UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL

BIOINSPIRACIÓN:

Una unidad didáctica para el desarrollo de la competencia de solución de problemas con Tecnología e Informática en estudiantes de grado undécimo.

RICARDO AVENDAÑO SANDOVAL

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA
BOGOTÁ, D.C. COLOMBIA

2026

BIOINSPIRACIÓN:

Una unidad didáctica para el desarrollo de la competencia de solución de problemas con Tecnología e Informática en estudiantes de grado undécimo.

RICARDO AVENDAÑO SANDOVAL

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Licenciado en Diseño Tecnológico

Director:

Rodrigo Romero Garzón

Universidad Pedagógica Nacional

Facultad de Ciencia y Tecnología

Departamento de Tecnología

Bogotá, D.C. Colombia

2026

Dedicado a las matriarcas de mi familia, a las dos mujeres más importantes de mi vida, mujeres fuertes y admirables, abuelita y madre, lo son todo para mí. Gracias por su amor, apoyo y ejemplo incondicional.

A mis niños, Esteban, Gabriela y Martín, nunca dejen de soñar ni de luchar por hacer realidad cada uno de sus sueños.

Agradecimientos

Culminar este trabajo de grado representa el cierre de una etapa llena de aprendizajes, retos, dudas, esfuerzos y momentos de crecimiento personal y profesional: llegar a este punto no habría sido posible sin el acompañamiento de las personas que estuvieron presentes durante este camino y que, de diferentes maneras, me brindaron su apoyo.

Quiero agradecer profundamente a mi familia, por su paciencia, comprensión y respaldo durante todo mi proceso de formación. Su compañía fue muy fundamental en momentos de cansancio y dificultad, a lo largo de toda la carrera, sus palabras de ánimo y sus muchas ayudas me permitieron continuar trabajando para alcanzar esta meta.

De manera muy especial, agradezco a mis hermanos, a mi mamita, a mi padre quienes han sido una parte esencial de mi vida. Gracias por acompañarme, por escucharme, por brindarme ánimo, por ayudarme y por siempre estar presentes en todos los momentos incluso en donde las responsabilidades, el agotamiento y las preocupaciones parecían superar mis fuerzas. Cada palabra, gesto de apoyo y momento compartido tuvo un valor inmenso durante este proceso. Aprovecho estas palabras para recordarles que los amo con toda mi vida.

A ustedes, mis hermanos, les agradezco por creer en mí, por celebrar mis avances y por siempre estar ahí para recordarme que siempre nos acompañamos recorriendo nuestros caminos. Este logro no es sólo mío también es de ustedes y tomaré el atrevimiento de nombrar a aquellos con los que comparto el logro, Jhonatan mi hermanito, mi mejor amigo y Lorena mi hermanita pechocha que siempre estaban para ayudarme y escucharme, Selene, mi manita preferida que siempre es un apoyo importante que siempre me hace ver que las cosas más difíciles no significan nada en medio de las risas. Más allá de este título, uno de mis mayores privilegios siempre será llamarlos hermanos.

Decir gracias a mi abuelita nunca va a ser suficiente para expresar todo lo que me ha dado. Aun así, igual aprovecho para agradecerle una vez más y decirle que la amo a montones, a mi mamita también le agradezco por permitirme compartir la vida con una mujer maravillosa como ella. Mamita, a ti también te amo a montones.

Agradezco igualmente a mi tío Antonio que siempre que me veía luchando con alguna dificultad y estaba ahí, dispuesto para ayudarme, a Brayan mi compadre, siempre me ayudó en todos los asuntos eléctricos, a mi tío Jorge que siempre es una persona que admiro, a mi otra comadre Yuri que escuchaba mis cosas. Este logro también es de ustedes que han estado en mi vida.

Un agradecimiento muy especial es a alguien que siempre estuvo detrás de este logro, impulsándome a continuar, ayudándome de todas las maneras posibles. Mi nakama de la vida, que siempre me ayuda a buscar mi propio one piece, sin saber que, para mí, ella ya lo es. Gracias por caminar a mi lado, por sostenerme en los momentos difíciles y creer en

mí cuando yo mismo dudaba. Gracias también a Choki, Taly y Paco por siempre acompañarme y hacer parte de este proceso.

Expreso también mi agradecimiento a mi director de trabajo de grado, el profesor Rodrigo Romero, por su orientación, acompañamiento y aportes académicos. Sus observaciones, recomendaciones y conocimientos fueron fundamentales para fortalecer este proyecto y orientar su proceso de construcción.

Agradezco a los docentes que hicieron parte de mi formación, quienes, a través de sus conocimientos y experiencias, contribuyeron al desarrollo de mi identidad como futuro Licenciado en Diseño Tecnológico y me permitieron comprender la responsabilidad social, humana y educativa que implica la labor docente. Agradezco también a todos los compañeros, amigos y personas con las que me crucé en esta etapa.

Asimismo, agradezco al Colegio Acacia II (IED), a sus docentes y estudiantes por abrirme sus puertas y permitirme desarrollar esta propuesta en su contexto educativo. De manera especial, agradezco a los estudiantes de grado undécimo por su disposición, creatividad, compromiso y participación durante la implementación de la unidad didáctica. Sus ideas, experiencias y producciones dieron sentido a este proceso investigativo.

Finalmente, agradezco a la Universidad Pedagógica Nacional por brindarme los espacios académicos, pedagógicos y humanos que hicieron posible mi formación. Esta experiencia no solo me permitió adquirir conocimientos, sino también reafirmar mi compromiso con la educación, la tecnología y la construcción de propuestas que contribuyan a transformar la realidad de los estudiantes y sus comunidades.

Resumen

El presente trabajo de grado evalúa el aporte de una unidad didáctica basada en la bioinspiración al fortalecimiento de la competencia del componente Solución de problemas con Tecnología e Informática en estudiantes de grado undécimo del Colegio Acacia II (IED); la propuesta surge ante la necesidad de promover experiencias de educación tecnológica que superen la elaboración de productos aislados y poder favorecer la identificación de problemas, formulación de soluciones, representación de ideas y evaluación de propuestas. En la unidad didáctica se hizo la propuesta de tres Actividades Tecnológicas Escolares fundamentadas en la bioinspiración, biomímesis y biomecánica. La investigación se desarrolló mediante un enfoque mixto y un diseño cuasiexperimental de un solo grupo con preprueba y posprueba. Para la recolección de información se usó una encuesta de percepción e instrumentos de valoración aplicados a expertos y docentes, el instrumento evaluador de los expertos fue diseñado teniendo en cuenta varios referentes y autores especializados en Actividades Tecnológicas Escolares para evaluar la calidad pedagógica, didáctica y tecnológica de la ATE, siendo este un aporte adicional del presente trabajo. La comparación se realizó con 27 estudiantes quienes presentaron ambas pruebas, de lo anterior, se pudo evidenciar que el promedio general aumentó y 24 estudiantes mejoraron su desempeño individual. Los mayores avances se presentaron en la formulación de soluciones tecnológicas, identificación y delimitación del problema. Asimismo, en la posprueba se observó el uso de referentes naturales como fuentes para orientar las propuestas, mientras que la encuesta de percepción mostró una valoración favorable de la unidad didáctica. Se concluye que la bioinspiración constituye un enfoque pertinente para fortalecer la solución de problemas tecnológicos.

Palabras clave: ATE, bioinspiración, educación en tecnología, solución de problemas, competencias tecnológicas.

Abstract

This thesis evaluates the contribution of a didactic unit based on bioinspiration to the strengthening of the competence of the Problem Solving with Technology and Informatics component in the Colegio Acacia II (IED) eleventh grade; the proposal arises from the need to promote technological education experiences that go beyond the creation of isolated products and the identification of problems, solution formulation, ideas representation and proposals evaluation. In the didactic unit, three Technological Activity at School were designed based on bioinspiration, biomimicry and biomechanics, of which it was only possible to implement the first two due to institutional time constraints. The research was developed using a mixed approach and quasi - experimental design of a single group, applied pre-test and post-test. For the collection of information, a perception survey and assessment instruments were used applied to experts and teachers, the expert assessment instrument was designed taking into account several references and authors specialized in Technological Activity at School to evaluate the pedagogical, didactic and technological quality of the ATE, this being an additional contribution of the present work. The comparison was made with 27 students who took both tests, it was evident that the overall average increased and 24 students improved their individual performance. The greatest advances were made in the formulation of technological solutions, identification and delimitation of the problem. In addition, the post - test, the use of natural references as sources to guide the proposals was observed, while the perception survey showed a favorable assessment of the didactic unit. It is concluded that bioinspiration is a relevant approach to strengthening the solution of technological problems.

Keywords: ATE, bioinspiration, technology education, problem solving, technological skills.

Contenido

Agradecimientos ..... **IV**

Resumen ..... **VI**

Abstract ..... **VII**

Contenido ..... **VIII**

Lista de Abreviaturas ..... **X**

Lista de figuras ..... **XI**

Lista de tablas ..... **XII**

Introducción **13**

1. ASPECTOS PRELIMINARES **16**
1.1 Planteamiento del problema 16
1.2 Pregunta de investigación 18
1.3 Justificación 18
1.4 Objetivos 22
1.4.1 Objetivo general 22
1.4.2 Objetivos específicos 22

2. ANTECEDENTES **23**
2.1 Antecedentes locales. 23
2.2 Antecedentes nacionales. 26
2.3 Antecedentes internacionales 28
2.4 Aporte de los antecedentes al presente trabajo 30

3. MARCO TEÓRICO **32**
3.1 Educación en Tecnología (OCATI) 32
3.2 Competencias tecnológicas. 34
3.3 Bioinspiración como enfoque para la educación tecnológica 37
3.4 Biomímesis 38
3.5 Biomecánica 39
3.6 Actividad Tecnológica Escolar (ATE) 40
3.7 Modelo didáctico FEA (Fundamentación – Ejercitación – Aplicación) 43
3.8 Unidad didáctica (UD). 46
3.9 Evaluación de competencias tecnológicas. 48

4. METODOLOGÍA **52**
4.1 Enfoque de investigación 52
4.2 Diseño de investigación 54

4.3 Contexto y población 54
4.4 Ruta metodológica. 55
4.5 Construcción del instrumento para la valoración de Actividades Tecnológicas Escolares 56
4.6 Variables de estudio y categorías de análisis 59
4.7 Técnicas e instrumentos de recolección de información 62
4.8 Procedimiento de análisis de la información. 66
4.9 Consideraciones éticas y limitaciones metodológicas 68
4.10 Síntesis de la unidad didáctica diseñada 70

5. IMPLEMENTACIÓN DE LA UNIDAD DIDÁCTICA. 73
5.1 Condiciones y alcance de la implementación 74
5.2 Aplicación de la preprueba 74
5.3 Desarrollo de las ATE implementadas 75
5.4 Aplicación de la posprueba y de la encuesta de percepción 76

6. RESULTADOS Y ANÁLISIS. 76
6.1 Conformación de la muestra analítica. 77
6.2 Resultados generales de la preprueba y posprueba 78
6.2.1 Comparación del puntaje promedio 78
6.2.2 Distribución de los niveles de desempeño 80
6.2.3 Cambios individuales en el desempeño 81
6.3 Resultados por criterio de evaluación 83
6.3.1 Identificación y delimitación del problema tecnológico 84
6.3.2 Propuesta de solución tecnológica 86
6.3.3 Representación gráfica de la solución 87
6.3.4 Evaluación de ventajas, limitaciones y posibles mejoras 88
6.4 Resultados de la encuesta de percepción de los estudiantes 90
6.4.1 Comprensión y claridad de la unidad didáctica. 90
6.4.2 Aporte de las actividades al aprendizaje 92
6.4.3 Interés, utilidad y disposición para continuar 94
6.4.4 Análisis de las respuestas abiertas 95
6.5 Integración y discusión de los resultados 101

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 106
7.1 Conclusiones 106
7.2 Recomendaciones 110

8. BIBLIOGRAFÍA 113

9. ANEXOS 117

Lista de Abreviaturas

ABPr: Aprendizaje Basado en Proyectos.

ATE: Actividad Tecnológica Escolar. En plural, Actividades Tecnológicas Escolares.

ATI: Área de Tecnología e informática.

CE: Cartilla del estudiante.

EPE: Encuesta de percepción estudiantil (EPE)

FEA: Fundamentación, Ejercitación y Aplicación.

GD: Guía Docente

IED: Institución Educativa Distrital.

LOMLOE: Ley Orgánica 3/2020, por la que se modifica la Ley Orgánica de Educación.

MEN: Ministerio de Educación Nacional.

OCATI: Orientaciones Curriculares para el Área de Tecnología e Informática en Educación Básica y Media.

POE: Predecir, Observar y Explicar.

QR: *Quick Response* —respuesta rápida—

SPTI: Solución de problemas con Tecnología e Informática.

UD: Unidad didáctica.

UNESCO: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

UNICEF: Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia.

Lista de figuras

Pág.

FIGURA 1. PROMEDIO TOTAL OBTENIDO EN LA PREPRUEBA Y LA POSPRUEBA 78
FIGURA 2. DISTRIBUCIÓN DE LOS NIVELES DE DESEMPEÑOS EN LA PREPRUEBA Y LA POSPRUEBA. 80
FIGURA 3. CAMBIO INDIVIDUAL ENTRE LA PREPRUEBA Y LA POSPRUEBA. 81
FIGURA 4. PROMEDIO POR CRITERIO EN LA PREPRUEBA Y POSPRUEBA 83
FIGURA 5. RESULTADOS DE LAS PREGUNTAS DEL CRITERIO 1 85
FIGURA 6. RESULTADOS DE LA PREGUNTA DEL CRITERIO 2 86
FIGURA 7.PROMEDIO DEL CRITERIO DE REPRESENTACIÓN GRÁFICA. 87
FIGURA 8. RESULTADOS DE LAS PREGUNTAS DEL CRITERIO 4 89
FIGURA 9. PERCEPCIÓN SOBRE LA COMPRENSIÓN Y CLARIDAD DE LA UNIDAD. 91
FIGURA 10. PERCEPCIÓN SOBRE EL APORTE DE LAS ACTIVIDADES AL APRENDIZAJE 92
FIGURA 11. PERCEPCIÓN SOBRE EL INTERÉS Y UTILIDAD DE LA UNIDAD. 94
FIGURA 12. ASPECTOS QUE MÁS GUSTARON DE LA UNIDAD. 95
FIGURA 13. NUBE DE PALABRAS DE LAS RESPUESTAS SOBRE LOS ASPECTOS QUE MÁS GUSTARON DE LA UNIDAD DIDÁCTICA. 96
FIGURA 14. DIFICULTADES SEÑALADAS POR LOS ESTUDIANTES. 97
FIGURA 15. NUBE DE PALABRAS DE LAS RESPUESTAS SOBRE LOS ASPECTOS DONDE ENCONTRARON DIFICULTADES DE LA UNIDAD DIDÁCTICA. 98
FIGURA 16. MEJORAS SUGERIDAS POR LOS ESTUDIANTES. 99
FIGURA 17. NUBE DE PALABRAS DE LAS RESPUESTAS SOBRE LOS ASPECTOS POR MEJORAR DE LA UNIDAD DIDÁCTICA. 100

Lista de tablas

Pág.

TABLA 1.SÍNTESIS DE DIMENSIONES DEL INSTRUMENTO DE VALORACIÓN DE ATE. 58
TABLA 2.VARIABLE, COMPETENCIA FOCAL Y CATEGORÍAS DE ANÁLISIS. 61
TABLA 3. ESTRUCTURA GENERAL DE LA UNIDAD DIDÁCTICA. 71
TABLA 4. DISTRIBUCIÓN DE LOS ESTUDIANTES POR NIVEL DE DESEMPEÑO. 80
TABLA 5. PROMEDIO OBTENIDO POR CRITERIO EN LA PREPRUEBA Y POSPRUEBA 83
TABLA 6. RESULTADOS DE LAS PREGUNTAS DEL CRITERIO 1 84
TABLA 7. RESULTADOS DE LAS PREGUNTAS DEL CRITERIO 2 86
TABLA 8. RESULTADOS DE LAS PREGUNTAS DEL CRITERIO 4 89
TABLA 9. PERCEPCIÓN SOBRE LA COMPRENSIÓN Y CLARIDAD DE LA UNIDAD. 90
TABLA 10. PERCEPCIÓN SOBRE EL APORTE DE LAS ACTIVIDADES AL APRENDIZAJE 92
TABLA 11. PERCEPCIÓN SOBRE EL INTERÉS Y UTILIDAD DE LA UNIDAD. 94
TABLA 12. ASPECTOS QUE MÁS GUSTARON DE LA UNIDAD. 95
TABLA 13. DIFICULTADES SEÑALADAS POR LOS ESTUDIANTES 97
TABLA 14. MEJORAS SUGERIDAS POR LOS ESTUDIANTES. 99

Introducción

La educación en tecnología busca que los estudiantes comprendan situaciones de su entorno y participen en la formulación de soluciones mediante procesos de análisis, diseño, representación y evaluación. Esto requiere que las experiencias escolares no se concentren únicamente en el uso de herramientas o en la construcción de productos, lo que permite identificar necesidades, establecer condiciones, comparar alternativas, justificar decisiones y valorar las posibilidades de funcionamiento de una propuesta. Bajo este foco, las orientaciones curriculares para el Área de Tecnología e informática en la educación básica y media plantean el desarrollo de competencias que permiten resolver problemas tecnológicos considerando las condiciones, restricciones y particularidades del contexto (Ministerio de Educación Nacional [MEN], 2022)

En el Colegio Acacia II (IED), institución ubicada en el contexto urbano, estas capacidades pueden desarrollarse a partir de situaciones cercanas a la vida escolar, tales como el manejo de residuos, el uso de recursos, la manipulación de objetos y el consumo de agua. Estas situaciones ofrecen oportunidades para vincular el aprendizaje tecnológico con problemas reconocibles por los estudiantes y promover una comprensión de la tecnología como un proceso de creación y toma de decisiones enfocado a responder necesidades o problemas de contexto.

