la Universidad de los Andes. *Red de revistas científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal*, 77-101.
- Sánchez Gómez, J. S., & Garcés Flórez, M. F. (2020). La educación inicial: Una necesidad en la educación formal colombiana. *Equipo congreso visible*. Bogotá.
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM Education, STEMmania. *International Technology Education Association*, 20-26.

- Sandoval Barros, R. E. (2012). El debate en torno a la ciencia y las ciencias sociales. *Escenarios*, 10(2), 84-61.
- Sanmartí, N., & Márquez, C. (2017). Aprendizaje de las ciencias basado en proyectos: del contexto a la acción. *Ápice Revista de Educación Científica*, 3-16. doi:<https://doi.org/10.17979/arec.2017.1.1.2020>
- Sanmartí, N., Burgoa, B., & Nuño, T. (2011). ¿Por qué el alumnado tiene dificultad para utilizar sus conocimientos científicos escolares en situaciones cotidianas? *Didactica de las Ciencias Experimentales*, 62-69. Obtenido de [http://gent.uab.cat/neussanmarti/sites/gent.uab.cat.neussanmarti/files/Sanmart%C3%AD,%20Burgoa,%20Nu%C3%B1o%20\(2011\)_Por%20qu%C3%A9%20el%20alumnado%20tiene%20dificultad%20para%20utilizar%20sus%20conocimientos%20cient%C3%ADficos%20escolares%20en%20situacio](http://gent.uab.cat/neussanmarti/sites/gent.uab.cat.neussanmarti/files/Sanmart%C3%AD,%20Burgoa,%20Nu%C3%B1o%20(2011)_Por%20qu%C3%A9%20el%20alumnado%20tiene%20dificultad%20para%20utilizar%20sus%20conocimientos%20cient%C3%ADficos%20escolares%20en%20situacio)
- Schilling, C., Garrido, A., & Ferrada, D. (2003). Integración de áreas de aprendizaje: Una innovación montegrande. *Horizontes educacionales*, 27-38.
- Scuro, L., & Bercovich, N. (2014). *El nuevo paradigma productivo y tecnológico. La necesidad de políticas para la autonomía económica de las mujeres*. Santiago de Chile: CEPAL. Obtenido de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37250/4/S1420388_es.pdf
- Secretaría de Educación de Medellín. (27 de 10 de 2017). *Medellín es territorio STEM+H*. Obtenido de <https://medellin.edu.co/sala-de-prensa/1104-medellin-es-territorio-stem-h>
- Sistema de identificación de potencialidades beneficiarios de programas sociales SISBÉN. (2020). Obtenido de <https://sisbencolombia.co/nivel-de-sisben/>
- Solbes, J., Montserrat, R., & Furió, C. (2007). El desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 91-117.

- Soto Ramírez, E. (2012). Un acercamiento a la didáctica general como ciencia y su significación en el buen desenvolvimiento de la clase. *Atenas*, 1-18.
- Tacca Huamán, D. R. (2010). La enseñanza de las ciencias naturales en la educación básica. *Investigación educativa*, 139-152.
- Tacca Huamán, D. R. (2010). La enseñanza de las ciencias naturales en la educación básica. *Investigación educativa*, 139-152.
- Tedesco, J. C. (2011). Los desafíos de la educación básica en el siglo XXI. *Revista iberoamericana de educación*, 31-47.
- Terrazas Pastor, R., & Silva Murillo, R. (2013). La educación y la sociedad del conocimiento. *Perspectivas*, 145-168.
- Tobón, S. (2005). *Formación Basada en Competencias. Pensamiento complejo, diseño curricular y didáctica*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Torres Payá, I., García García, E., & Caballero Armenta, M. (2018). La Realidad Aumentada y las Ciencias Experimentales: diseño de actividades para el aula de Educación Secundaria. 28 *Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales* (págs. 61-66). Coruña: Universidad de la Coruña.
- Touriñán López, J. M. (1983). *Método, metodología y metodologismo. Diccionario de Ciencias de la Educación*. Madrid: Santillana.
- UMECIT. Universidad Metropolitana de Educación, Ciencia y Tecnología. (2016). *Líneas de investigación*. Ciudad de Panamá. Obtenido de <https://umecit.edu.pa/wp-content/uploads/2020/05/D-33-lineas-de-investigacion.pdf>
- UNESCO. (2005). *Hacia las sociedades del conocimiento*. Ediciones UNESCO.
- UNESCO. (2019). *Descifrar el código: La educación de las niñas y las mujeres en Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM)*. Paris: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