El presente trabajo de grado se concentra en una competencia focal del componente Solución de problemas con Tecnología e Informática, establecido por el MEN (2022) en las Orientaciones Curriculares para el Área de Tecnología e Informática, la cual dice: “propongo innovaciones tecnológicas e informáticas para la solución de problemas dando cumplimiento a restricciones, condiciones y especificaciones técnicas y contextuales” (p. 56). Las actividades y los instrumentos de evaluación se enfocaron hacia esta competencia a través de evidencias relacionadas con la identificación de problemas, la formulación y

comparación de soluciones, la representación de ideas y el análisis de fallas y posibilidades de mejora.

Como tema principal de la propuesta se seleccionó la bioinspiración, entendida como un enfoque amplio que reconoce la naturaleza como una fuente de conocimiento para el diseño. Este enfoque parte de la observación y el análisis de las estructuras, funciones, movimientos, mecanismos y estrategias presentes en los seres vivos, con el propósito de abstraer principios que puedan ser transferidos a una propuesta tecnológica, esto se alinea con lo que plantea Benyus (1997), que asegura que la naturaleza puede ser un modelo y referente para el desarrollo de soluciones humanas.

Este tema principal tiene dos enfoques que brindan dos perspectivas relacionadas pero diferentes, por un lado, la biomímesis que se orienta a observar, comprender y abstraer principios o estrategias presentes en los sistemas naturales para transferirlos a la solución de problemas. Por el otro lado, está la biomecánica que estudia las estructuras, fuerzas y movimientos de los seres vivos, con su entorno. Su análisis comprende distintas formas de locomoción, como caminar, correr, saltar, trepar, nadar y volar, así como principios físicos y biológicos que intervienen en ellas (Alexander, 2003) En el campo educativo, este análisis puede favorecer la formulación de prototipos y mecanismos tecnológicos (Delgado Rojas & Calderón Méndez, 2020). El diseño frugal se incorporó en toda la unidad didáctica diseñada para orientar las propuestas hacia soluciones funcionales, viables y elaboradas con recursos asequibles.

A partir de los elementos anteriores se diseñó una unidad didáctica compuesta por tres Actividades Tecnológicas, dividida en una cartilla para los estudiantes y una guía docente con el propósito de valorar el aporte de la bioinspiración al fortalecimiento de la competencia tecnológica seleccionada a estudiantes de grado undécimo del Colegio acacia II (IED). Para ello se adoptó un enfoque mixto con predominio cualitativo, considerando la necesidad de comprender las experiencias, producciones y procesos desarrollados por los estudiantes, y apoyado de datos cuantitativos que se relacionan con el nivel de desempeño. Este enfoque mixto

permite reconocer las dimensiones objetivas y subjetivas presentes en los procesos educativos y evita que su valoración se reduzca únicamente a datos medibles, sino que busca interpretaciones que no estén directamente relacionadas al desempeño (Marín Gallego, 2018). También, se adoptó un diseño cuasiexperimental de un solo grupo previamente conformado, con preprueba y posprueba, para así comparar el desempeño antes y después de la intervención, reconociendo las limitaciones relacionadas con la ausencia del grupo control y con el control de la variable externa (Toro Jaramillo & Parra Ramírez, 2010). Las características específicas de este enfoque, el diseño, los participantes, los instrumentos y el procedimiento de análisis se desarrollan en el capítulo metodológico.

El documento está organizado en siete capítulos. En el primer capítulo se presentan el planteamiento del problema, la pregunta de investigación, la justificación y los objetivos. En el segundo se analizan los antecedentes locales, nacionales e internacionales relacionados con la bioinspiración, la biomímesis, la biomímesis y las Actividades Tecnológicas Escolares. El tercer capítulo desarrolla los referentes teóricos sobre educación en tecnología, competencias tecnológicas, bioinspiración, biomímesis, biomecánica, Actividades Tecnológicas Escolares, modelo FEA, unidad didáctica y evaluación. El cuarto capítulo expone el enfoque, el diseño y la ruta metodológica; el quinto describe la implementación de la unidad didáctica; el sexto presenta y discute los resultados obtenidos; y el séptimo capítulo reúne las conclusiones y recomendaciones derivadas de la investigación.

1.ASPECTOS PRELIMINARES

1.1 Planteamiento del problema

Según la Ley 115 de 1994 de Colombia, la educación se entiende como un proceso de formación que busca de manera integral fortalecer aspectos personales, sociales y culturales, junto con deberes, derechos y dignidad de cada ciudadano. En consecuencia, la escuela debe generar experiencias formativas que permitan a los estudiantes comprender situaciones de su vida cotidiana, participar activamente en su proceso de aprendizaje y desarrollar conocimientos y habilidades aplicables a la solución de problemas.

En este sentido, para el Área de Tecnología e Informática (ATI), este propósito alcanza especial relevancia porque en el Ministerio de Educación Nacional (MEN, 2022) las Orientaciones Curriculares para el Área de Tecnología e Informática en educación Básica y Media (OCATI) plantean la necesidad de formar el desarrollo de competencias tecnológicas e informáticas en niños y jóvenes que cursan esta etapa, competencias como:

"*resolver problemas, necesidades y deseos de orden tecnológico asociados a la mejora de la calidad de vida de las personas y demás especies que habitan el planeta, procurando la conservación de un mundo sustentable y sostenible para las generaciones actuales y futuras*" (p. 11).

Por lo anterior, la educación tecnológica no se debe restringir solo al uso de instrumentos, artefactos o herramientas, sino que tiene como objetivo de promover el análisis, diseño, creación, evaluación y reflexión crítica sobre impactos sociales y ambientales de la tecnología. Siendo importante recalcar que los estudiantes puedan comprender las condiciones de un problema, reconozca sus restricciones, formulen diferentes alternativas, justifiquen sus decisiones y valoren las posibilidades de funcionamiento de sus propuestas.

Aunque en las OCATI se reconoce la importancia de estos procesos, continúa existiendo el desafío de diseñar e implementar experiencias educativas que permitan a los estudiantes relacionar diferentes campos del conocimiento con la solución de problemas tecnológicos. En este escenario, el diseño puede funcionar como un puente entre disciplinas, debido a que posibilita integrar conocimiento, analizar referentes, representar ideas y elaborar propuestas que respondan a situaciones concretas. La observación de los seres vivos y de sus características también puede aportar información para comprender estructuras, funciones, movimientos y mecanismos que orienten la formulación de soluciones tecnológicas.

Desde esta perspectiva, la bioinspiración representa una posibilidad para ampliar las estrategias utilizadas en el ATI. Este enfoque permite observar, analizar e interpretar principios presentes en los sistemas naturales para transferirlos a proceso de diseño. Según Stevens, et al. (2019), la educación, implementando el biomimetismo aborda problemas integrando elementos esenciales en sus fases de pensamiento de diseño el cual se enfoca en la resolución de problemas, aprendiendo de la naturaleza como modelo, medida y mentor. De manera complementaria, el Biomimicry Institute (s.f.), plantea que la observación de los organismos vivos puede orientar el desarrollo de productos, procesos y sistemas inspirados en sus estrategias y mecanismos de funcionamiento.

A pesar de su potencial educativo, enfoques como bioinspiración, biomímesis y biomecánica todavía presentan posibilidades de exploración dentro de las propuestas didácticas del ATI, que permitan a los estudiantes relacionar la tecnología con la vida, donde se favorezca el desarrollo de habilidades como identificación del problema, generación de alternativas, representación de ideas y construcción de prototipos.

Siendo así, la biomímesis y biomecánica, enfoques inspirados en la observación de sistemas vivos, pueden ser abordados de manera adecuada en contextos educativos urbanos, la bioinspiración no es solo el contacto directo con

ecosistemas naturales, más bien puede ser una estrategia o herramienta pedagógica que permite analizar los principios biológicos mediante recursos didácticos y audiovisuales, para así mismo transferirlos a situaciones tecnológicas contextualizadas.

Por esta razón, se identifica como grupo objetivo a los estudiantes del grado undécimo del Colegio Acacia II (IED). En este contexto, la propuesta ofrece la posibilidad de desarrollar actividades orientadas a la observación, el análisis, la abstracción, la representación y el diseño, mediante situaciones cercanas a la experiencia de los estudiantes. Por lo tanto, la institución constituye un escenario pertinente para implementar una propuesta didáctica que articule la bioinspiración con la educación tecnológica y busque fortalecer competencias asociadas con la solución de problemas, la formulación de alternativas y la evaluación de propuestas tecnológicas.

1.2 Pregunta de investigación

¿Qué cambios se presentan en el desempeño de los estudiantes de grado undécimo del Colegio Acacia II (IED) frente a la competencia del componente de Solución de problemas con Tecnología e Informática después de la implementación de una unidad didáctica basada en la bioinspiración?,

1.3 Justificación

Esta investigación se considera importante porque busca ampliar las posibilidades de enseñanza en el Área de Tecnología e Informática mediante una propuesta que permita a los estudiantes comprender la tecnología como un proceso de análisis, diseño y solución de problemas. Las OCATI afirman que el desarrollo de competencias tecnológicas requiere que los estudiantes comprendan las condiciones de una situación, reconozcan restricciones, propongan alternativas, representen sus ideas y evalúen el funcionamiento de las soluciones de acuerdo con criterios técnicos y contextuales (MEN, 2022) siendo así esto resulta pertinente

para promover experiencias educativas que no se concentren únicamente en el uso de herramientas o en la elaboración de productos, sino que involucren proceso de pensamiento y toma de decisiones.

Para los estudiantes, una de las principales bondades de la propuesta consiste en ofrecer una manera diferente de aproximarse a la solución de problemas tecnológicos. El uso de la bioinspiración puede favorecer la observación detallada de formas, estructuras, movimientos y funciones presentes en los seres vivos, con el propósito de identificar principios que puedan relacionarse con una necesidad o problema. Benyus (1997) plantea que los modelos, procesos y estrategias de la naturaleza pueden estudiarse como referentes para resolver problemas humanos. Así, los estudiantes pueden contar con fuentes de información mediante referentes naturales que les permitan analizar, comparar, abstraer y fundamentar sus decisiones de diseño, en lugar de formular soluciones solamente desde la intuición.

La propuesta también puede contribuir al fortalecimiento de la capacidad de observación de los estudiantes. Observar, dentro de la bioinspiración, no significa únicamente reconocer la apariencia externa de un organismo, sino preguntarse cómo funciona, que necesidad resuelve una determinada estructura, qué relación existe entre su forma y función y qué principio puede ser posible trasladarse a una solución tecnológica. La biomímesis favorece procesos de observación, análisis, abstracción y aplicación de principios naturales, debido a que no se limita a copiar las formas de la naturaleza, sino que busca comprender su funcionamiento y transferirlo a propuestas de diseño (Benyus, 1997; Stevens et al., 2019).

La biomecánica a su vez complementa este proceso porque permite estudiar los movimientos, fuerzas, estructuras y funciones de los seres vivos. El análisis de aspectos como el agarre, la resistencia, la estabilidad, el desplazamiento y la articulación puede ayudar a que los estudiantes comprendan la relación entre forma, función y mecanismo. Alexander (2003) explica que las diversas formas de desplazamiento de los animales dependen de mecanismos físicos y biológicos relacionados con el funcionamiento muscular, el soporte corporal, la interacción

con el medio y el gasto energético. Por medio de este conocimiento los estudiantes pueden entender la naturaleza como referentes para analizar la relación entre función, forma y movimiento; siendo un componente importante para la bioinspiración para explorar la posible transferencia de principios naturales hacia la formulación de soluciones tecnológicas.

Otra bondad para los estudiantes se encuentra en el desarrollo del pensamiento tecnológico. La propuesta puede ayudarlos a comprender que solucionar un problema no consiste solamente en imaginar un objeto, sino en identificar una necesidad, reconocer a las personas involucradas, analizar las condiciones del contexto y establecer las restricciones que debe cumplir una posible solución. Según el MEN (2022), las competencias tecnológicas requieren que el estudiante proponga, compare y evalúe alternativas de acuerdo con restricciones, condiciones y especificaciones técnicas y contextuales. Para los estudiantes reconocer restricciones es importante porque permite que las propuestas de los estudiantes sean más fundamentadas y viables. Los materiales disponibles, el tamaño, la resistencia, el movimiento, la función, el usuario y las condiciones de uso pueden influir en las decisiones de diseño, bajo esta misma mirada el reconocimiento de condiciones, restricciones, ventajas, fallas y posibilidades de mejora hace parte de las evidencias de aprendizaje asociadas con la competencia tecnológica seleccionada (MEN, 2022). Siendo importante para este trabajo que se puede contribuir a que los estudiantes pasen de formular ideas generales a construir propuestas que respondan de manera más clara a las características del problema contextualizado.

La propuesta puede tener beneficios en la capacidad de generar y comparar alternativas. En los procesos de solución de problemas tecnológicos no siempre existe una única respuesta correcta, por lo que el estudiante necesita explorar diferentes posibilidades, reconocer sus ventajas y limitaciones y justificar la selección de una de ellas. Según Goel & Pirolli (1992) y Simon (1969) citados en las OCATI por el MEN (2022) el pensamiento de diseño implica identificar

problemas, proyectar posibles soluciones, satisfacer restricciones especificadas y valorar su factibilidad y viabilidad.

Otra bondad para los estudiantes se relaciona con su participación activa en el aprendizaje. Las Actividades Tecnológicas Escolares permiten que el estudiante no se limite a recibir información, sino que observe, pregunte, analice, compare, represente, diseñe, argumente, pruebe y mejore sus propuesta. Según Hernández Suárez (2018) define las ATE como el resultado de una planeación docente situada, orientada a generar desempeños relacionados con la construcción de conocimientos teórico- prácticos, actitudes y valores vinculados con la tecnología. De manera complementaria, Quintana Ramírez et al. (2018) las reconocen como recursos didácticos que permiten abordar distintas dimensiones técnicas y socioculturales de la tecnología.

Las ATE también pueden ayudar a que los estudiantes comprendan los problemas de una manera más analítica. La problematización permite identificar qué necesidad existe, cuáles son las condiciones que intervienen, qué recursos están disponibles y qué criterios deben emplearse para valorar una solución. Así, las actividades pueden favorecer el paso de una descripción superficial del problema hacia una comprensión funcional y propositiva de la tecnología según Merchán Basabe (2008) y Quintana et al. (2018).

Para los docentes del ATI, el trabajo puede ofrecer una alternativa para organizar experiencias que articulen conceptos, situaciones problemáticas, recursos, actividades y criterios de evaluación. Zabala (1995) plantea que una unidad didáctica permite organizar progresivamente objetivos, contenidos, estrategias, recursos y formas de evaluación alrededor de un propósito formativo común. En este sentido, la unidad didáctica basada en bioinspiración puede servir como referente para planear procesos en los que los estudiantes avancen desde la comprensión conceptual hasta la formulación y evaluación de propuestas tecnológicas.

Para los investigadores, este trabajo puede aportar un referente para estudiar las relaciones entre la bioinspiración, pensamiento tecnológico y solución de problemas. También puede convertirse en un referente conceptual y didáctico sobre la manera en que la tecnología, el diseño y la biología pueden relacionarse en el ámbito escolar. El documento también podría ofrecer elementos para comprender cómo estos principios de la bioinspiración se relacionan con competencias, actividades, evidencias de aprendizaje y criterios de evaluación.

El trabajo también puede resultar pertinente para la licenciatura en Diseño Tecnológico porque amplía las posibilidades de intervención pedagógica del futuro docente. La relación entre tecnología, diseño y biología puede ofrecer recursos para mediar experiencias de observación, análisis, ideación, representación y evaluación. Desde esta perspectiva, el licenciado no se puede limitar a solo enseñar técnicas de construcción, sino que acompaña a los estudiantes en la comprensión de problemas, la identificación de restricciones y la fundamentación de sus decisiones tecnológicas.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Analizar las diferencias en el desempeño de los estudiantes de grado undécimo del Colegio Acacia II (IED) frente a la competencia del componente de Solución de problemas con Tecnología e Informática entre la preprueba y posprueba, después de la implementación de una unidad didáctica basada en la bioinspiración.

1.4.2 Objetivos específicos

- Identificar los principios de la biomímesis y la biomecánica aplicables a la unidad didáctica (UD) para el Área de Tecnología e Informática (ATI) para educación media.

- Diseñar una unidad didáctica (UD) basada en al bioinspiración, compuesta por Actividades Tecnológicas Escolares (ATE), orientada al fortalecimiento de la competencia tecnológica del componente de Solución de problemas con Tecnología e Informática.
- Analizar las diferencias en el desempeño de los estudiantes frente a la competencia seleccionada mediante la comparación de los resultados obtenidos en la preprueba y la posprueba, después de la implementación de la unidad didáctica.

2. ANTECEDENTES

Los siguientes antecedentes se organizan en tres niveles: locales, nacionales e internacionales. Se inicia por las investigaciones desarrolladas en instituciones educativas y universidades de Bogotá, relacionadas con el uso de analogías naturales, biónica y ATE en el área de Tecnología e Informática. Después se abordan referentes nacionales vinculados con biomímesis y su potencial educativo en el contexto colombiano. Finalmente, se presentan antecedentes internacionales que permiten ampliar la comprensión de la biomímesis como estrategia educativa y transdisciplinar.

2.1 Antecedentes locales.

Dentro de los antecedentes locales se identifican investigaciones hechas en Bogotá que se relacionan con el uso de referentes naturales, la biónica, la bioinspiración y las Actividades Tecnológicas Escolares en el área de Tecnología e informática. Estos trabajos resultan pertinentes porque permiten reconocer experiencias cercanas al contexto institucional y disciplinar del presente proyecto.

La primera investigación es de un trabajo de grado de la Universidad Pedagógica Nacional de García (2021) llamado *Entorno y estructuras: Estudio de caso,*

propuesta de desarrollo de material didáctico para el aprendizaje del concepto de estructura a partir de las analogías de la naturaleza para estudiantes del grado 6º, ciclo 3, del Gimnasio los Arrayanes, tiene como objetivo la construcción de un material didáctico que pueda fortalecer el concepto de estructura mediante el uso de analogías naturales como herramienta educativa. Este trabajo de grado tuvo un enfoque cualitativo para poder recoger las opiniones de docentes y estudiantes con respecto a las analogías implementadas en el aprendizaje, también la investigación usó un diseño de un estudio de caso donde se recolectaron datos mediante actividades prácticas. Los estudiantes exploraron estructuras presentes en la naturaleza y su relación con artefactos artificiales, donde el investigador encontró que las analogías de la naturaleza son una estrategia efectiva para facilitar la comprensión del concepto de estructura, ayudando a los estudiantes a conectar conocimientos previos con nuevos aprendizajes en tecnología.

Esta investigación es importante para el presente trabajo de grado porque puede demostrar por medio de las evidencias en los resultados sobre la efectividad de las analogías naturales en el aprendizaje en conceptos tecnológicos, lo que puede respaldar argumentos sobre la importancia de la implementación de la observación de la naturaleza para las clases de tecnología; siendo este uno de los pilares teórico–prácticos para la implementación del entorno natural como una fuente importante de aprendizaje, muchos de estos elementos fundamentales para una unidad didáctica basada en la bioinspiración.

El trabajo de grado de la especialización en educación en tecnología de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas de Bautista (2017) llamado *Diseño y desarrollo de una actividad tecnológica escolar – ATE que permita el aprendizaje del proceso de la biónica*, es otro antecedente importante para la investigación ya que se centra en el diseño y desarrollo de una ATE que permita el aprendizaje del proceso de la biónica, buscando que los estudiantes usen este proceso y así poder generar habilidades para la creación, innovación y solución de problemas, esta investigación se desarrolló en estudiantes de grado undécimo en un colegio distrital

buscando integrar la biónica en la enseñanza de la tecnología, promoviendo un aprendizaje práctico.

La investigación utilizó una metodología de diseño cualitativo basado en la descrita por Gerardo Rodríguez, la cual consiste en la estructuración del problema, desarrollo proyectual y producción, donde se realizaron actividades donde los estudiantes exploran conceptos relacionados con la biónica y su aplicación a contextos reales.

Este documento es fundamental para el presente trabajo de grado porque ayuda como referente ya contiene un marco teórico sobre la biónica y sus aplicaciones en la educación siendo importante para la estructura de la investigación en el área de la enseñanza de la tecnología y a su vez provee evidencia sobre la efectividad de las ATE en el aprendizaje de conceptos complejos. También, resalta la relevancia de metodologías que integren la educación tecnológica con un enfoque en la observación y análisis de la naturaleza así promoviendo un aprendizaje significativo y contextual.

Para la investigación de referentes, el trabajo de grado de Sánchez, A. (2014) en la Universidad Pedagógica Nacional llamado *Unidad didáctica para la enseñanza del diseño tecnológico a partir de la biónica, aplicada al área de tecnología e informática dirigida a los estudiantes de grado 11º del colegio Delia Zapata Olivella*, resultó de gran valor ya que tiene fines comunes, tiene como objetivo desarrollar una UD en el ATI para la enseñanza y aprendizaje del diseño tecnológico desde la biónica, la cual se implementó en el grado undécimo.

El autor usó una metodología cualitativa y un enfoque investigación–acción, esto con el propósito de mejorar la actividad didáctica, se hizo una contextualización para poder diseñar la UD y aplicarla, para así dar una validación uniendo el contenido específico de la licenciatura en diseño tecnológico junto con el contenido biológico.

Este antecedente se aproxima directamente al propósito del presente trabajo, teniendo fines comunes buscando aprovechar el contexto natural para elaborar situaciones problemas y así generar vínculos entre varias disciplinas, haciendo que los estudiantes desde la biónica puedan extraer información de la naturaleza facilitando la solución de los problemas planteados. El autor aporta mediante esta investigación, los elementos conceptuales y metodológicos para la construcción de una propuesta didáctica basada en la bioinspiración.

Estos trabajos permiten reconocer que la biónica, las analogías naturales y que en general la inspiración de la naturaleza para aportar una solución a problemas puede ser usada como medio para la enseñanza de conceptos tecnológicos, el diseño y construcción de materiales educativos tales como UD. A su vez tienen potencial para fortalecer procesos de observación, análisis, representación y diseño en estudiantes de educación básica y media. Todos los antecedentes locales

2.2 Antecedentes nacionales.

En cuanto a investigaciones relacionadas a nivel nacional, se tiene en cuenta el artículo de la Revista de Biomímesis transdisciplinariedad en armonía con la naturaleza llamado Ciencia, creatividad y educación: caso de estudio de la Biomímesis en el Caribe Colombiano, escrito por Martínez, et al. (2023) el cual presenta una iniciativa educativa y científica enfocada a la biomímesis como medio para afrontar problemáticas tanto ambientales como sociales en Colombia, especialmente en la región Caribe del país.

En este artículo, se tiene en cuenta que Colombia es el segundo país más biodiverso del mundo, por tanto, se destaca el deber de asumir la responsabilidad de proteger y estudiar la naturaleza, reconociendo también la importancia del conocimiento ancestral y autóctono, además resaltando que este sea una fuente valiosa de conocimiento para la educación, la ciencia, el diseño y la innovación. Desde esta perspectiva, la biomímesis se propone como una estrategia que permite observar, analizar y emular principios presentes en los organismos vivos,

con el fin de generar soluciones aplicables a diferentes campos tales como lo son el diseño, la arquitectura, la ingeniería.

Este proyecto tiene el objetivo de fomentar en niños, jóvenes y docentes la conciencia respecto a la conservación del ambiente, conocimiento de la biodiversidad local y desarrollo como la empatía, el pensamiento crítico, creatividad y trabajo en equipo; donde la metodología emplea campamentos donde se enseña a observar organismos, identificaron mecanismos naturales y abstrajeron principios de diseño que podían emular estrategias biológicas del entorno natural en pro de diseñar soluciones a problemas locales, promoviendo un aprendizaje horizontal y crítico.

Uno de los resultados más significativos de este antecedente es que durante el proyecto se desarrolló un catálogo biomimético con 116 organismos y 130 estrategias biológicas con potencial de emulación, documentadas en fichas que incluyen dicha estrategia, mecanismo, principio de diseño abstraído y posibles aplicaciones en diseño, arquitectura, ingeniería e industria. Este producto evidencia la posibilidad de convertir la biodiversidad en un recurso pedagógico para el aprendizaje, permitiendo que los estudiantes establezcan relaciones entre los sistemas vivos y el desarrollo *de soluciones tecnológicas.*

Este artículo demuestra que la biomímesis puede usarse como una estrategia educativa en contextos educativos colombianos para fortalecer procesos de observación, análisis y diseño. Permitiendo demostrar que la naturaleza puede tomarse como una fuente de principios aplicables al desarrollo de propuestas tecnológicas, lo cual conecta con uno de los propósitos de esta investigación, permitiendo apoyar la importancia de llevar la bioinspiración al aula en el ATI siendo una estrategia didáctica que busca fortalecer las competencias tecnológicas.

El trabajo de Casadiegos Fonseca y Mora Gutiérrez (2023), titulado ATE para desarrollo de habilidades de solución de problemas con tecnología en estudiantes de la institución educativa el palmar, de la universidad distrital francisco José de

caldas, tiene como propósito al desarrollo de habilidades de solución de problemas con estudiantes mediante una ATE basada en robótica educativa y robótica Beam.

El enfoque que tomó la investigación de este autor fue en diseño, permitiendo estructurar una intervención didáctica orientada a la identificación de problemas reales y a la construcción de soluciones tecnológicas. Esta ATE se planeó de manera que cada actividad aproximara a los estudiantes a procesos de diseño, construcción, comprobación y formulación de soluciones. Al finalizar la investigación, en el análisis de resultados se evidenció que la intervención de la ATE ayudó al desarrollo de las competencias relacionadas con la solución de problemas con tecnología e informática (SPTI).

Aunque el eje principal de la ATE de esta investigación es la robótica, es muy afín al presente trabajo de grado ya uno de sus objetivos es fortalecer las competencias tecnológicas, permitiendo reconocer que las ATE pueden ser propuestas que promuevan el pensamiento tecnológico, la interdisciplinariedad y la construcción de conocimiento a partir de situaciones problema, aportando referentes para poder diseñar una UD, compuesta con varias ATE que oriente a los estudiantes a la identificación de problemas, diseño de soluciones, la construcción de prototipos y la evaluación de sus propuestas tecnológicas.

2.3 Antecedentes internacionales

En los antecedentes internacionales se usó como referente el trabajo de grado de Redfearn Domínguez (2023), presentado en la Universidad de La Laguna bajo el título *La biomímesis: Trabajando el currículo LOMLOE bajo estrategias de la naturaleza*.

El objetivo de esta investigación es explorar la aplicación de la biomímesis en el aula, dentro del marco del currículo LOMLOE para educación secundaria obligatoria y bachillerato. Usando la biomímesis en el aula con el fin de fortalecer los procesos de aprendizaje mediante metodologías activas como el aprendizaje basado en proyectos (ABPr), el método POE y el pensamiento de diseño, con el fin

de fomentar un vínculo entre la creatividad, la innovación y el aprendizaje competencial y transversal. Para esto la investigación propuso actividades que permitan a los estudiantes observar su entorno natural desde una visión creativa, para que ellos pudieran analizar sistemas naturales y generar propuestas a problemas reales.

La investigación usó la metodología cualitativa, con un estudio de caso, esta propuesta incluyó talleres expositivos sobre conceptos clave de biomímesis, salidas de campo para observar la naturaleza y actividades de generación y consolidación de ideas y proyectos de diseño; siendo este una fortaleza de esta investigación haciendo que en los resultados hubiera una mejora en la comprensión del concepto de biomímesis y su aplicación práctica. Otro resultado importante es que los estudiantes lograron integrar conocimientos previos con los nuevos y desarrollar la capacidad de observar y analizar sistemas naturales para generar ideas innovadoras orientadas al diseño de productos inspirados en la naturaleza.

Esta investigación resulta importante porque la autora en sus conclusiones sostiene que la biomímesis es un enfoque basado en la observación e imitación de la naturaleza para resolver problemas humanos, y que su aplicación en el aula puede fomentar la creatividad, la innovación y el pensamiento crítico en los estudiantes. También aportando elementos que ayudan a fundamentar la UD basada en bioinspiración, sobre todo en los principios funcionales y su transferencia al diseño tecnológico.

El artículo de Collano Ruano (2016), llamado *Una perspectiva transdisciplinar y biomimética de la educación para la ciudadanía mundial*, tiene como objetivo explorar cómo la biomimética puede fortalecer la educación orientada a comprender la relación entre los seres humanos, la naturaleza y la sociedad.

Esta investigación usando una metodología transdisciplinar, indaga cómo a través de la biomímesis puede integrar los principios ecológicos y espirituales que rigen en la naturaleza para crear un modelo educativo que tenga como estrategia que no

sea solo de imitar formas naturales, sino que sea como una manera de comprender principios, relaciones y dinámicas presentes en los ecosistemas. De forma más sencilla, la naturaleza se convierte en un referente para pensar procesos educativos más integradores, en los que se articulan conocimientos científicos, tecnológicos, sociales y culturales.

Los fines académicos de este referente al igual que este trabajo de grado es tomar a la naturaleza como una fuente de información que parta de analizar sus principios y transferirlos a otros campos del conocimiento, siendo uno de los valores agregados de esta investigación siendo un motivante a usar y enseñar contenidos pedagógicos que busquen como estrategia vincular varias disciplinas como la tecnología, el diseño y la biología.

2.4 Aporte de los antecedentes al presente trabajo

La revisión de antecedentes locales, nacionales e internacionales permite reconocer que la bioinspiración, la biomímesis y la biónica poseen un potencial significativo para la enseñanza de la tecnología y más cuando se articula los procesos de diseño con el análisis de problemas con la representación de ideas y con la construcción de soluciones. Los trabajos revisados evidencian que la naturaleza puede ser asumida como un referente didáctico que favorece la comprensión de conceptos tecnológicos, al permitir que los estudiantes relacionen formas, estructuras, funciones y mecanismos naturales con artefactos, procesos o sistemas creados por el ser humano.

Ya si miramos los antecedentes locales aportan elementos importantes para el presente trabajo de grado, ya que muestran experiencias cercanas al contexto educativo de Bogotá en las que se han utilizado analogías naturales, biónica y Actividades Tecnológicas Escolares para fortalecer aprendizajes en el área de Tecnología e informática. Estos trabajos permiten sustentar la pertinencia de diseñar una unidad didáctica basada en bioinspiración en la medida justa en que demuestren que la observación y el análisis de organismos vivos pueden

convertirse en puntos de partida para la comprensión de conceptos tecnológicos para la generación de propuestas de diseño.

Por otra parte, los antecedentes nacionales permiten reconocer dos aportes significativos para esta investigación. El primero es el trabajo relacionado con la biomímesis en el caribe colombiano evidencia que la biodiversidad puede ser asumida como una fuente de conocimiento para el diseño y la innovación, en la medida en que la observación de estrategias biológicas permite abstraer principios aplicables a distintos campos. Ya en el segundo trabajo de Casadiegos Fonseca y Mora Gutiérrez (2023) muestra que las Actividades Tecnológicas Escolares pueden favorecer el desarrollo de habilidades de solución de problemas con tecnología, mediante procesos de diseño, construcción, comprobación y evaluación de propuestas. Es decir que ambos antecedentes aportan a la investigación al mostrar que es posible articular referentes naturales, experiencias educativas activas y estrategias didácticas orientadas al fortalecimiento de competencias tecnológicas.

Los antecedentes internacionales muestran que estrategias donde se usa la naturaleza como fuente de inspiración, se pueden integrar a la educación tecnológica por medio de metodologías activas, pensamiento de diseño, proyectos en el aula y actividades de resolución de problemas. Siendo de relevancia que estos antecedentes postulan la biomímesis como una estrategia educativa interdisciplinar y transdisciplinar.

Los antecedentes locales, nacionales e internacionales revisados aportan fundamentos de teoría, de metodología y didácticos para el desarrollo de una unidad didáctica. Desde lo teórico, permiten comprender la bioinspiración como un enfoque que busque converger e integrar naturaleza, diseño y tecnología. Desde lo metodológico, ofrecen referentes para estructurar actividades basadas en la observación, el análisis, la ideación, la representación y construcción de soluciones. Desde lo didáctico, evidencian la importancia de las Actividades Tecnológicas Escolares como estrategia para organizar experiencias de aprendizaje orientadas al fortalecimiento de competencias tecnológicas.

Toda la revisión de los antecedentes respalda la posibilidad de crear una UD basada en la inspiración de la naturaleza, que permita a los estudiantes fortalecer competencias tecnológicas reconociendo que la naturaleza puede ser una herramienta ideal para el diseño tecnológico buscando enriquecer los procesos de enseñanza y aprendizaje en el ATI.

3. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se exponen los referentes conceptuales que fundamentan el desarrollo de este trabajo de grado; en primer lugar se aborda el tema de educación en tecnología e informática desde las OCATI según el MEN (2022), con el fin de reconocer las competencias tecnológicas que orientan la formación de los estudiantes; posteriormente, se desarrolla la bioinspiración como enfoque para educación tecnológica, integrando conceptos de biomímesis y biomecánica, los cuales permiten comprender la naturaleza como referente para análisis, diseño y solución de problemas; por último, se presentan las ATE, el modelo FEA, y la UD como estructuras pedagógicas que permiten organizar la propuesta de intervención. Estos referentes, autores y fuentes bibliográficas permiten tener bases teóricas para construcción de la UD basada en bioinspiración para fortalecer la competencia en estudiantes de grado undécimo.

3.1 Educación en Tecnología (OCATI)

Según el MEN (2022), las OCATI plantean que la formación en tecnología debe permitir a los estudiantes el desarrollo de competencias tecnológicas e informáticas. Estas competencias se direccionan hacia la comprensión de la naturaleza, evolución e implicaciones de la tecnología y la informática en la vida cotidiana, así como a la solución de problemas, necesidades y deseos de orden tecnológico presentes en diferentes contextos.

De igual forma, se espera que los estudiantes se desenvuelvan de forma individual y social, siendo críticos respecto a la creación y transformación tecnológica, donde el ATI busca promover formas de pensar, actuar, comunicar y construir conocimiento mediante la tecnología. De esta manera, el ATI busca que los estudiantes adopten diversas perspectivas y reflexionen respecto a un mundo lleno de tecnología, teniendo en cuenta cómo dichas tecnologías se relacionan al contexto y como impactan su entorno. Es importante aclarar que el ATI promueve que los estudiantes desarrollen un pensamiento tecnológico sólido, crítico y contextualizado, como base para actuar responsablemente frente a los posibles problemas que se encuentren en su contexto.