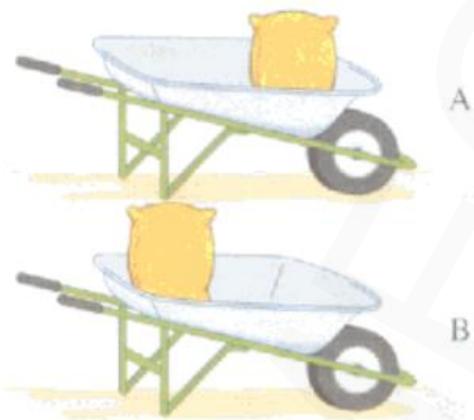
- UNESCO. (2019). *Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura*. Obtenido de La educación transforma vidas: <https://es.unesco.org/themes/education>
- UNICEF. (19 de Septiembre de 2018). *unicef*. Obtenido de <https://www.unicef.org/es/comunicados-prensa/m%C3%A1s-de-104-millones-de-ni%C3%B1os-y-de-j%C3%ADvenes-1-de-cada-3-no-van-la-escuela-en-los>
- Universia Colombia. (26 de Mayo de 2017). *Universia Colombia*. Obtenido de Univesia Colombia: <https://noticias.universia.net.co/educacion/noticia/2015/12/17/1134832/20-carreras-universitarias-mayor-demanda-mejor-pagadas-colombia.html>
- Universidad de Cantabria. (s.f.). *La tercera revolución industrial y el cambio estructural*. Obtenido de Open Course Ware: <https://ocw.unican.es/pluginfile.php/1213/course/section/1495/MC-III-1.2.pdf>
- Universidad Metropolitana de Educación, Ciencia y Tecnología. (2019). *D - 16 Versión 04. Manual para la presentación de informes de práctica profesional y trabajos de grado*. Ciudad de Panamá.
- Valero Matas, J. A. (13 de Mayo de 2019). La creatividad en el contexto educativo: adiestrando capacidades. *Tecnología, Ciencia y Educación*, 150-171.
- Valero Matas, J. A., Valero Oteo, I., & Coca, J. R. (2017). *RISE. Revista Internacional de Sociología de la Educación*, 296-322. Obtenido de : <http://dx.doi.org/10.17583/rise.2017.2724>
- Valero Matas, J. A., Valero Oteo, I., & Coca, J. R. (2017). El desencuentro entre Ciencia y Educación; un problema Científico - Social. *RISE. Revista Internacional de Sociología de la Educación*, 296-322. Obtenido de : <http://dx.doi.org/10.17583/rise.2017.2724>
- Vallejo García, F. A. (2018). Criterios de promoción estudiantil como factores conexos al éxito o fracaso escolar. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 59-81.