Davidson y Sternberg (2003, como citó el MEN, 2022), resaltan que el ATI promueve en los estudiantes la resolución de problemas lo que se entiende como un proceso cognitivo donde el estudiante debe encontrar un camino desde un estado inicial hasta un estado meta. De forma complementaria, Custer (1995) asegura que los problemas tecnológicos se relacionan con la generación de invenciones que dan solución a situaciones que afectan la relación entre ser humano y ambiente. Dichos problemas también se asocian con el uso y adaptación de creaciones tecnológicas que permitan responder adecuadamente a dichas situaciones. En consecuencia, los problemas en tecnología e informática están vinculados con invención, innovación, uso y adopción de productos tecnológicos, resaltando la necesidad de que el estudiante analice críticamente estas tecnologías y sus implicaciones en el entorno.

La información del ATI es organizada por las OCATI a partir de componentes estructurales que permiten orientar los procesos curriculares y didácticos, entre estos se encuentran acerca de la tecnología e informática su naturaleza y evolución, uso y apropiación, solución de problemas y relación entre tecnología, informática y sociedad.

Para el presente trabajo de grado, el componente de solución de problemas es central, porque la UD basada en bioinspiración busca que los estudiantes

identifiquen situaciones problema, analicen referentes naturales, abstraigan principios funcionales y propongan soluciones tecnológicas dependiendo del contexto.

En este orden de ideas, el pensamiento de diseño emplea técnicas que facilitan la toma de decisiones e inicia desde momentos como: empatizar, definir, clarificar y concretar el problema, idear posibles soluciones, prototipar y evaluar o probar. Este proceso permite desarrollar las formas de pensar, actuar, comunicar y convivir que promueve el MEN (2022) en las OCATI dentro del ATI, pues involucra la capacidad de analizar problemas reales, trabajar colectivamente, comunicar ideas mediante representaciones gráficas o técnicas y valorar el impacto de las decisiones tecnológicas.

Para este trabajo de grado, las OCATI ofrecen un marco curricular que comprende el fortalecimiento de competencias tecnológicas, la UD basada en bioinspiración está articulada con esta perspectiva, porque propone y presenta actividades en las que los estudiantes observan referentes naturales, analizan principios biomiméticos y biomecánicos, y, así, representan ideas, elaboran propuestas y evalúan soluciones frente a problemas de su contexto.

3.2 Competencias tecnológicas.

Las competencias tecnológicas se entienden como el conjunto de conocimientos, habilidades, actitudes y formas de pensamiento, que permiten a los estudiantes identificar, analizar, diseñar, construir, comunicar y evaluar soluciones tecnológicas frente a problemas o necesidades de su contexto. Dichas competencias no se reducen al uso de herramientas, estas implican procesos de razonamiento, creatividad, argumentación, toma de decisiones y valoración de las soluciones propuestas. para esto, es necesario resaltar que, desde la dimensión individual planteada por las OCATI, el trabajo en el aula se orienta hacia una de las siguientes intenciones: identificar, diseñar y construir la solución a problemas mediante la generación de artefactos analógicos o digitales, procesos o sistemas de tecnología

e informática (T&I) que son susceptibles de solucionarse con su uso; analizar y desvelar las formas de pensar que dieron origen a las soluciones existentes; y asumir posicionamientos críticos frente a la creación, uso e impactos de los productos tecnológicos.

Según las OCATI, el desarrollo de competencias tecnológicas se relaciona con la participación del estudiante en procesos de diseño, innovación, uso, apropiación y evaluación de productos tecnológicos, y, en este sentido, el estudiante debe ser capaz de comprender las condiciones de un problema, reconocer restricciones, proponer alternativas, representar sus ideas, construir soluciones y evaluar su funcionamiento de acuerdo con criterios técnicos y contextuales.

Este trabajo de grado busca, mediante la aplicación de estas ATE de bioinspiración, fortalecer la competencia tecnológica, trabajando el pensamiento de diseño, que el MEN (2022) define desde las OCATI como:

> conjunto de procesos y estrategias cognitivas de carácter divergente que emergen durante la identificación de problemas de diseño en contextos complejos y la proyección iterativa de posibles soluciones que conducen a la formulación mental de situaciones futuras y mundos posibles (Goel y Pirolli, 1992) en que se satisfacen restricciones específicas (Simon, 1969); dicho modo de pensar el mundo despliega la sensibilidad del diseñador y enfatiza en métodos de resolución de problemas tecnológicamente factibles y viables (p. 45).

De igual modo, según las OCATI, el pensamiento de diseño emplea un proceso que va desde: empatizar, ponernos en la piel del usuario final; definir, clarificar y concretar el problema con la información obtenida; idear, generar un gran número de ideas de solución; prototipar, pasar de la teoría a la práctica, materializando la solución ideada para comprobar la reacción de nuestro público objetivo; evaluar/probar, fase final iterativa, en que el usuario se enfrenta al producto o

servicio creado. En el caso de la bioinspiración, estas fases toman un matiz particular, ya que la observación y abstracción de principios biológicos se convierten en la base del proceso creativo, integrando biomímesis y biomecánica como medio para idear soluciones tecnológicas.

Para el presente trabajo de grado se retoman evidencias de aprendizaje propuestas por las OCATI para los grados décimo y undécimo, donde el componente es solución de problemas con Tecnología & Informática, la competencia a la cual va enfocada la UD es "*propongo innovaciones tecnológicas e informáticas para la solución de problemas dando cumplimiento a restricciones, condiciones y especificaciones técnicas y contextuales*". Estas evidencias permiten observar el fortalecimiento de la competencia tecnológica a partir de acciones como representar ideas mediante bocetos, esquemas, diagramas, maquetas, modelos o prototipos; proponer, analizar y comparar diferentes soluciones a un mismo problema; detectar fallas en sistemas tecnológicos sencillos; evaluar decisiones de diseño; y, diseñar, construir y probar prototipos como respuesta a una necesidad o problema.

En primer lugar, la representación de ideas constituye una competencia fundamental, porque permite que los estudiantes comuniquen sus propuestas de posibles soluciones a través de lenguajes gráficos, técnicos o materiales. En una UD basada en bioinspiración, esta representación permite evidenciar cómo el estudiante interpreta un principio natural y lo transforma en una idea tecnológica.

En segundo lugar, la capacidad de proponer, analizar y comparar soluciones, permite observar si el estudiante logra ir más allá de una única respuesta, esta competencia implica explorar alternativas, identificar ventajas y dificultades, justificar decisiones y seleccionar una propuesta de acuerdo con las restricciones del problema o dadas por el contexto; para referirnos directamente a la UD basada en bioinspiración, esta acción se relaciona con la selección de principios biomiméticos o biomecánicos pertinentes para orientar el diseño.

En tercer lugar, la detección de fallas y la formulación de mejoras permiten valorar el proceso de prueba, ajuste y optimización de una solución tecnológica, esta competencia resulta importante porque reconoce que el diseño no es un proceso lineal ni perfecto, sino es un proceso iterativo, de construcción progresiva en la que el error, revisión y mejora son parte del aprendizaje.

Por último, el diseño, construcción y prueba de prototipos constituye una evidencia central del pensamiento tecnológico, porque permite que los estudiantes materialicen sus ideas, comprueben su funcionamiento y analicen si la propuesta responde a la necesidad planteada.

3.3 Bioinspiración como enfoque para la educación tecnológica

La bioinspiración se comprende como un enfoque que permite articular la observación del mundo natural con la creación de posibles respuestas tecnológicas a problemas del contexto, esta idea relacionada con la biomímesis entendida por Benyus (1997) como una forma de estudiar los modelos de la naturaleza e inspirarse en sus diseños y procesos para resolver problemas humanos; desde esta perspectiva, los organismos vivos, sus estructuras, funciones, movimientos, y estrategias de adaptación pueden convertirse en referentes para orientar procesos de diseño, solución de problemas y construcción de conocimiento tecnológico.

En este sentido, la bioinspiración implica observar fenómenos, sistemas, estructuras, movimientos de la naturaleza, etc. que puedan servir como referentes, analizarlos e interpretarlos para generar posibles respuestas tecnológicas viables dependiendo del contexto.

En este trabajo de grado la bioinspiración se asume como una estrategia pedagógica para abordar problemas tecnológicos mediante la observación, el análisis y la abstracción de principios naturales; el objetivo es que el estudiante

pueda identificar un problema real, analizar como la naturaleza ha resuelto situaciones similares o cómo funciona un organismo frente a determinadas condiciones, y proyectar soluciones mediante un leguaje gráfico o estructural ya sea con bocetos, modelos, prototipos o ideas aplicables al contexto.

De esta misma manera, la bioinspiración permite integrar campos del conocimiento como tecnología, diseño, biología, biomímesis y biomecánica, este punto de convergencia que ofrece la bioinspiración favorece una comprensión interdisciplinar de la tecnología, en la medida que los estudiantes pueden analizar la relación entre forma, función, estructura, movimiento, y solución tecnológica. Por consiguiente, la bioinspiración se convierte en el eje conceptual de la UD propuesta porque articula la observación de la naturaleza con el fortalecimiento de la competencia tecnológica.

3.4 Biomímesis

Uno de los pilares de la bioinspiración es la biomímesis, que según Ilieva et al. (2022) es un enfoque que estudia los mecanismos de la naturaleza para poder abstraer los principios y poder aplicarlos en soluciones de problemas humanos; desde este punto de vista, la naturaleza se convierte en modelo y guía para comprender cómo organismos vivos ayudan a resolver problemas relacionados con eficiencia, resistencia, movilidad, adaptación y uso de recursos.

La biomímesis permite transferir principios observados en sistemas, organismos y procesos de la naturaleza al ámbito tecnológico; en la educación tecnológica, la biomímesis no se limita a solo copiar como se ve la naturaleza, también busca comprender el funcionamiento de organismos, identificar principios funcionales y transferirlos a propuestas de diseño. Por ende, su valor pedagógico se encuentra en el proceso de observación, análisis, abstracción y aplicación de dichos principios.

En este trabajo de grado, la biomímesis se entiende como una herramienta didáctica que permite a los estudiantes analizar referentes naturales y convertirlos en ideas para el diseño tecnológico, por medio de este proceso, los estudiantes pueden adquirir la capacidad de reconocer como una estructura, forma, textura, mecanismo o estrategia natural pueden inspirar la creación de artefactos, procesos o sistemas para resolver problemas cotidianos dependiendo del contexto.

En conclusión, la biomímesis ayuda al fortalecimiento de la competencia tecnológica, porque fomenta la identificación de problemas, generación de alternativas, comparación de soluciones, representación de ideas y justificación de decisiones de diseño.

3.5 Biomecánica

La biomecánica cumple un papel muy importante dentro de la bioinspiración porque permite estudiar el movimiento, fuerzas, estructuras y funciones de los seres vivos para comprender cómo interactúan con su entorno. Alexander (2003) aborda mecanismos mediante los cuales los animales caminan, corren, saltan, trepan, se arrastran, nadan y vuelas, y analiza los principios físicos y biológicos que condicionan estos movimientos.

Desde este punto de vista, la biomecánica ofrece elementos para comprender mecanismos más eficientes y adaptados a determinadas necesidades; el análisis de elementos como fuerza, estabilidad, agarre, resistencia, locomoción o articulación de partes, permite establecer relaciones entre cuerpo, naturaleza y tecnología, y es por esta razón, que la biomecánica no solo aporta bases conceptuales, también se convierte en un puente entre observación de seres vivos y elaboración de dispositivos, mecanismos o prototipos.

La biomecánica se destaca en este trabajo de grado como instrumento que permite a los estudiantes analizar cómo funcionan ciertos organismos, estructuras o movimientos naturales, para así transferir esos principios al diseño de propuestas tecnológicas, lo que resulta pertinente para la educación tecnológica porque

favorece procesos de análisis de forma y función, representación de mecanismos, construcción de prototipos y evaluación del funcionamiento de soluciones planteadas.

Biomímesis y bio mecánica permiten comprender la relación entre naturaleza, forma, función y tecnología, porque desde la biomecánica se puede tomar como un recursos conceptual para que los estudiantes analicen movimientos, estructuras y mecanismo presentes en los seres vivos, esto se alinea directamente con la bioinspiración porque se fundamenta con los planteamientos de la biomímesis y la educación en diseño bioinspirado (Benyus, 199; Stevens et al., 2019) para así poder construir una solución tecnológica a un problema contextualizado.

3.6 Actividad Tecnológica Escolar (ATE)

Las Actividades Tecnológicas Escolares, conocidas como ATE, constituyen una estrategia didáctica propia del área de tecnología e informática, orientada a organizar experiencias de aprendizaje en las que los estudiantes analizan, diseñan, construyen, argumentan y evalúan soluciones tecnológicas en contextos escolares. Su importancia consiste en que las ATE permiten comprender la tecnología no solo como el uso de artefactos, herramientas o dispositivos, sino como un campo de conocimiento, reflexión y acción relacionado con problemas, necesidades, objetos, sistemas, procesos y soluciones presentes en la vida cotidiana.

Las ATE pueden articularse con los componentes y competencias establecidos en las OCATI y se ubican dentro de las estrategias didácticas que favorecen el desarrollo de competencias en Tecnología e informática. En este aspecto, una ATE está directamente relacionada con los componentes del área, cómo la naturaleza y evolución de la tecnología, el uso y apropiación de la tecnología, la solución de problemas con tecnología e informática, y la relación entre tecnología, informática y sociedad (MEN, 2022). Por esta misma razón es que no se trata de una actividad aislada, sino de una propuesta intencionada que articula saberes, acciones, recursos y evidencias de aprendizaje.

Hernández Suárez (2018) define la Actividad Tecnológica Escolar como:

> El resultado de la labor de planeación del docente, para la interacción con un grupo de estudiantes en el ámbito de un contexto institucional particular, con el fin de generar una gama de desempeños fundamentados en la construcción de conocimiento teórico-practico, actitudes y valores en relación con la tecnología. (p.72)

Esta definición permite comprender que la ATE surge de un proceso de planeación situado y contextualizado.

Por consiguiente, las ATE implican la toma de decisiones pedagógicas, didácticas y tecnológicas, donde el docente define que aprendizajes busca favorecer y qué sentido tiene la actividad dentro del proceso formativo; en el que lo didáctico, organiza la secuencia de trabajo, las preguntas orientadoras, los recursos, los momentos de participación y las formas de mediación, lo tecnológico selecciona el problema, objeto, sistema, proceso o solución que será analizado, diseñado, transformado o evaluado por los estudiantes.

Por su parte Quintana, Páez y Téllez (2018) amplían esta comprensión al presentar las Actividades Tecnológicas Escolares como un recurso didáctico para abordar el estudio de la tecnología en sus diferentes dimensiones técnicas y socioculturales. Este punto de vista resulta importante puesto que permite entender que una ATE no se limita únicamente a la construcción de productos, sino que a su vez también debe favorecer la reflexión sobre el uso, la apropiación, el funcionamiento, la evolución, el impacto y el sentido social de la tecnología. De esta manera, las ATE pueden fortalecer habilidades técnicas, pero también capacidades de análisis, argumentación, toma de decisiones y valoración crítica.

Merchán Basabe (2008) plantea que las ATE deben contar con una estructura didáctica clara, compuesta por elementos como intencionalidad, temáticas, activación cognitiva, invitación al aprendizaje, acciones de aseguramiento,

verificación y evaluación. Donde la intencionalidad define el propósito formativo de la actividad, las temáticas dirigen los contenidos o conceptos que se abordarán, la activación cognitiva permite traer a colación saberes previos o despertar interés, la invitación al aprendizaje presenta el sentido de la actividad, las acciones de aseguramiento organizan las tareas y mediaciones, y, por último, la evaluación permite reconocer si los estudiantes alcanzaron los desempeños esperados.

Uno de los aspectos centrales de una ATE es la problematización, lo que trata de convertir una situación del contexto en una tarea de aprendizaje tecnológico, lo que significa que el estudiante no solo identifica una dificultad, sino que analiza qué necesidad existe, qué limitantes o condiciones intervienen, qué recursos están disponibles, qué restricciones se deben considerar y qué criterios permiten valorar una posible solución. Es así como las ATE favorecen el paso de lo descriptivo a lo analítico, funcional y propositiva sobre la tecnología.

En una ATE, el estudiante asume un papel activo dentro del proceso de aprendizaje, no se limita a recibir información, sino que observa, pregunta, analiza, compara, representa, diseña, construye, prueba, argumenta y mejora. Esta participación resulta fundamental porque el conocimiento tecnológico se construye entre la relación de la teoría y la práctica. Es por esto por lo que una ATE debe propiciar espacios en los que el estudiante use conceptos tecnológicos para interpretar situaciones, tomar decisiones y proponer respuestas o soluciones.

El rol del docente también es esencial en la aplicación y realización de una ATE, su función consiste en orientar preguntas, organizar el ambiente, ofrecer los recursos o herramientas necesarios, acompañar a la comprensión conceptual, promover la argumentación, guiar los procesos de diseño y favorecer la evaluación propuesta. Por esta razón, las ATE requieren una planeación detallada para poder anticipar y prever dificultades, establecer momentos de trabajo y generar condiciones para el desarrollo de competencias tecnológicas.

A partir de los planteamientos de Hernández Suárez (2018), Quintana et al. (2018) y Merchan Basabe (2008), en esta investigación las ATE se comprenden como estructuras didácticas intencionadas y contextualizadas que articulan conocimientos teóricos y prácticos, procesos de diseño, situaciones problemáticas y criterios de evaluación para favorecer el desarrollo de competencias tecnológicas.

Para el presente trabajo de grado, las ATE se asumen como la estructura didáctica, la columna vertebral que permite realizar la unidad didáctica basada en bioinspiración. Por esta razón, es oportuno y apropiado afirmar que las ATE permiten articular la bioinspiración con el fortalecimiento de competencias tecnológicas en estudiantes de educación media.

3.7 Modelo didáctico FEA (Fundamentación – Ejercitación – Aplicación)

El modelo FEA se presenta con frecuencia en el ATI, y, funciona como una manera intuitiva de llevar una clase: primero entender, luego practicar y, finalmente, usar lo aprendido en un problema real; esta idea inmediatamente nombrada ayuda a que las demás etapas tengan sentido, porque sin ese vocabulario no se podría explicar ni mucho menos justificar lo que hace en tecnología.

Merchán Basabe (2021) señala que la fundamentación es el momento y acciones pedagógicas donde el estudiante construye principios, conceptos, proposiciones, normas y formas de representación propias del conocimiento tecnológico, dichos conocimientos permiten comprender los fenómenos estudiados y se pueden emplear en la toma decisiones y formulación de alternativas de solución frente a problemas tecnológicos. Por esta razón, este momento no se reduce a la exposición y transmisión de contenidos por parte del docente, más bien busca que el estudiante construya un soporte conceptual permitiéndole explicar, argumentar y orientar posteriormente sus propuestas de diseño. En esta etapa del modelo se presenta el problema real, llevando al estudiante a tomar decisiones, porque es un reto en el que el estudiante interviene con lo que ya sabe y lo que ya practicó,

además, se destaca que este momento abre la puerta a múltiples alternativas de diseño, porque al enfrentarse con un problema, el pensamiento tecnológico se activa de otra manera, más creativa, más crítica. Merchán Basabe (2021) describe que la fundamentación es el momento en que el estudiante se apropia del lenguaje propio de la disciplina, algo así como en palabras del autor aprender a hablar “tecnológicamente”.

Ahora, la ejercitación corresponde al conjunto de acciones mediante las cuales el estudiante experimenta técnicas, procesos y procedimientos relacionados con la actividad tecnológica; en este momento se fortalecen conocimientos prácticos y procedimentales que permiten organizar planes de acción, analizar referentes, comparar alternativas, representar ideas y preparar la materialización de una propuesta. Merchán Basabe (2021) señala que la ejercitación apoya y propicia la construcción de conocimientos necesarios para el diseño y la fabricación de productos tecnológicos, por lo que no debe entenderse únicamente como repetición mecánica de ejercicios, sino como un espacio para probar, analizar y desarrollar formas de actuación tecnológica. Aquí el estudiante no solo realiza una replicación de un procedimiento, así como también prueba, se equivoca, ajusta, vuelve a intentar, y así va entendiendo cómo funcionan las técnicas y procesos propios del pensamiento tecnológico. En palabras del autor, es cuando el estudiante vivencia en el hacer cotidiano lo que la tecnología plantea, donde esta parte tiende a ser más dinámica y, en muchos casos, la que más entusiasma, porque no todo queda en lo teórico ni en definiciones.

Por último, según Merchán Basabe (2021) la aplicación es el momento en el que los conocimientos construidos durante la fundamentación y la ejercitación se transfieren a contextos concretos, en esta fase, el estudiante enfrenta situaciones problemáticas que pueden dar lugar al diseño de modelos, prototipos, sistemas, procesos o servicios tecnológicos. La etapa de aplicación facilita unificar lo conceptual y lo procedimental en la formulación de una respuesta frente a una necesidad, problema o deseo del contexto.

Aunque el modelo FEA parezca una secuencia inflexible, en las ATE se vuelve algo más fluido, el modelo permite diferentes recorridos didácticos, como FEA, FAE, EFA, EAF, AFE y AEF; porque la fundamentación se mezcla con la activación cognitiva, la ejercitación puede aparecer incluso mientras se explica un concepto, y la aplicación no siempre llega al final, a veces ocurre antes y obliga a replantear cosas. Por eso este modelo encaja bien con el trabajo en tecnología: no como una fórmula, sino como una guía flexible, destacando que para el diseño de esta UD se seleccionó principalmente la ruta Fundamentación – Ejercitación – Aplicación, porque responde a la necesidad de que los estudiantes tengan primero una base conceptual sobre bioinspiración, biomímesis, biomecánica, diseño frugal y solución de problemas, para que posteriormente desarrollen actividades de observación, análisis y representación, y finalmente empleen estos aprendizajes en la formulación de una solución tecnológica. El autor explica que en la ruta FEA la teoría construida durante la fundamentación se prueba mediante la ejercitación y, posteriormente, se transfiere a situaciones de aplicación y solución de problemas.

Además, el FEA encaja naturalmente con la bioinspiración, porque en la fundamentación se pueden trabajar conceptos como biomímesis y biomecánica, durante la ejercitación los estudiantes exploran cómo se mueven ciertos organismos o cómo resuelven problemas de forma eficiente, y en la aplicación aparece el diseño. Es aquí donde se muestra la conexión entre naturaleza, tecnología y creatividad, porque el estudiante ya no diseña “por diseñar”, sino pensando en cómo la naturaleza puede darle pistas para proponer una solución. La característica más esencial que presenta el modelo FEA y lo hace una estrategia valiosa, es que no separa la teoría de la práctica ni esta última de la creatividad. Es un modelo organizado, pero permite que el aprendizaje avance con ritmo propio, dependiendo del grupo, de los intereses y problemas que se estén tratando, lo que en el presente trabajo de grado resulta importante porque posibilita la comprensión y experimentación de los estudiantes, para que finalmente, usen la bioinspiración como un camino real para resolver problemas tecnológicos.

En conclusión, el modelo didáctico general FEA propuesto por Merchán Basabe, articula tres componentes: Fundamentación, Ejercitación y Aplicación, además el modelo está orientado al desarrollo del pensamiento tecnológico y parte de la idea de que la construcción del conocimiento precisa una integración de saberes conceptuales, procedimientos y situaciones de transferencia hacia problemas reales.

3.8 Unidad didáctica (UD).

La UD se entiende como una estructura de organización pedagógica que permite planear, articular y desarrollar un conjunto de actividades orientadas hacia un propósito formativo común. Según Zabala (1995), las secuencias o UD permiten organizar actividades de enseñanza y aprendizaje de manera progresiva considerando los objetivos, contenidos, recursos, estrategias y formas de evaluación que orientan al proceso educativo. Desde este punto de vista, la UD no se trata de una serie de tareas aisladas una de la otra, sino que por el contrario constituyen una propuesta estructurada que busca favorecer la construcción del aprendizaje en un contexto determinado.

En el ATI, esta organización resulta muy importante porque facilita la relación entre conceptos, problemas, actividades, recursos, mediaciones docentes y evidencias de aprendizaje. Las OCATI plantean que el área se estructura a partir de componentes como la naturaleza y evolución de la tecnología, el uso y apropiación, la solución de problemas con tecnología e informática, y la relación entre tecnología, informática y sociedad (MEN, 2022). Por ello, una UD en tecnología debe permitir que los estudiantes comprendan situaciones, analicen condiciones, representen ideas, propongan solucione y evalúen sus decisiones.

Para el presente trabajo de grado, la UD se organiza a partir de ATE, debido a que estas permiten abordar problemas tecnológicos contextualizados y promover la participación activa de los estudiantes. Entonces, la UD funciona como una estructura general, mientras que las ATE constituyen los momentos didácticos

concretos mediante los cuales se desarrollan los aprendizajes. Siendo importante que esa relación permite que cada actividad aporte al fortalecimiento progresivo de las competencias tecnológicas planteadas en la investigación.

El aprendizaje para la unidad a desarrollar se entiende como un proceso en el que los estudiantes construyen conocimiento a partir de la relación entre teoría, práctica y reflexión, esta idea se relaciona con los planteamientos de Ausubel, Novak y Hanesian (1983), quienes destacan la importancia del aprendizaje significativo, siendo entendido como aquel que ocurre cuando los nuevos conocimientos se relacionan con los saberes previos del estudiante, tal como lo propone Merchán Basabe (2008) con la activación cognitiva. En este sentido, aprender tecnología no consiste únicamente en memorizar conceptos o manipular herramientas, sino en comprender situaciones, formular preguntas, analizar condiciones, representar ideas, tomar decisiones y construir propuestas siendo todos estos aprendizajes significativos.

Igualmente, el aprendizaje tecnológico puede relacionarse con la perspectiva sociocultural de Vygotsky (1978), quien resalta la importancia de la interacción social y la mediación en la construcción del conocimiento. Desde esta mirada, el aprendizaje no pasa de manera aislada, sino por el contrario en interacción con otros sujetos, herramientas, lenguajes y contextos, lo que resulta pertinente para la UD propuesta, porque los estudiantes trabajan mediante procesos de observación, diálogo, representación, diseño, construcción y socialización de soluciones tecnológicas.

Para la UD propuesta se apoya en situaciones problema como punto de partida para el aprendizaje, donde Díaz Barriga (2006) plantea que la enseñanza situada permite vincular los aprendizajes escolares con situaciones reales o cercanas al contexto de los estudiantes, favoreciendo la construcción de sentido y la participación activa. En este trabajo de grado, aunque no se asume el aprendizaje basado en problemas como metodología principal, sí es importante porque las ATE

en su parte de aplicación parten de un problema contextualizado para favorecer la motivación, análisis y formulación de soluciones o propuestas tecnológicas.

La organización de la UD mediante el modelo FEA permite estructurar el aprendizaje de manera progresiva, porque en la fundamentación, los estudiantes se aproximan a conceptos necesarios para comprender la bioinspiración, la biomímesis y la biomecánica, en la ejercitación, desarrollan procesos de observación, análisis, abstracción, representación e ideación, y en la aplicación, trasladan los saberes construidos hacia la formulación, construcción o evaluación de propuestas tecnológicas partiendo del problema contextualizado.

La UD basada en bioinspiración permite integrar el aprendizaje tecnológico con la observación de la naturaleza, esto favorece que los estudiantes comprendan la relación entre forma, función, estructura, movimiento y solución tecnológica. A su vez, permite que los aprendizajes no se trabajen de manera aislada, sino articulados alrededor de problemas que requieren analizar referentes naturales, proponer alternativas, representar ideas y valorar la pertinencia de las soluciones.

Por todo lo anterior la UD se convierte en una mediación pedagógica para fortalecer una competencia tecnológica en estudiantes de grado undécimo, porque su valor está en organizar una ruta de aprendizaje que sea coherente, en la que el estudiante pueda pasar de la comprensión conceptual a la práctica orientada y de allí a la aplicación de soluciones tecnológicas contextualizadas. En el presente trabajo la UD permite ser mediada bajo la bioinspiración como enfoque para la enseñanza de la tecnología, articulada mediante ATE y el modelo FEA.

3.9 Evaluación de competencias tecnológicas.

La evaluación de competencias tecnológicas se comprende como un proceso orientado a reconocer, valorar y analizar el desarrollo de conocimientos, habilidades, actitudes y desempeños relacionados con la Tecnología e Informática. Desde este punto de vista, evaluar no se limita a asignar una calificación final, por el contrario, busca identificar el progreso de los estudiantes con respecto a los

propósitos formativos, actividades desarrolladas y evidencias de aprendizaje definidas.

De acuerdo con el MEN (2022) en las OCATI, la consolidación del aprendizaje en esta área debe comparar, valorar y comprender el avance de las competencias declaradas en los componentes estructurales de la misma, manteniendo una coherencia con los propósitos formativos, dimensiones, las ATE y diferentes estrategias didácticas empleadas según el Ministerio de Educación Nacional (MEN, 2022). Bajo esta misma lógica, la evaluación debe permitir reconocer tanto al estado inicial como el estado que se espera de las competencias que se buscan fortalecer.

En este mismo sentido Tyler (1949) plantea una idealización de la evaluación como un proceso que permite determinar en qué medida alcanzan los objetivos educativos propuestos. Para el presente trabajo de grado, lo anterior resulta acertado porque la UD basada en bioinspiración tiene como propósito fortalecer una competencia tecnológica específica, por lo que la evaluación debe permitir hacer la relación entre los aprendizajes esperados, actividades desarrolladas y desempeños alcanzados por los estudiantes.

Del mismo modo, la evaluación puede entenderse bajo las dos miradas de Scriven (1967) que son la evaluación formativa y la evaluación sumativa, donde la primera permite acompañar y mejorar el proceso mientras este se desarrolla, en cambio la segunda se orienta a valorar los resultados alcanzados al finalizar una intervención. En esta investigación, la evaluación de la competencia tecnológica integra ambos sentidos: por una parte, permite acompañar el proceso de aprendizaje durante las ATE y por otra parte permite valorar los avances obtenidos después de la aplicación de la UD.

En el ATI, las competencias no se evidencian únicamente mediante respuestas escritas, también a través de procesos, productos, representación y argumentaciones, por esto, la evaluación debe considerar evidencias como la

identificación de problemas, formulación de alternativas, representación de ideas mediante bocetos o esquemas, construcción de modelos o prototipos, explicación del funcionamiento de una solución, justificación de decisiones y propuesta de mejoras, teniendo en cuenta que estas evidencias permiten observar el pensamiento tecnológico en acción.

Las OCATI afirman que la evaluación puede desarrollarse en diferentes momentos del proceso formativo, por ejemplo, durante una ATE, en el diseño y desarrollo de un producto tecnológico o en el aprendizaje de conceptos y prácticas propias del área (MEN, 2022), esto anterior resulta muy beneficioso para el presente trabajo, porque la UD basada en bioinspiración busca valorar el desarrollo de la competencia tecnológica a partir de actividades en la que los estudiantes tienen que observar, analizar, abstraer, diseñar y prototipar.

Por otro lado, la rúbrica se constituye en un instrumento adecuado para valorar la competencia tecnológica, porqué permite establecer criterios, niveles de desempeño y descriptores que orientan tanto la evaluación del docente como la comprensión del estudiante sobre su propio proceso. Brookhart (2013), asegura que las rúbricas permiten hacer explícitos los criterios de calidad de una tarea o desempeño favoreciendo una evaluación más clara, formativa y coherente con los aprendizajes esperados. En este sentido, la rúbrica es multifuncional porque es una herramienta que facilita el proceso de calificación y también orienta la mejora del trabajo de los estudiantes.

En este trabajo de grado, la evaluación se relaciona directamente con evidencias de aprendizaje propuestas por el MEN (2022) en las OCATI para educación media, especialmente las que fueron mencionadas con anterioridad, vinculadas a la representación de ideas, comparación de soluciones, identificación de condiciones y restricciones, detección de fallas, diseño, construcción y prueba de prototipos. Estas evidencias permiten valorar el fortalecimiento de la competencia tecnológica desde una mirada del proceso, donde se analiza tanto el producto final como las decisiones, argumentos y ajustes realizados durante el desarrollo de las ATE.

La taxonomía de Bloom también aporta la organización de los niveles de desempeño de la rúbrica en la medida en que permite reconocer distintos niveles de complejidad cognitiva. Bloom, et al. (1956) proponen una clasificación de objetivos educativos que va desde procesos de reconocimiento y comprensión hasta procesos más complejos de análisis, síntesis y evaluación. Ya para el caso de este trabajo de grado, esta progresión permite organizar criterios que van desde la identificación inicial de un problema, hasta la justificación, construcción y evaluación de una solución tecnológica.

En conclusión, la evaluación de la competencia tecnológica en esta investigación se asume como un proceso integral donde se articula diagnóstico, seguimiento y valoración final, además su finalidad es reconocer cómo los estudiantes avanzan en la identificación de problemas, análisis de referentes naturales, representación de ideas, formulación de soluciones y diseño de prototipos. De esa manera, la evaluación permite establecer el aporte de la UD basada en bioinspiración al fortalecimiento de la competencia tecnológica en estudiantes de grado undécimo.

4. METODOLOGÍA

Según Hurtado (1998) la investigación es un proceso continuo y organizado, en las cuales se indaga un determinado fenómeno teniendo conocimientos previos, con el fin poder formular leyes generales o simplemente con el propósito de obtener respuestas particulares a una necesidad o inquietud determinada, esta actividad de investigación se realiza en torno al saber, siguiendo objetivos definidos, empleando métodos establecidos, bajo contextos previamente contemplados.

Cuando se trata de investigación en la ciencia de pedagogía Marín (2018) plantea que esta investigación se vincula a los problemas y procesos cognoscitivos, a los metodológico y prácticos que intervienen en la formación de un proceso educativo en una persona, así como en la enseñanza y el aprendizaje. Esta investigación trata de realizarse de manera sistemática buscando analizar todas las situaciones que se presentan en el contexto educativo, específicamente las que surgen en el aula, también incluye el análisis de los saberes disciplinares, las estrategias didácticas, los contenidos curriculares y en la interacción entre los diversos saberes.

La investigación pedagógica es una herramienta que ayuda a dar un sustento teórico que busca fortalecer al presente trabajo de grado, ya que el enfoque es analizar el aporte de una UD basada al fortalecimiento de competencias tecnológicas, enfoque que busca realizarse en un contexto educativo, para esto se desarrolla una ruta metodológica que permite observar, implementar, recoger evidencias, con ello valorar y analizar los cambios resultantes después de la intervención.

4.1 Enfoque de investigación

El enfoque de esta investigación es mixto con predominio cualitativo y apoyo en datos cuantitativos, respondiendo a la necesidad de comprender el proceso de aprendizaje de los estudiantes durante la implementación de la UD, para después

valorar los cambios observados en el fortalecimiento de la competencia tecnológica.