- Vasco U., C. E. (1994). La educación matemática: una disciplina en formación. *Revista Enseñanza Universitaria*, 10-23.
- Vasquez, J. A., Sneider, C., & Comer, M. (2013). *STEM Lesson Essentials Integrating Science, Technology, Engineering and Mathematics*. Heinemann.
- Vásquez, M. V. (20 de Octubre de 2017). *Todo es ciencia. Asimov tenía razón*. Obtenido de <http://todoesciencia.minciencias.gov.co/asimov>
- Vázquez Romero, I. M., & Ángeles, B. B. (2019). Factores sociocognitivos asociados a la elección de estudios científico-matemáticos. Un análisis diferencial por sexo y curso en la Educación Secundaria. *Revista de Investigación Educativa*(37), 269-286. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.6018/rie.37.1.303531>
- Velásquez, C. (2011). La investigación Holística: Alternativa integradora en ciencias sociales. *SABER*, 170-173.
- Vélez, M. T. (2019). La educación STEM en el fortalecimiento de la estrategia de formación por proyectos del SENA. *Diálogos de formación*, 112-121.
- Weiss, C. H. (1990). *Investigación evaluativa: métodos para determinar la eficiencia de los programas de acción*. México: Trillas.
- Weiss, C. H. (2008). *Investigación evaluativa. Métodos para determinar la eficiencia de los programas de acción*. Editorial Trillas.
- Yirda, A. (2020). *ConceptoDefinición*. Obtenido de <https://conceptodefinicion.de/matematica/>
- Zamorano Escalona, T., García Cartagena, Y., & Reyes Gonzalez, D. (2018). Educación para el sujeto del siglo XXI: principales características del enfoque STEAM desde la mirada educacional. *Estudios De Humanidades y Ciencias Sociales*, 1-21. Obtenido de <http://revistas.umce.cl/index.php/contextos/article/view/1395>

ANEXOS

Anexo A. Cuestionario competencias mecánicas

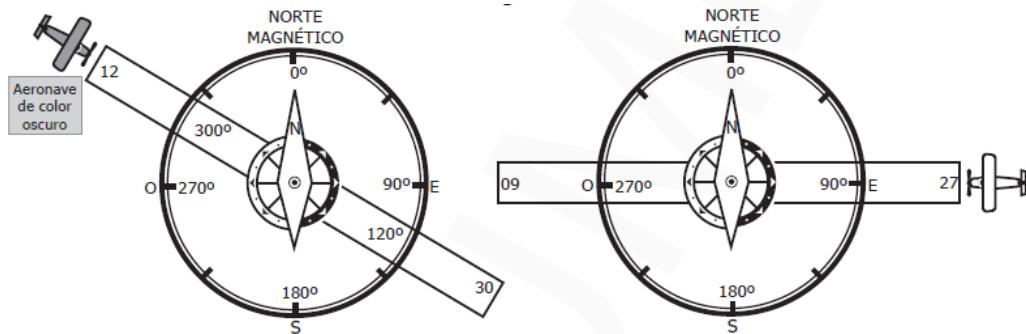
1. Una persona desea mover un bulto de cemento utilizando una carretilla y tiene las siguientes opciones.



- a) Para ambas situaciones, podemos distinguir en su orden:
- A. Potencia – Carga – Punto de apoyo.
 - B. Carga - Potencia – Punto de apoyo.
 - C. Carga – Punto de apoyo – Potencia.
 - D. Punto de apoyo – Carga – Potencia.
- b) Si se comparan ambas situaciones podríamos afirmar que:
- A. La distancia que hay entre la potencia y la carga es mayor en la situación A que en la B.
 - B. La distancia que hay entre la potencia y la carga es mayor en la situación B que en la A.
 - C. La distancia que hay entre la carga y el punto de apoyo es mayor en la situación A que en la B.
 - D. La distancia que hay entre la potencia y el punto de apoyo es mayor en la situación A que en la B.
- c) ¿Cuál es la mejor forma de cargar el bulto?
- A. A
 - B. B
 - C. Es indiferente.
 - D. Ninguna presenta ventaja.

Anexo B. Cuestionario competencias matemáticas

1. Las pistas de aterrizaje de los aeropuertos se marcan en sus extremos de acuerdo con su alineación con el norte magnético. De esta manera, cada pista recibe dos números, uno en cada extremo, según la dirección en la que se orienta una aeronave cuando se aproxima para aterrizar en ese extremo. Los dos números corresponden a las dos direcciones en que se puede aterrizar en una pista. Como marcas se usan los dos primeros dígitos de la dirección magnética en grados. Por ejemplo, en la figura, la aeronave de color oscuro está orientada hacia los 120° magnéticos en su aterrizaje, por lo que aterriza en el extremo 12.



- a) De acuerdo con la información dada, se puede afirmar que:
- A. La pista de aterrizaje solo tendrá número de dos cifras entre el 00 y el 36.
 - B. El avión siempre debe aterrizar en la pista 12
 - C. Los aeropuertos solo deben tener 10 pistas.
 - D. La brújula sirve para medir la velocidad.
- b) Las únicas pistas que tienen diferente dirección son:
- A. 14 y la 32
 - B. 10 y la 34
 - C. 26 y la 02
 - D. 05 y la 23

Anexo C. Tabla de validación competencias matemáticas sin corrección

Ítem	Dra. Claudia Quintero	Dr. José Agudelo	Dr. Jorge Oyola	Investigador	Acuerdo
7a	R	U	U	U	1
11b	M	M	R	M	1
12c	R	R	R	R	1
6b	M	M	M	M	1
1b	M	M	M	M	1
2b	R	R	R	R	1
5a	U	U	U	U	1
9b	M	M	M	M	1
2a	U	U	U	U	1
4	R	R	R	R	1
11a	U	U	U	U	1
7b	R	R	R	M	0
1a	U	U	R	U	1
11c	R	R	R	R	1
13b	M	M	M	M	1
7c	R	M	R	R	1
13a	U	U	U	U	1
8c	R	R	R	R	1
12c	R	R	R	R	1
8b	M	M	M	M	1
12a	R	U	U	U	1
8a	U	U	U	U	1
1c	R	R	R	R	1
12b	M	M	M	M	1
6a	U	M	M	U	0
13d	R	R	R	R	1
9a	U	U	U	U	1
13c	R	M	R	M	0
12a		U	U	U	1
5b	R	R	R	R	1
					Total
					27
					Índice
					0.9000

Anexo D. Tabla de validación competencias matemáticas definitiva

Ítem	Dra. Claudia Quintero	Dr. José Agudelo	Dr. Jorge Oyola	Investigador	Acuerdo
7a	R	U	U	U	1
11b	M	M	R	M	1
12c	R	R	R	R	1
6b	M	M	M	M	1
1b	M	M	M	M	1
2b	R	R	R	R	1
5a	U	U	U	U	1
9b	M	M	M	M	1
2a	U	U	U	U	1
4	R	R	R	R	1
11a	U	U	U	U	1
7b	R	R	R	M	0
1a	U	U	R	U	1
11c	R	R	R	R	1
13b	M	M	M	M	1
7c	R	M	R	R	1
13a	U	U	U	U	1
8c	R	R	R	R	1
12c	R	R	R	R	1
8b	M	M	M	M	1
12a	R	U	U	U	1
8a	U	U	U	U	1
1c	R	R	R	R	1
12b	M	M	M	M	1
6a	U	M	M	U	0
13d	R	R	R	R	1
9a	U	U	U	U	1
13c	R	M	R	M	0
12a		U	U	U	1
5b	R	R	R	R	1
					Total
					28
					Índice
					0.9333

Anexo E. Constancia de validación competencia matemáticas

Constancia de validación

Yo, Claudia Patricia Quintero Quintero, DI: 43678147, Doctora en educación, y ejerciendo actualmente como Docente de Matemáticas, en la institución I.E Lorenza Villegas de Santos, hago constar que he revisado, con fines de validación, el instrumento Cuestionario Competencias Matemáticas diseñado por el investigador Ricardo Andrés Giraldo Monsalve, y luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones:

	Deficiente	Aceptable	Excelente
Congruencia ítem- dimensión		x	
Amplitud de contenidos			x
Redacción de los ítems			x
Precisión de los ítems		x	
Ortografía			x
Presentación			x

En la ciudad de Envigado, a los 16 días del mes julio de 2020.



Firma del experto validador

Constancia de validación

Yo, JOSE LUIS AGUDELO VALDERRAMA, C.C. 71'336.476, de Doctor en Ingeniería Química, y ejerciendo actualmente como Profesional de Innovación y Tecnología en la institución Centro de Innovación y Tecnología – ICP de ECOPETROL S.A., con experiencia docente en la Universidad Industrial de Santander Manejo de Fluidos y Sólidos, hago constar que he revisado, con fines de validación, el instrumento Cuestionario Competencias Matemáticas diseñado por el investigador Ricardo Andrés Giraldo Monsalve, y luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones:

	Deficiente	Aceptable	Excelente
Congruencia ítem- dimensión			x
Amplitud de contenidos			x
Redacción de los ítems			x
Precisión de los ítems			x
Ortografía			x
Presentación			x

En la ciudad de Piedecuesta a los 21 días del mes julio de 2020.