Hernández Sampieri et al. (2014) plantean que los métodos mixtos permiten integrar procedimientos de recolección y análisis de información cuantitativa y cualitativa dentro de un mismo estudio. Esta integración posibilita abordar el fenómeno investigado desde diferentes tipos de evidencia y construir una interpretación más amplia que la obtenida mediante la utilización aislada de uno de los dos enfoques.

Desde la perspectiva cualitativa, se busca comprender cómo los estudiantes de educación media viven, interpretan y apropian la bioinspiración en el ATI, a través de sus experiencias en las ATE. En este sentido, se busca analizar las experiencias y lo que hacen los estudiantes durante la resolución de problemas.

Para la perspectiva cualitativa, Marín (2018) señala que este enfoque trabaja con datos medibles o numéricos relacionados con variables previamente determinadas. Este componente resulta pertinente para la investigación porque permite comparar los desempeños obtenidos antes y después de la intervención mediante la preprueba y la posprueba.

El enfoque mixto permite articular la comprensión profunda de los procesos formativos con la evaluación de cambios observables en las competencias, integrando así la dimensión subjetiva (percepciones, reflexiones, actitudes) y la dimensión objetiva (desempeños, niveles de logro, frecuencia de respuestas) en un mismo proceso investigativo. Siguiendo a Marín (2018), la realidad social contiene dimensiones objetivas y subjetivas que, si se examinan únicamente mediante herramientas y métodos medibles y cuantificables, dejan de lado la dimensión subjetiva y conducen a resultados parcializados. Por ello, el componente cualitativo se constituye en una herramienta fundamental para comprender cómo los estudiantes viven, reflexionan y resignifican el uso de la bioinspiración en tecnología, evitando reducir la investigación a un solo polo de análisis.

4.2 Diseño de investigación

Para esta investigación se implementó un diseño cuasiexperimental de un solo grupo con preprueba y posprueba, tomando lo que dice Toro y Parra (2010), un experimento implica tomar una acción y observar sus consecuencias, identificando una variable independiente considerada como la causa y una variable dependiente el efecto producido por dicha causa, se seleccionó ya debido a las condiciones reales del contexto escolar, aclarando que al ser un solo grupo no se puede establecer un grupo control, sino que se analizara el proceso de un mismo grupo antes, durante y después de la intervención de la UD.

El diseño cuasiexperimental de un solo grupo es pertinente ya que se debe trabajar con grupos ya conformados y respetar las dinámicas pedagógicas vigentes, además este permite establecer comparaciones entre el “antes” y el “después”, sin la necesidad de un grupo control, reconociendo que hay limitaciones en el control de variables externas, pero valorando su importancia en contextos escolares reales.

Para la presente investigación, inicialmente se realizó la preprueba que cumple la función de ser el instrumento que permite identificar el nivel de desempeño de los estudiantes con respecto a la competencia tecnológica, luego está la intervención de la UD, para después aplicar la posprueba con fin de valorar los cambios en los desempeños de los estudiantes con respecto a la competencia tecnológica luego de la intervención.

4.3 Contexto y población

La investigación e intervención se desarrollará en el Colegio Acacia II (IED), ubicado en el sur de Bogotá; para estudiantes de grado undécimo en el ATI.

La muestra de estudiantes que participó en la investigación corresponde a un grupo intacto de grado undécimo, conformado por 34 individuos. Se realiza la aplicación con este grupo debido a la disponibilidad institucional, la organización previa del colegio y la pertinencia curricular de la propuesta dentro del ATI. Es importante

resaltar que, al ser un grupo previamente conformado por la institución, no se realizó selección al azar de participantes, lo cual se articula con el diseño cuasiexperimental que se asumió en la presente investigación.

Las condiciones de cómo se implementa la UD y la organización de las actividades a desarrollar por los estudiantes se harán en el contexto escolar, con los tiempos institucionales, la disponibilidad de las sesiones, los recursos disponibles y las dinámicas propias del aula.

4.4 Ruta metodológica.

La ruta metodológica establecida para esta investigación tiene cuatro momentos, los cuales inician con el diseño y valoración de la UD, continúa con el diagnóstico inicial, después la implementación y por último la información recolectada. La secuencia de esta ruta permite establecer el estado inicial de los estudiantes, el desarrollo de la intervención y el estado final de los estudiantes con respecto a la competencia tecnológica.

En el primer momento de la ruta corresponde al diseño de la UD, estructurándola mediante tres ATE y organizándola desde el modelo FEA. El diseño de la unidad incorporó varios conceptos orientados a la temática de bioinspiración.

Para el segundo momento, diagnóstico inicial, se aplicará una preprueba con el fin de identificar el nivel inicial de desempeño de los estudiantes con respecto a la competencia tecnológica y establecer una línea base antes de la intervención. Los contenidos, aspectos y rúbrica serán explicados en capítulos posteriores.

Antes del tercer momento que es la implementación, luego de su diseño, la UD será sometida a dos procesos de validación y revisión externa. El primer proceso corresponde a una revisión de expertos en ATE, para poder valorar la coherencia didáctica, la estructura de las ATE, entre otros elementos, que se podrá saber a profundidad en capítulo del diseño de los instrumentos. El segundo proceso es una valoración por docentes del ATI, mediante un instrumento tipo encuesta que busca

recoger las apreciaciones sobre la claridad de las actividades, la pertinencia de los contenidos, la viabilidad de implementación, el uso de los recursos, la organización de los materiales y la relación de la propuesta con el contexto escolar. Ambos procesos aportan información para fortalecer la UD antes de su implementación.

La implementación experimental de la UD se hará bajos las condiciones de tiempo institucional y a la disponibilidad de las sesiones. El análisis de la implementación será bajo el enfoque de lo aplicado y desarrollado en la UD del grupo participante.

El cuarto momento es la aplicación de la posprueba, la encuesta de percepción estudiantil (EPE) y el análisis de la información recolectada. La posprueba permite valorar los desempeños de los estudiantes luego de la intervención, bajo la misma rúbrica de la preprueba. La EPE recogerá la información de los estudiantes con respecto a la UD, las actividades desarrolladas y otro factores.

Posteriormente, se realizó un análisis comparativo entre los resultados iniciales y finales, complementado con la revisión de las producciones desarrolladas por los estudiantes en la cartilla de trabajo y también las respuestas obtenidas en la encuesta de percepción. Este análisis permitió identificar avances, las dificultades y cambios en relación con las competencias tecnológicas abordadas durante la unidad didáctica, también permitió reconocer la valoración de los estudiantes frente a la propuesta implementada.

4.5 Construcción del instrumento para la valoración de Actividades Tecnológicas Escolares

Este instrumento es un aporte que complementa el marco metodológico del presente trabajo de grado es para la valoración de las ATE. Este instrumento se elaboró durante el diseño y revisión de la UD. También cumple con el propósito de servir como guía para reconocer elementos que componen una ATE y que aspectos diferentes deben considerarse para su diseño.

La construcción de este instrumento se dio bajo la necesidad de tener un elemento que permitiera evaluar la calidad pedagógica, didáctica y tecnológica de la ATE mediante criterios establecidos y la escala de valoración; para ello se realizó una revisión documental de referentes y autores que se relacionan con las ATE y la educación en tecnología, luego se seleccionaron las categorías identificadas que se consideraron relevantes para la comprensión y valoración de una ATE. Después estas categorías se agruparon por su similitud conceptual, para después realizar la construcción de los grupos denominados dimensiones generales de valoración, para a continuación, transformar las categorías en criterios evaluables y observables, y, por último, se construyó la escala de valoración de cuatro niveles, incorporando espacios para observaciones y recomendaciones de aspecto cualitativo.

Se elaboró una primera versión del instrumento que fue sometida a una revisión por parte de un experto en evaluación quien hizo sugerencias respecto al orden de algunos elementos, claridad de los criterios y escala de valoración; gracias a estas observaciones se realizaron los ajustes recomendados donde se ajustó el orden de unos componentes y se hizo la modificación de la escala de valoración, adoptando una escala tipo Likert de cinco niveles para la facilitación de una valoración más precisa de cada criterio.

Las dimensiones que componen el instrumento permiten valorar la ATE de una manera integral. Así, de esta forma, el instrumento buscó sobreponerse a una mirada sesgada de un solo autor y poder ofrecer una herramienta más amplia y general para su análisis, valoración y construcción.

Este instrumento no está universalmente validado, pero para el presente trabajo de grado buscó que tuviera la importancia de proponer una matriz general, fundamentada teóricamente, a través de criterios observables y sometida a revisión experta; este instrumento es un producto del marco metodológico de este trabajo, que tiene gran potencial para orientar futuras valoraciones o diseños de ATE en otros contextos educativos.

Por último, para tener una mayor claridad de donde surgió cada concepto, categoría y dimensión del instrumento, se realizó una matriz de trazabilidad teórica que se puede observar en el Anexo 1, y, de igual forma, se buscó sintetizar dicha matriz en este apartado para un mejor entendimiento de esta, como se puede observar en la Tabla 1.

Tabla 1.Síntesis de dimensiones del instrumento de valoración de ATE.

DIMENSIÓN	ASPECTOS QUE VALORA	REFERENTES PRINCIPALES
Coherencia Pedagógica y estructura de la ATE	Intencionalidad, organización interna, ruta didáctica, coherencia entre propósito y actividades, adecuación al nivel educativo.	Merchán Basabe (2008); Otálora Porras (2008); Quintana, Páez y Téllez (2018).
Pertinencia tecnológica y problematización	Problema o necesidad tecnológica, contextualización, carácter tecnológico de la actividad, relación con competencias del área y estrategia tecnológica	Merchán Basabe (2008); MEN (2022); Quintana, Páez y Téllez (2018).
Desarrollo didáctico y mediación	Activación cognitiva, invitación al aprendizaje, acciones de aseguramiento, el rol docente, el rol del estudiante, recursos y fuentes de estudio	Merchán Basabe (2008); Otálora Porras (2008); Quintana, Páez y Téllez (2018).
Procesos cognitivos y construcción del aprendizaje	Rigor conceptual, análisis funcional, argumentación, toma de decisiones y transferencia.	Merchán Basabe (2008); MEN (2022); Quintana, Páez y Téllez (2018).
Construcción y representación de	Representación de ideas, relación problema-solución,	Merchán Basabe (2008); Otálora Porras (2008); MEN

soluciones tecnológicas	funcionamiento, restricciones, viabilidad e iteración o mejora.	(2022); Quintana, Páez y Téllez (2018).
Verificación y evaluación del aprendizaje	Seguimiento durante el proceso, evaluación articulada, indicadores observables, retroalimentación y coherencia entre evidencias y aprendizaje.	Merchán Basabe (2008); MEN (2022);
Claridad, usabilidad y calidad formal del material.	Claridad del lenguaje, instrucciones, organización visual, usabilidad en aula y coherencia formal de cartilla o guía.	Otálora Porras (2008); Quintana, Páez y Téllez (2018).

4.6 Variables de estudio y categorías de análisis

Bajo la misma línea con el diseño cuasi experimental de un solo grupo con preprueba y pospruebas, la investigación definió una variable independiente y unas variables dependientes o categorías de análisis las cuales permitieron orientar la recolección, organización e interpretación de la información obtenida durante el proceso investigativo.

La variable independiente corresponde a la implementación de la unidad didáctica basada en bioinspiración. Esta unidad fue diseñada mediante Actividades Tecnológicas Escolares fundamentadas en principios de biomímesis y biomecánica, y organizada desde el modelo FEA: Fundamentación, Ejercitación y Aplicación.

La variable dependiente principal se relaciona directamente con el fortalecimiento de competencias tecnológicas. Ya hablando directamente de la competencia tecnológica focal que se tomó es la capacidad de proponer innovaciones tecnológicas para la solución de problemas, dando cumplimiento a restricciones,

condiciones y especificaciones técnicas y contextuales. Esta competencia se relaciona directamente con los propósitos de la unidad didáctica, ya que los estudiantes debían identificar situaciones problemáticas, analizar referentes naturales, representar ideas, formular soluciones y evaluar sus propuestas.

Esta primera categoría se fundamenta en las Orientaciones Curriculares para el Área de Tecnología e Informática, las cuales plantean que los estudiantes deben desarrollar competencias relacionadas con la solución de problemas, el diseño, la representación de ideas, la construcción de modelos o prototipos y la evaluación de soluciones tecnológicas según el MEN (2022). Por tal motivo, las competencias tecnológicas constituyen el eje principal del análisis de la investigación. Ya hablando de la competencia focal se evidencia en desempeños como representar ideas mediante diagramas, planos, maquetas, modelos o prototipos; proponer, analizar y comparar diferentes soluciones a un mismo problema, evaluar y seleccionar propuestas con argumentos, detectar fallas y proponer estrategias de mejora; y principalmente diseñar, construir y probar prototipos como respuesta a una necesidad o problema de su contexto.

A partir de esta competencia seleccionada para la unidad didáctica basada en bioinspiración, se definieron las categorías de análisis que son: identificación y delimitación del problema tecnológico, análisis y fundamentación de la solución bioinspirada, diseño y representación de la solución tecnológica, evaluación funcional de la propuesta, percepción de la UD, y, valoración externa de la propuesta.

Ya si nos referimos a la segunda categoría esta corresponde a la apropiación de la bioinspiración. Esta es entendida como la capacidad de los estudiantes para reconocer principios presentes en organismos o sistemas naturales, abstraer dichos principios y transferirlos al diseño de posibles soluciones o respuestas tecnológicas. Esta categoría que permite analizar cómo los estudiantes utilizan la bioinspiración para fortalecer sus procesos de pensamiento tecnológico.

De esta manera, la investigación no solo busca establecer si hubo cambios entra la preprueba y la posprueba, sino también comprender como los estudiantes desarrollaron procesos durante la implementación de la UD basada en bioinspiración. Las categorías de análisis permitieron organizar las evidencias recogidas en las pruebas, cartillas de trabajo y los instrumentos de valoración utilizados durante el proceso.

Tabla 2.Variable, competencia focal y categorías de análisis.

ELEMENTO	DEFINICIÓN EN LA INVESTIGACIÓN	EVIDENCIAS ASOCIADAS
Variable independiente	Implementación de la unidad didáctica basada en bioinspiración, organizada mediante ATE y, a su vez, modelo FEA.	Desarrollo de las ATE mediante las cartillas de trabajo.
Competencia tecnológica focal	Proposición de innovaciones tecnológicas para la solución de problemas, donde se consideran restricciones, condiciones y especificaciones técnicas y contextuales.	Preprueba, posprueba, rúbrica y producciones de los estudiantes.
Identificación y delimitación del problema tecnológico	Capacidad para reconocer una situación problema, delimitarla y relacionarla con una necesidad del contexto.	Respuestas de la preprueba, posprueba y cartillas.
Análisis y fundamentación de la solución bioinspirada	Capacidad para relacionar principios naturales, biomiméticos o biomecánicos con una posible solución tecnológica.	Bocetos, explicaciones, propuestas y cartillas.
Diseño y representación de la solución tecnológica	Capacidad para expresar una propuesta mediante dibujos, esquemas, modelos o prototipos, explicando sus partes y funcionamiento.	Bocetos, esquemas, prototipos y cartillas.

Evaluación funcional de la propuesta	Capacidad para reconocer ventajas, limitaciones, fallas, mejoras e impactos de la solución planteada.	Rúbrica, preprueba, posprueba y producciones de los estudiantes.
Percepción de la unidad didáctica	Valoración de los estudiantes sobre claridad, utilidad, interés y dificultad de la unidad didáctica.	Encuesta de la percepción estudiantil.
Valoración externa de la propuesta	Revisión de la pertinencia, coherencia, claridad y viabilidad de la unidad didáctica y sus ATE.	Instrumento de valoración por expertos y encuesta a docentes del área.

4.7 Técnicas e instrumentos de recolección de información

Para el desarrollo de la investigación se emplearon técnicas e instrumentos de recolección de información tanto cualitativos como cuantitativos, siguiendo la lógica del enfoque mixto y el diseño cuasiexperimental de un solo grupo con preprueba y posprueba. Estos instrumentos permitieron valorar el estado inicial y final de los estudiantes respecto a la competencia tecnológica focal de esta investigación, también de analizar el desarrollo de las ATE implementadas y recoger las percepciones sobre la unidad didáctica diseñada.

El primer elemento empleado fue la evaluación diagnóstica, desarrollada mediante una preprueba, este instrumento se aplicó antes de la intervención con el propósito de identificar el nivel inicial de desempeño de los estudiantes frente a la identificación del problema, la formulación de soluciones, la representación de ideas y la valoración de ventajas o limitaciones de una propuesta, solución o respuesta tecnológica ante un problema contextualizado. La preprueba partió de una situación problema contextualizada y no se incluyó de manera directa el concepto de bioinspiración, con el fin de reconocer el punto de partida de los estudiantes sin orientar previamente sus respuestas hacia este enfoque. Esta preprueba se puede observar en el anexo 2.

El segundo elemento de recolección de información correspondió a la evaluación final, desarrollada mediante una posprueba. Este instrumento se aplicó después de la implementación de las ATE, con el propósito de valorar los cambios en los desempeños de los estudiantes con respecto a la competencia tecnológica que se seleccionó. La posprueba permitió comparar los resultados obtenidos con respecto a la preprueba, teniendo en cuenta criterios similares de análisis relacionados con la delimitación del problema, la fundamentación de la solución, la representación tecnológica y la evaluación funcional de la propuesta. Esta posprueba se puede observar en el anexo 3.