Firma del experto validador

Constancia de validación

Yo, Jorge Luis Oyola Mendoza, DI 80065684

_____ de profesión Ingeniero

industrial, Msc y PhD en logística, y ejerciendo

actualmente como

Profesor asociado, en la institución Universidad de Córdoba (Montería), hago constar que he revisado, con fines de validación, el instrumento Cuestionario Competencias Matemáticas diseñado por el investigador Ricardo Andrés Giraldo Monsalve, y luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones:

	Deficiente	Aceptable	Excelente
Congruencia ítem- dimensión			x
Amplitud de contenidos			x
Redacción de los ítems		x	
Precisión de los ítems		x	
Ortografía			x
Presentación			x

En la ciudad de Montería, a los 22 días del mes julio de 2020



Firma del experto validador

Anexo F. Tabla de validación competencias mecánicas

Ítem	Mg. Martin Tello	Dr. Jorge Oyola	Dr. José Agudelo	Investigador	Acuerdo
8c	R	M	R	R	1
8b	M	M	M	M	1
12c	R	R	M	R	1
1a	U	U	M	U	1
12b	R	M	M	M	1
9c	R	R	R	R	1
8a	U	U	R	U	1
2a	U	U	U	U	1
11c	R	R	R	R	1
1c	R	R	R	R	1
11a	U	M	M	U	0
14c	R	R	M	R	1
14a	M	U	M	U	0
13c	R	R	R	R	1
9c	R	R	R	R	1
10a	M	U	M	U	0
6a	M	M	M	M	1
3a	U	U	M	U	1
5c	R	R	R	R	1
5a	M	U	U	U	1
10b	U	M	M	U	0
7c	R	R	R	R	1
13a	U	U	U	U	1
9b	U	M	M	M	1
2d	M	R	M	R	0
1b	M	R	R	R	1
3b	R	R	R	R	1
10b	M	R	M	R	0
4b	M	M	M	M	1
6b	R	R	R	R	1
2c	M	R	R	R	1
13c	R	R	R	R	1
9a	U	U	U	U	1
3b	M	M	M	M	1
15a	U	U	M	U	1
11b	M	M	M	M	1
3c	M	R	R	R	1
15b	M	R	R	M	0
12a	U	U	U	U	1
14b	M	U	M	M	1
7a	U	U	U	U	1
4a	U	U	U	U	1
5b	M	R	R	M	0
2b	M	M	M	M	1
7b	R	M	M	M	1
13b	R	M	U	M	0
15b	R	R	R	R	1
4c	R	R	R	R	1
				Total	39
				Índice	0.8125

Anexo G. Constancia de validación competencias mecánicas

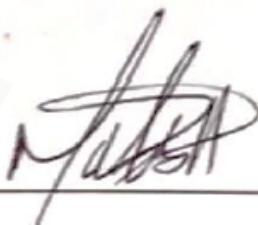
Constancia de validación

Yo, Martin Humberto Tello Huergo, CC 17650265

de profesión Licenciado en matemáticas y física / Magister en matemáticas, y ejerciendo actualmente como Docente/investigador, en la institución Colegio colombo American school / Universidad el Bosque (Bogotá), hago constar que he revisado, con fines de validación, el instrumento Cuestionario Competencias mecánicas diseñado por el investigador Ricardo Andrés Giraldo Monsalve, y luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones:

	Deficiente	Aceptable	Excelente
Congruencia ítem- dimensión			X
Amplitud de contenidos			X
Redacción de los ítems			X
Precisión de los ítems			X
Ortografía			X
Presentación			X

En la ciudad de Bogotá, a los 19 días del mes julio de 2020.