Para valorar la preprueba y la posprueba se diseñó una rúbrica analítica enfocada a medir el nivel de desempeño de los estudiantes frente a la competencia focal del componente de “solución de problemas con Tecnología e Informática”, establecida en las Orientaciones Curriculares para el Área de Tecnología e Informática en la Educación Básica y Media para los grados décimo y undécimo. Esta competencia orienta que los estudiantes propongan innovaciones tecnológicas e informáticas para la solución de problemas dando cumplimiento a restricciones, condiciones y especificaciones técnicas y contextuales.

La construcción de la rúbrica se realizó partiendo de una revisión de las evidencias de aprendizaje que corresponden a este componente, de estas evidencias se retomaron aquellas relacionadas con la representación de ideas mediante registros, textos, diagramas, figuras, planos, maquetas, modelos o prototipos; la proposición, el análisis y comparación de diferentes soluciones a un mismo problema; la evaluación y selección argumentada de decisiones de diseño; la detección de fallas, el diseño, construcción y prueba de prototipos como respuesta a una necesidad o problema. Con la relación entre la competencia, las evidencias de aprendizaje y las acciones solicitadas en la preprueba y posprueba, se definieron cuatro criterios de evaluación que son: identificación y delimitación del problema tecnológico, propuesta de solución tecnológica, representación gráfica

de la solución y evaluación de ventajas, limitaciones y posibles mejoras. Esta rúbrica y respectivos descriptores se encuentran en el anexo 4.

Para la calificación se dejó una escala de valoración de 1 a 5, donde cada nivel representa un grado de desarrollo del desempeño esperado. Estos niveles de desempeño se organizaron de manera progresiva, tomando como referente la taxonomía de Bloom de Anderson y Krathwohl (2001). De este modo, el aumento de un nivel a otro representa un incremento en la complejidad de los procesos cognitivos que el estudiante moviliza durante la solución de un problema tecnológico. Los niveles iniciales corresponden a desempeños centrados en el reconocimiento y la comprensión básica de la situación planteada, los niveles intermedios evidencian la aplicación de conocimientos, la organización de la información y el análisis de las posibles soluciones, mientras que los niveles superiores reflejan una mayor capacidad para evaluar argumentar, tomar decisiones y crear propuestas coherentes con las condiciones y restricciones del problema. Por lo tanto, la progresión de la escala no se determina únicamente por la cantidad de elementos incluidos en la respuesta, sino por el nivel de profundidad, autonomía, coherencia, fundamentación e integración demostrado por el estudiante en el conjunto de criterios evaluados.

Para la clasificación, cada uno de los cuatro criterios recibe un puntaje entre 1 y 5 puntos dependiendo de cual nivel de desempeño, por lo que el puntaje total máximo de la rúbrica es de 20 puntos.

Tanto la preprueba como la rúbrica serán revisadas por un experto, con el propósito de valorar la claridad de las instrucciones, la pertinencia de la situación problema, la coherencia entre la competencia seleccionada y los criterios de evaluación, así como la correspondencia entre los niveles de desempeño y las evidencias esperadas. Las observaciones realizadas permitieron ajustar la formulación de instrumentos y fortalecer su coherencia metodológica antes de su aplicación con los estudiantes.

También se realizó análisis documental de las cartillas de trabajo desarrolladas por los grupos de estudiantes durante las ATE implementadas. Las cartillas de la unidad didáctica que constituyeron una fuente de información cualitativa, ya que permitieron revisar respuestas, dibujos, bocetos, explicaciones, propuestas y reflexiones elaboradas por los estudiantes durante el proceso. Su análisis permitió complementar los resultados de la rúbrica y comprender con mayor detalle como los estudiantes abordaron los problemas, interpretaron los referentes naturales y representaron las posibles soluciones.

Al finalizar la intervención, se aplicó una encuesta de percepción estudiantil. Este instrumento tuvo como propósito recoger la valoración de los estudiantes sobre la unidad didáctica, las actividades desarrolladas, la claridad de las cartillas, el interés generado por la bioinspiración, las dificultades encontradas y la utilidad de la propuesta para aprender de tecnología. Esta encuesta no se asumió como instrumento para medir directamente la competencia tecnológica, sino como una fuente complementaria para comprender la experiencia de los estudiantes frente a la unidad didáctica.

Es importante aclarar que antes de la implementación la UD basada en bioinspiración se empleó el instrumento de valoración de ATE. Este instrumento, permitirá recoger las apreciaciones de los expertos en ATE de acuerdo con las dimensiones presentadas en el apartado 4.5. Su aplicación permitió valorar la solidez de la propuesta antes de analizar su implementación con los estudiantes.

A su vez, se aplicó una encuesta de valoración a docentes del área de tecnología e informática. Esta encuesta tuvo como fin recoger percepciones profesionales sobre: la claridad, la pertinencia y la viabilidad de la unidad didáctica compuesta por ATE en el contexto escolar.

Para finalizar se elaboró un registro retrospectivo de observaciones docente. Este registro fue construido después de la intervención a partir de la memoria del docente investigador sobre el desarrollo de las sesiones la participación de los

estudiantes las dificultades observadas y las dinámicas generales del aula. Es importante aclarar que este instrumento no fue tomado como un instrumento principal de medición sino por el contrario fue como apoyo cualitativo para contextualizar los resultados obtenidos en las pruebas, rúbricas, cartillas y encuestas.

4.8 Procedimiento de análisis de la información.

El análisis de la información se realizó en concordancia con el enfoque mixto de esta investigación, integrando tanto los procedimientos cuantitativos y como los cualitativos. Por tanto, el propósito es valorar los cambios en el desempeño de los estudiantes frente a la competencia tecnológica focal, luego de la implementación de la unidad didáctica.

Primero se analizaron los resultados de la preprueba y posprueba mediante la rúbrica diseñada, cada estudiante que presentó dichas pruebas fue valorado en los cuatro criterios establecidos que son la identificación y limitación del problema tecnológico, la propuesta de la solución tecnológica, la representación gráfica de la solución y la evaluación de ventajas, limitaciones y posibles mejoras; además, tal cómo se explicó con anterioridad, cada criterio recibió un puntaje de 1 a 5, para un total máximo de 20 puntos por prueba.

Luego de esto, se realizó una comparación entre los resultados obtenidos en la preprueba y la posprueba. Esta comparación permite identificar los cambios en los niveles de desempeño de los estudiantes antes y después de la implementación de la unidad didáctica basada en bioinspiración. Para ello, se revisaron los puntajes obtenidos por cada uno de los criterios, el puntaje total de cada estudiante y la variación general del grupo, donde se hizo importante este análisis ya que dejó reconocer avances, permanencias o dificultades en relación Con la competencia tecnológica focal que corresponde al componente de solución de problemas con Tecnología e Informática.

Además del análisis cuantitativo de los puntajes, se realizó una interpretación cualitativa de las respuestas de los estudiantes, en este proceso se revisaron las explicaciones, bocetos, propuestas y justificaciones presentadas en la preprueba y posprueba, con el fin de comprender cómo los estudiantes lograron identificar los problemas, propusieron soluciones, representaron sus ideas y evaluaron sus propias respuestas tecnológicas. Esta revisión permitió complementar los resultados numéricos de las rúbricas.

Las cartillas de trabajo desarrolladas durante la implementación de la unidad didáctica basada en bioinspiración fueron analizadas como evidencias documentales del proceso. Para lo anterior, se realizó una revisión de las respuestas escritas, los dibujos, los esquemas, los bocetos, la propuesta de solución y las reflexiones elaboradas por cada uno de los estudiantes. El análisis se enfocó por las categorías definidas en la investigación las cuales son: la identificación del problema, apropiación de principios bioinspirados, representación de ideas, formulación de soluciones y evaluación de propuestas.

La encuesta de percepción estudiantil fue analizada a partir de las respuestas de los estudiantes sobre la unidad didáctica, las actividades desarrolladas, la claridad de las cartillas, el interés generado por la bioinspiración, las dificultades encontradas y la utilidad de la propuesta para aprender tecnología. Las respuestas de selección múltiple permiten reconocer tendencias generales en la valoración de la experiencia, mientras que las respuestas abiertas aportan información cualitativa sobre las opiniones, dificultades y apreciaciones de los participantes.

El instrumento de valoración de la ATE aplicado a expertos fue analizado en los puntajes asignados y de las observaciones cualitativas realizadas, este análisis tuvo como propósito reconocer la valoración externa sobre los diferentes aspectos de la UD basada en bioinspiración compuesta por ATE, de acuerdo con las dimensiones definidas en el instrumento. Las observaciones de los expertos son consideradas como insumo para revisar la solidez de la propuesta y reconocer fortalezas o aspectos de posible mejora.

Por otro lado, de forma complementaria la encuesta aplicada a docentes del área de tecnología e informática fue analizada con el fin de identificar diferentes puntos de vista profesionales sobre la claridad, pertinencia y viabilidad de la unidad didáctica en el contexto escolar. Ese análisis permite reconocer como otros docentes valoran la posibilidad de aplicar la propuesta, la organización de las cartillas, los recursos requeridos, los tiempos de implementación y la relación de las actividades en el área de Tecnología e Informática.

El registro retrospectivo de observación docente fue utilizado como apoyo cualitativo para contextualizar los resultados, al realizar este registro se tienen en cuenta aspectos relacionados con la participación de los estudiantes, las dificultades observadas durante las sesiones, las dinámicas del trabajo en grupo, la comprensión de las actividades y el desarrollo general de la intervención. Su análisis no se asume como la medición principal, por el contrario, se reconoce como complemento para comprender mejor los resultados obtenidos en los demás instrumentos.

La integración de estas fuentes de información permitió realizar una triangulación de la información, relacionando los resultados de la rúbrica, las producciones de los estudiantes, las encuestas, la valoración de expertos y el registro retrospectivo docente. De esta manera, el análisis no se limita a comparar puntajes numéricos, sino que busca comprender el aporte de la unidad didáctica basada en bioinspiración al fortalecimiento de competencias tecnológicas en el grado undécimo.

4.9 Consideraciones éticas y limitaciones metodológicas

El desarrollo de esta investigación tuvo en cuenta consideraciones éticas relacionadas con el uso académico de la información recolectada durante la intervención. La propuesta se implementó con el fin del presente trabajo de grado, además de la autorización institucional, por lo que los instrumentos aplicados, las

producciones de los estudiantes y las respuestas recogidas fueron utilizadas únicamente con carácter investigativo y formativo.

Para poder iniciar la intervención, partiendo de la preprueba, se contó con la autorización institucional correspondientes, junto a esto también se presentó el propósito académico de la intervención a los estudiantes, explicando que la información recogida sería utilizada exclusivamente con fines de investigación y formación dentro del presente trabajo de grado.

Con el fin de proteger la identidad de los participantes, en el análisis de resultados no se usaron los nombres propios de los estudiantes. Asimismo, lo que se evidenció fue tratado de manera confidencial y se analizó de forma grupal, con el propósito de evitar la exposición individual de los participantes. De esta manera la información recolectada se asumió como insumo para valorar el aporte de la unidad didáctica y no como mecanismo de señalamientos o comparación personal entre estudiantes.

También es importante recalcar que se explicó a los estudiantes el propósito general de las actividades y el carácter académico del proceso. Las pruebas, cartillas y encuestas se desarrollaron dentro de las dinámicas propias del área de Tecnología e Informática, tratando de que la intervención conservara un sentido pedagógico y no afectara negativamente el desarrollo habitual de las clases.

Por otra parte, en las limitaciones metodológicas, se destaca que la unidad didáctica fue diseñada inicialmente con tres Actividades Tecnológicas Escolares, no obstante, por condiciones de tiempo institucional y por el desarrollo propio de las sesiones, sólo fue posible implementar dos de ellas con el grupo participante. Por este motivo, el análisis de resultados que se realizó se enfocó en las ATE aplicadas, junto con la preprueba y la posprueba, usando la cartilla de trabajo y los demás instrumentos utilizados.

Es importante recalcar que el registro retrospectivo de observación docente se asumió como un apoyo cualitativo y no como instrumento principal de medición siendo este instrumento importante para contextualizar algunas situaciones observadas durante la intervención, pero sus aportes fueron interpretados con cautela, debido a que fue elaborado después de las sesiones y a partir de la memoria del docente-investigador.

Para finalizar, aunque el instrumento de valoración de ATE fue construido a partir de referentes teóricos y revisado por expertos su aporte, consiste en ofrecer una matriz fundamentada organizada y útil para valorar Actividades Tecnológicas Escolares, pero su validación puede fortalecerse en futuras investigaciones mediante aplicaciones más amplias, más análisis y revisiones por un mayor número de expertos.

4.10 Síntesis de la unidad didáctica diseñada

Como segundo paso establecido en la ruta metodológica, se diseña una UD para el ATI, con el objetivo de fortalecer la competencia tecnológica del componente de Solución de problemas con Tecnología e Informática para estudiantes de grado undécimo del Colegio Acacia II (IED), su eje articulador es la bioinspiración, buscando que a través de la biomímesis y la biomecánica, se pueda integrar la observación de la naturaleza, la abstracción de principios y el transferir estos principios para poder dar una respuesta tecnológica a problemas contextualizados.

La UD se realizó en dos recursos que se complementan entre sí para el proceso de enseñanza – aprendizaje, una cartilla que va dirigida los estudiantes y una guía docente que busca orientar la aplicación de la misma en el aula. La cartilla está compuesta por contenidos, actividades, preguntas de análisis y retos de diseño que desarrollan los estudiantes como parte de su proceso. Por otra parte, está la guía docente que contiene diferentes apartados como la intencionalidad pedagógica, la competencia seleccionada, los propósitos, los recursos, los roles, los criterios de evaluación, entre otros que se pueden encontrar a profundidad desde el proceso

de construcción de la UD, los componentes, sus materiales y la fundamentación conceptual de cada ATE en el anexo 9.

La UD está organizada mediante el modelo didáctico FEA, dicha organización está dada de manera micro donde la estructura interna de cada ATE está mediada por este modelo y macro donde en la progresión general de la UD se evidencia el FEA. La primera ATE tiene un mayor énfasis en la fundamentación de temas principales que van a ser usados en las demás ATE conforme se avance en el desarrollo de la UD, temas como biomímesis; en la segunda ATE se profundiza más en la ejercitación a través del análisis de diferentes procesos biomecánicos; y, por último, la tercera ATE tiene como propósito un trabajo más autónomo, porque busca que los estudiantes en esta apliquen todos los conocimientos y conceptos adquiridos en el transcurso del desarrollo de la UD. Esto permite comprender el proceso que va a tomar el estudiante, el cual inicia desde la comprensión de la naturaleza como referente para poder diseñar, hasta la formulación y realización de soluciones tecnológicas de problemas contextualizados. Siendo la organización progresiva de las tres ATE y su relación con el modelo FEA, son los elementos centrales del diseño de la UD.

Tabla 3. Estructura general de la unidad didáctica.

ATE	**ENFOQUE PRINCIPAL**	**PROBLEMA TECNOLÓGICO**	**PRODUCTO ESPERADO**	**ÉNFASIS MODELO FEA**
ATE 1: ¿Cómo resuelve problemas la naturaleza?	Biomímesis, abstracción de principios	Mejorar el sistema de clasificación de residuos del colegio	Bocetos individuales y un plano grupal de la solución bioinspirada	Fundamentación
ATE 2: ¿cómo agarran los animales?	Biomecánica, agarre, fricción,	Dificultad para manipular o sujetar objetos pequeños	Bocetos individuales y modelo morfofuncion	Ejercitación

	presión y oposición		al de la solución bioinspirada	
ATE 3: BIOINSPIRACIÓN	Bioinspiración, análisis del problema	Desperdicio de agua por falta de mecanismos de regulación de fluidos	Bocetos individuales, plano grupal y modelo morfofuncional de la solución bioinspirada	Aplicación

Nota. Elaboración propia para la unidad didáctica.

Para toda la unidad didáctica se implementó el concepto de diseño frugal

La primera ATE contiene un problema tecnológico acerca de la orientación de clasificación de residuos del colegio, en esta ATE los estudiantes son guiados a través de proceso de fundamentación que se necesita para que los estudiantes puedan formular una solución bioinspirada abstrayendo los principios de referentes naturales. El producto esperado para esta ATE es los bocetos individuales y un plano grupal en el que se representa el problema, el referente natural, materiales y funcionamiento.

La segunda ATE a su vez contiene un problema tecnológico acerca del agarre de objetos pequeños, por esto aborda la biomecánica y guía a los estudiantes desde el análisis de referentes como garras, picos, pinzas y mandíbulas para que así puedan relacionarlos con su estructura, movimiento, fuerza y función. El producto esperado es la formulación y representación de un dispositivo que ayude a facilitar la sujeción o manipulación de objetos pequeños en el contexto.

Por último, la tercera ATE tiene una integración de los aprendizajes de las dos ATE anteriores y aborda un problema tecnológico relacionado con la regulación del flujo de agua en el colegio. Esta ATE tiene el propósito de que los estudiantes delimiten

el problema, establezcan las funciones y restricciones de la solución, para que comparen alternativas y puedan formular una propuesta bioinspirada.

Es importante aclarar que antes de la implementación de la UD, esta fue revisada y valorada por dos expertos y nueve docentes, de lo cual resultó en el reconocimiento de una estructura pedagógica coherente, una secuencia organizada y un carácter tecnológico definido. De igual manera, por parte de la valoración de los docentes se obtuvo un promedio de 4.83 sobre 5 y recomiendan su aplicación, pero, del mismo modo, señalan ajustes respecto a la claridad, cantidad de texto y presentación visual de lo presentado. Los instrumentos, resultados detallados y modificaciones resultantes de esta revisión y valoración se encuentran en los anexos correspondientes a cada uno.