Firma del experto validador

Constancia de validación

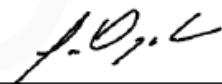
Yo, Jorge Luis Oyola Mendoza, DI 80065684 de

profesión Ingeniero industrial, Msc y PhD en logística, y ejerciendo actualmente como

Profesor asociado, en la institución Universidad de Córdoba (Montería), hago constar que he revisado, con fines de validación, el instrumento Cuestionario Competencias Mecánicas diseñado por el investigador Ricardo Andrés Giraldo Monsalve, y luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones:

	Deficiente	Aceptable	Excelente
Congruencia ítem- dimensión		X	
Amplitud de contenidos			X
Redacción de los ítems			X
Precisión de los ítems			X
Ortografía			X
Presentación			X

En la ciudad de Montería, a los 22 días del mes julio de 2020



Firma del experto validador

Constancia de validación

Yo, JOSE LUIS AGUDELO VALDERRAMA, C.C. 71'336.476, de profesión Ingeniero Químico y Doctor en Ingeniería Química, y ejerciendo actualmente como Profesional de Innovación y Tecnología en la institución Centro de Innovación y Tecnología – ICP de ECOPETROL S.A., con experiencia previa como docente anterior en la Universidad Industrial de Santander en donde dicté la asignatura "Manejo de Fluidos y Sólidos", hago constar que he revisado, con fines de validación, el instrumento Cuestionario Competencias mecánicas diseñado por el investigador Ricardo Andrés Giraldo Monsalve, y luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones:

	Deficiente	Aceptable	Excelente
Congruencia ítem- dimensión			X
Amplitud de contenidos			X
Redacción de los ítems		X	
Precisión de los ítems			X
Ortografía			X
Presentación		X	

En la ciudad de Piedecuesta a los 21 días del mes julio de 2020.



Firma del experto validador

**Anexo H. Correlaciones ítem-total y confiabilidad para la validez estructural del
Cuestionario de competencias matemáticas**

	Media de escala si el elemento se ha suprimido	Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
MatU P3	15,93	26,069	,440	,871
MatU P6	15,89	25,581	,628	,866
MatU P8	16,14	25,238	,498	,869
MatU P14	15,93	25,698	,537	,868
MatU P15	15,82	26,967	,344	,873
MatU P19	15,96	26,776	,236	,876
MatU P20	15,96	26,776	,236	,876
MatU P22	15,82	26,152	,653	,868
MatM P1	16,39	26,840	,177	,879
MatM P9	16,11	24,766	,611	,865
MatM P12	16,14	26,794	,181	,879
MatM P16	15,86	25,979	,590	,868
MatM P21	15,93	25,180	,675	,864
MatM P23	16,21	24,989	,537	,867
MatM P24	16,04	24,406	,738	,861
MatR P2	16,14	25,312	,482	,869
MatR P4	16,25	26,713	,190	,879
MatR P5	16,46	26,332	,303	,875
MatR P7	15,93	24,884	,755	,862
MatR P10	16,29	27,026	,130	,881
MatR P11	15,89	26,396	,396	,872
MatR P13	16,07	26,810	,190	,878
MatR P17	16,04	24,110	,808	,859
MatR P18	16,04	24,110	,808	,859

Anexo I. Correlación ítem sinergia uniestructural de competencias matemáticas

	Media de escala si el elemento se ha suprimido	Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
MatU P3	5,71	2,730	,378	,734
MatU P6	5,68	2,671	,491	,713
MatU P8	5,93	2,217	,611	,684
MatU P14	5,71	2,952	,197	,766
MatU P15	5,61	2,914	,431	,728
MatU P19	5,75	2,565	,470	,716
MatU P20	5,75	2,565	,470	,716
MatU P22	5,61	2,766	,613	,704

Anexo J. Correlación ítem sinergia multiestructural de competencias matemáticas

	Media de escala si el elemento se ha suprimido	Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
MatM P1	4,21	3,212	,248	,749
MatM P9	3,93	2,884	,460	,698
MatM P12	3,96	3,295	,189	,764
MatM P16	3,68	3,263	,458	,705
MatM P21	3,75	2,861	,660	,658
MatM P23	4,04	2,628	,606	,658
MatM P24	3,86	2,720	,628	,656

Anexo K. Correlación ítem sinergia Relacional de competencias matemáticas

	Media de escala si el elemento se ha suprimido	Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
MatR P2	5,04	4,258	,483	,698
MatR P4	5,14	4,794	,199	,751
MatR P5	5,36	4,757	,264	,736
MatR P7	4,82	4,374	,595	,685
MatR P10	5,18	4,967	,120	,764
MatR P11	4,79	4,915	,288	,730
MatR P13	4,96	4,628	,314	,728
MatR P17	4,93	3,847	,798	,640
MatR P18	4,93	3,847	,798	,640

**Anexo L. Correlaciones ítem-total y confiabilidad para la validez estructural del
Cuestionario de competencias mecánicas**

	Media de escala si el elemento se ha suprimido	Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
MecU P1	25,88	35,418	,483	,816
MecU P2	25,88	35,418	,483	,816
MecU P4	25,79	36,868	,248	,823
MecU P8	25,92	35,210	,496	,816
MecU P12	25,67	37,797	,127	,825
MecU P15	25,67	38,145	-,011	,827
MecU P19	25,96	36,389	,264	,823
MecU P20	25,96	36,389	,264	,823
MecU P23	25,75	37,500	,131	,826
MecU P35	26,00	37,478	,072	,829
MecU P38	26,38	37,114	,157	,826
MecU P41	26,08	33,906	,674	,809
MecM P5	25,67	37,362	,302	,823
MecM P9	25,88	35,418	,483	,816
MecM P13	25,67	38,145	-,011	,827
MecM P16	25,96	35,781	,372	,819
MecM P21	25,83	36,667	,263	,823
MecM P24	25,75	37,239	,195	,824
MecM P26	25,83	36,232	,351	,820
MecM P31	26,50	37,913	,031	,828
MecM P33	26,50	39,043	-,237	,834
MecM P39	26,13	34,810	,512	,815
MecM P42	26,08	33,906	,674	,809
MecR P3	25,75	37,152	,216	,824
MecR P6	25,63	38,158	,000	,826
MecR P7	25,79	35,824	,480	,817
MecR P10	25,88	35,418	,483	,816
MecR P11	26,04	35,607	,382	,819
MecR P14	26,21	34,781	,526	,814
MecR P17	26,00	36,957	,159	,826
MecR P18	25,71	38,129	-,015	,828
MecR P22	25,83	36,754	,245	,823
MecR P25	26,08	37,297	,097	,829
MecR P27	26,13	36,375	,247	,824
MecR P28	26,13	36,375	,247	,824
MecR P29	26,38	34,679	,630	,812
MecR P30	26,38	34,679	,630	,812
MecR P32	25,71	37,694	,111	,826
MecR P34	26,25	37,848	,011	,831
MecR P36	26,38	37,114	,157	,826
MecR P37	26,38	37,114	,157	,826
MecR P40	26,29	35,607	,403	,818

Anexo M. Correlación ítem sinergia uniestructural de competencias mecánicas

	Media de escala si el elemento se ha suprimido	Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
MecU P1	7,83	5,014	,527	,680
MecU P2	7,83	5,014	,527	,680
MecU P4	7,75	5,587	,290	,713
MecU P8	7,88	5,332	,330	,709
MecU P12	7,63	6,245	-,032	,735
MecU P15	7,63	6,071	,140	,725
MecU P19	7,92	4,775	,592	,667
MecU P20	7,92	4,775	,592	,667
MecU P23	7,71	5,694	,276	,714
MecU P35	7,96	5,172	,372	,703
MecU P38	8,33	5,623	,207	,725
MecU P41	8,04	5,346	,276	,719

Anexo N. Correlación ítem sinergia multiestructural de competencias mecánicas

	Media de escala si el elemento se ha suprimido	Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
MecM P5	6,13	4,549	,312	,702
MecM P9	6,33	3,971	,395	,685
MecM P13	6,13	4,723	,110	,717
MecM P16	6,42	3,993	,331	,698
MecM P21	6,29	4,042	,389	,686
MecM P24	6,21	4,172	,417	,684
MecM P26	6,29	3,955	,446	,677
MecM P31	6,96	4,303	,318	,697
MecM P33	6,96	4,563	,128	,721
MecM P39	6,58	3,471	,594	,645
MecM P42	6,54	3,737	,440	,678

Anexo O. Correlación ítem sinergia relacional de competencias mecánicas

	Media de escala si el elemento se ha suprimido	Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
MecR P3	10,08	10,601	,049	,713
MecR P6	9,96	10,824	,000	,709
MecR P7	10,13	10,027	,271	,696
MecR P10	10,21	10,172	,162	,707
MecR P11	10,38	9,810	,241	,700
MecR P14	10,54	8,868	,568	,662
MecR P17	10,33	9,884	,224	,702
MecR P18	10,04	10,824	-,043	,717
MecR P22	10,17	10,406	,092	,712
MecR P25	10,42	10,254	,096	,716
MecR P27	10,46	9,303	,405	,681
MecR P28	10,46	9,303	,405	,681
MecR P29	10,71	8,824	,687	,653
MecR P30	10,71	8,824	,687	,653
MecR P32	10,04	10,303	,244	,699
MecR P34	10,58	10,080	,159	,709
MecR P36	10,71	9,955	,241	,699
MecR P37	10,71	9,955	,241	,699
MecR P40	10,63	9,375	,413	,681

Anexo P. Consentimiento informado por acudientes

	INSTITUCIÓN EDUCATIVA LORENZA VILLEGRAS DE SANTOS Consentimiento informado para actividades extracurriculares 2018
---	---

Yo, _____, identificado(a) con cédula de ciudadanía No _____ de _____, y como acudiente legal de la estudiante _____ con D.I. _____ autorizó a su participación en el semillero de robótica, con lo que ello implique. Participar en su formación en jornada contraria, responder por las acciones de ella en dichas actividades, y responsabilizarme del trayecto hasta la casa. Además doy mi aprobación para que fije, reproduzca, adapte y comunique la imagen (en fotografía o video) y/o la entrevista efectuadas a mí o mi representado, realizada bajo cualquier soporte, físico o digital, en estrategias comunicacionales de carácter informativo, corporativo, institucional y de movilización de la administración municipal, que se difundan públicamente por cualquier medio (impreso, internet, televisión, radio y cualquier otro medio de difusión), solo con fines institucionales, educativos, culturales o deportivos, dentro de los propósitos establecidos por el Municipio de Medellín, sin restricción de plazo temporal ni espacial. La institución educativa no podrá cederlo a terceros. Dicha cesión la realice de manera gratuita, sin ánimo de recibir compensación económica alguna.

En caso de entrevista, el suscrito entrevistado declara que es propietario de los derechos sobre el contenido de la entrevista o vela por los derechos de su representado y, en consecuencia, garantiza que puede otorgar la presente autorización sin limitación alguna al Municipio de Medellín. Todo esto en concordancia con el régimen legal que se encuentra establecido la Ley 23 de 1982 y Decisión 351 de la CAN.

Villegras de Santos, que es quien actuará como responsable para el tratamiento de mis datos y/o de mi representado conforme a su Política de Tratamiento de Datos Personales, disponible en www.medellin.gov.co, para que sean incluidos en sus

bases de datos para llevar a cabo acciones relacionadas con sus funciones legales y su objeto misional, lo que comprende todas sus competencias funcionales incluyendo, sin limitación, todos los trámites, gestiones, servicios, consultas, notificaciones, registros, entre otros, que el colegio requiera realizar en virtud de mi calidad de ciudadano. En esa medida, declaro que la información suministrada es correcta, veraz, verificable y actualizada.

Declaro conocer que los datos de los menores de edad son datos sensibles de acuerdo con la normativa vigente, por lo tanto, NO me encuentro obligado a autorizar el tratamiento de estos. Sin embargo, declaro otorgar, de manera previa, explícita, informada, voluntaria y expresa, la correspondiente autorización.

Ciudad y fecha: Medellín, 27/02/2018

Firma: _____

Teléfono de contacto: _____