5. IMPLEMENTACIÓN DE LA UNIDAD DIDÁCTICA.

La implementación de la unidad didáctica se llevó a cabo con los estudiantes de grado undécimo del Colegio Acacia II (IED). El proceso inició con la aplicación de la prueba diagnóstica llamada en este documento como la preprueba, continuó con el desarrollo de las dos primeras Actividades Tecnológicas Escolares y finalizó con la aplicación de la posprueba y la encuesta de percepción de los estudiantes.

Aunque la unidad fue diseñada con tres ATE, las condiciones de tiempo y la organización institucional permitieron implementar únicamente la ATE 1 y la ATE 2. La ATE 3 quedó completamente diseñada, pero no alcanzó a desarrollarse con los estudiantes. Por esta razón, las evidencias y los resultados analizados posteriormente corresponden a las dos actividades que fueron aplicadas a los estudiantes.

5.1 Condiciones y alcance de la implementación

La implementación de la ATE 1 y la ATE 2 se distribuyó aproximadamente en cuatro sesiones de clase. Durante estas sesiones se trabajaron los momentos de fundamentación, ejercitación y parte de la aplicación establecidos en la organización didáctica de la unidad.

El desarrollo de las ATE en general estuvo acompañado por presentaciones hechas para presentar los conceptos, ejemplos, imágenes, preguntas orientadoras y explicaciones necesarias. Estos recursos complementaron la cartilla del estudiante y permitieron orientar de manera conjunta los diferentes momentos de las ATE.

El docente asumió el papel de guía durante el proceso. Su participación se concentró en explicar los contenidos, organizar los tiempos y espacios, orientar las preguntas, acompañar el desarrollo de las actividades y aclarar las dudas que surgieron durante las diferentes sesiones. De esta manera, la cartilla no se utilizó de forma aislada, sino como parte de un proceso mediado en el que las explicaciones y orientaciones permitieron avanzar en la secuencia establecida.

Debido al tiempo disponible, algunas actividades correspondientes al momento de la aplicación fueron asignadas para ser desarrolladas como tareas fuera del aula. En otros posibles casos, la aplicación se distribuyó entre el grupo de trabajo realizado en clase y una sesión posterior. Esta organización permitió avanzar en las dos primeras ATE.

5.2 Aplicación de la preprueba

La preprueba se aplicó antes de iniciar el desarrollo de las ATE. El instrumento fue entregado de manera impresa y diligenciado de manera individual por cada estudiante durante el tiempo establecido.

La aplicación de la preprueba se desarrolló de acuerdo con lo planteado, los estudiantes atendieron las indicaciones, respondieron los diferentes apartados y

entregaron las hojas al finalizar el tiempo establecido. Siendo beneficiosos porque se permitió recopilar evidencias necesarias para reconocer su desempeño antes de la implementación de la unidad didáctica.

En esta aplicación participó un número mayor de estudiantes que en la posprueba, debido a que algunos de ellos no asistieron al día de la aplicación final. Esta diferencia se tendrá en cuenta posteriormente al organizar y comparar los resultados.

5.3 Desarrollo de las ATE implementadas

La ATE 1 y la ATE 2 se desarrollaron aproximadamente en cuatro sesiones. Para orientar el proceso se utilizaron la cartilla del estudiante, diapositivas y explicaciones del docente, quien organizó los tiempos, presentó las actividades, formuló preguntas y atendió las dudas que surgieron durante las clases.

En ambas ATE se desarrollaron los momentos de fundamentación y ejercitación previstos en la cartilla docente. Los estudiantes participaron en las explicaciones, observaron los referentes presentados respondieron las actividades de la cartilla del alumno y compartieron sus ideas durante los espacios de discusión.

En la ATE 1, después de desarrollar la fundamentación y la ejercitación, se explicó la actividad de aplicación y se asignó como trabajo para realizar fuera del aula, debido al tiempo disponible en la sesión.

En la ATE 2 se hizo un procedimiento muy similar, una parte de la aplicación fue asignada para ser adelantada fuera del aula y posteriormente se continuó su desarrollo en otra sesión, en la cual se retomaron las propuestas y se orientó su representación.

Es importante mencionar como docente, que los estudiantes mantuvieron una participación favorable. En términos generales, estuvieron atentos a las explicaciones, colaboraron en las actividades y mostraron disposición para trabajar de manera individual y grupal.

5.4 Aplicación de la posprueba y de la encuesta de percepción.

Al finalizar las actividades implementadas se aplicó la posprueba. Los estudiantes la desarrollaron individualmente y entregaron sus respuestas al terminar la sesión.

En esta ocasión participó un número menor de estudiantes que en la preprueba debido a algunas inasistencias. Por esta razón, para la comparación se diferenciará entre el número total de instrumentos recogidos en cada momento y los casos que cuenten con preprueba y posprueba.

Después de la posprueba, los estudiantes diligenciaron la encuesta de percepción sobre la unidad didáctica. Este instrumento permitió recoger sus apreciaciones acerca de las actividades, los materiales usados, los aprendizajes alcanzados y las dificultades encontradas durante el proceso.

Los resultados de ambos instrumentos se presentan en el capítulo siguiente.

6. RESULTADOS Y ANÁLISIS.

En este capítulo se presenta y analizan los resultados obtenidos durante la implementación de la unidad didáctica, el análisis se concentran dos fuentes principales de información: la preprueba y la posprueba aplicadas a los estudiantes antes y después de la intervención de la unidad didáctica, también está presente la encuesta de percepción diligenciada por los estudiantes al finalizar las ATE.

La comparación entre la preprueba y la posprueba se realizó únicamente con los estudiantes que participaron en ambos momentos, esta decisión permitió observar los cambios en el desempeño de los mismos participantes y así evitar que las diferencias de asistencia afectaran a la interpretación de los resultados.

Los datos se organizaron a partir de cuatro criterios establecidos en la rúbrica de la preprueba y posprueba los cuales son: identificación y delimitación del problema

tecnológico, propuesta de solución tecnológica, representación gráfica de la solución y evaluación de ventajas, limitaciones y posibles mejoras.

Además, el análisis cuantitativo de los puntajes, se consideraron la característica de las respuestas elaboradas por los estudiantes. De esta manera, no sólo se buscó establecer si los resultados aumentaron o disminuyeron, sino que busca reconocer los cambios presentados en la forma de identificar problemas, formular propuestas, representar ideas y justificar decisiones tecnológicas.

Los resultados de la preprueba y posprueba se relacionan con las respuestas de la encuesta de percepción, con el propósito de contrastar los desempeños observados con las apreciaciones de los estudiantes sobre la unidad didáctica.

6.1 Conformación de la muestra analítica.

Para realizar la comparación entre la preprueba y la posprueba se seleccionaron únicamente los estudiantes que realizaron estas 2 pruebas, para ser más puntual la muestra analizada quedó comprendida entre 27 estudiantes, quienes contaban con los resultados completos en los cuatro criterios establecidos en la rúbrica.

Esta selección permite hacer una comparación pareja, debido a que los resultados iniciales y finales corresponden a los mismos participantes, para poder saber que las variaciones que se van a identificar pueden asociarse al cambio presentado en el desempeño de cada estudiante, sin que la comparación se vea afectada por las diferencias de asistencia entre la aplicación de las dos pruebas.

Los estudiantes que participaron en un solo momento no fueron considerados dentro de este análisis de comparación porque no contaban con las dos mediciones necesarias para identificar individualmente si hubo un cambio positivo, negativo o simplemente no lo hubo. Sus instrumentos se conservaron como parte del registro de la implementación, pero no se incorporaron en los cálculos presentados en este capítulo.

Para proteger la identidad de los participantes, los resultados se presentan de manera grupal, cuando sea necesario mostrar casos particulares, los estudiantes serán identificados mediante códigos numéricos y no por sus nombres.

El análisis se realizó a partir de los siguientes cuatro criterios:

1. Identificación y delimitación del problema tecnológico.
2. Propuesta de solución tecnológica.
3. Representación gráfica de la solución.
4. Evaluación de ventajas, limitaciones y posibles mejoras.

Para profundizar sobre estos cuatro criterios elegidos, puede consultar en capítulos anteriores donde se brinda una explicación detallada de donde salen. Cada criterio tiene una valoración máxima de 5 puntos para un puntaje total de máximo 20, utilizaremos los mismos criterios en ambos momentos permitirá comparar los resultados generales, los niveles de desempeño y los cambios presentados en cada uno de los aspectos evaluados.

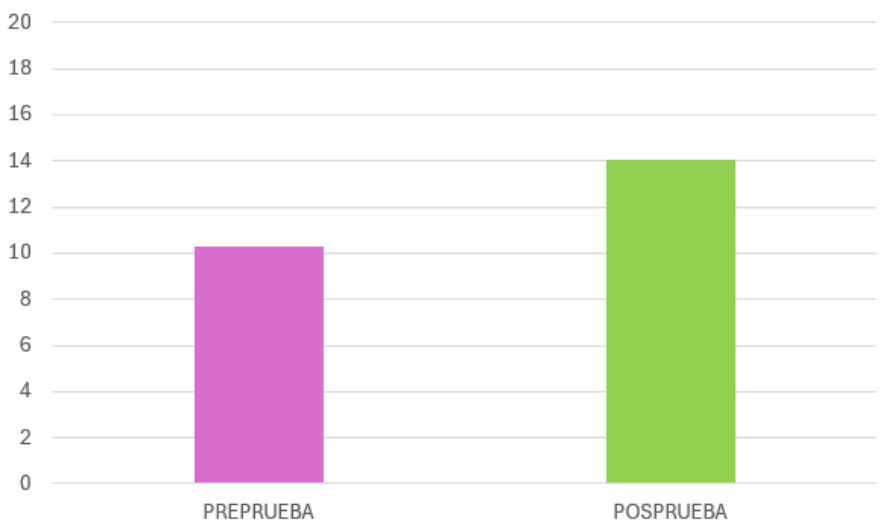
6.2 Resultados generales de la preprueba y posprueba

La comparación general de estas 2 pruebas se realizó con los 27 estudiantes que presentaron tanto la preprueba cómo la posprueba. Para ambos momentos se utilizó la misma rúbrica, compuesta por los cuatro criterios y un puntaje máximo total de 20 puntos.

6.2.1 Comparación del puntaje promedio

En la preprueba el grupo obtuvo un promedio general de 10,31 puntos, mientras que en la posprueba alcanzó un promedio de 14,08 puntos. La diferencia entre los dos momentos es de 3,77 puntos a favor de la posprueba.

Figura 1. Promedio total obtenido en la preprueba y la posprueba



Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de la preprueba y posprueba

La anterior figura muestra un aumento en el desempeño promedio del grupo después de la implementación de las dos primeras actividades tecnológicas escolares. Mientras que en el resultado inicial se encontraba dentro del nivel básico el promedio final lo ubicó dentro de un nivel adecuado.

Este cambio indica que los estudiantes presentaron respuestas más completas en la posprueba, este aumento no se refiere a la formulación de una idea de solución sino también a una mejor identificación del problema, representación de la propuesta y consideraciones de sus ventajas, limitaciones o posibles mejoras.

Como un adicional cualitativo, los estudiantes usaron la bioinspiración en la posprueba en la propuesta para dar respuesta al problema de contexto dado en la posprueba.

Este resultado debe interpretarse teniendo en cuenta que se trata de una comparación realizada con un grupo específico y en condiciones reales de aula. Por esta razón, el aumento observado permite reconocer una variación favorable después de la implementación, pero no debe entenderse como una generalización aplicable a todos los estudiantes o contextos educativos.

6.2.2 Distribución de los niveles de desempeño

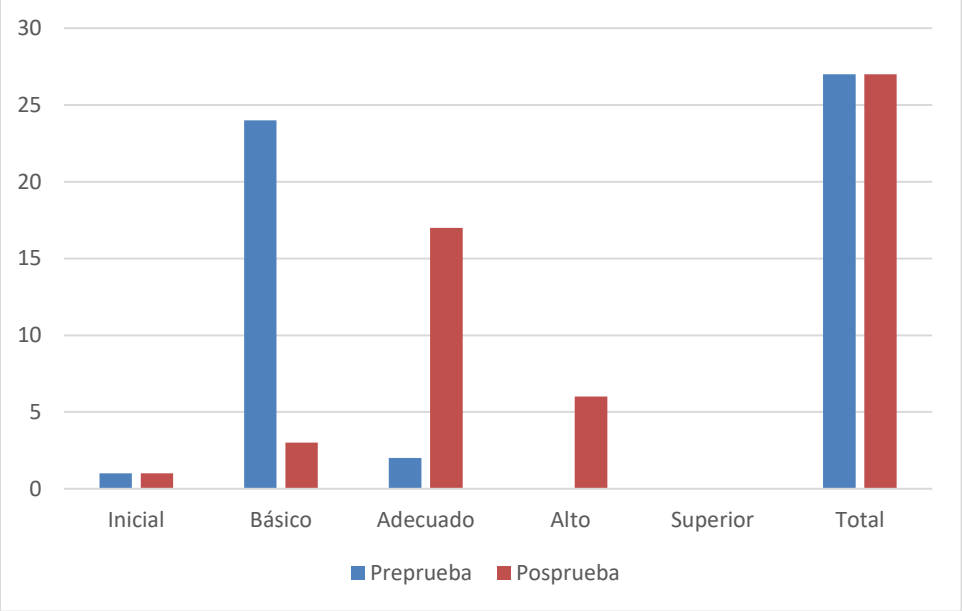
Además del promedio total, se analizó la distribución de los estudiantes en los 5 niveles establecidos en la rúbrica los cuales son: inicial, básico, adecuado, alto y superior.

Tabla 4. Distribución de los estudiantes por nivel de desempeño.

NIVEL DE DESEMPEÑO	PREPRUEBA	POSPRUEBA
Inicial	1	1
Básico	24	3
Adecuado	2	17
Alto	0	6
Superior	0	0
Total	27	27

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de los 27 estudiantes que presentaron ambas pruebas.

Figura 2. Distribución de los niveles de desempeños en la preprueba y la posprueba.



Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de la preprueba y la posprueba.

En la preprueba, 24 de los 27 estudiantes están en el nivel básico, lo que representa el predominio de respuestas en las que se reconocía el problema y se planteaba alguna solución, pero todavía existían dificultades de su delimitación, justificación,

representación y evaluación. Dos estudiantes alcanzaron el nivel adecuado y uno se ubicó en el nivel inicial.

En la posprueba se presentó un desplazamiento hacia niveles de mayor desempeño. El nivel adecuado pasó de 2 a 17 estudiantes, mientras que 6 estudiantes alcanzaron el nivel alto y el nivel básico disminuyó de 24 a 3 estudiantes.

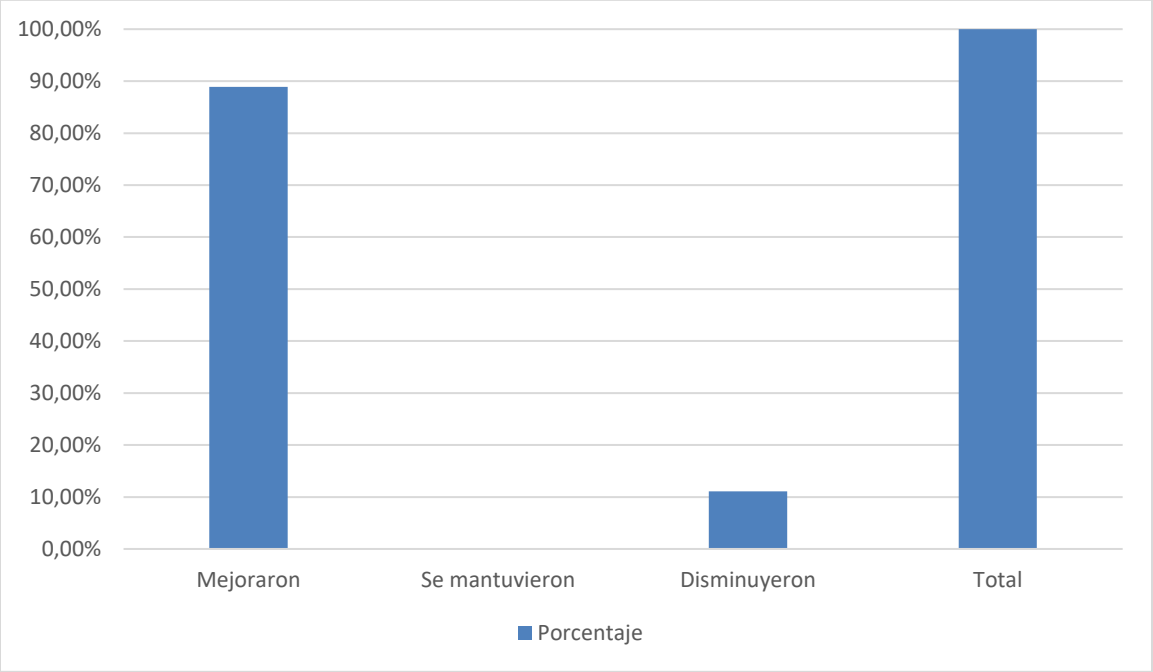
Ningún estudiante alcanzó el nivel superior, esto muestra que, aunque se presentó una mejora general, aún existen aspectos por fortalecer para formular problemas con mayor precisión, proponer soluciones completamente contextualizadas, representarlas de formas detalladas y evaluar críticamente sus posibles fallas y mejoras.

También en la posprueba se mantuvo un estudiante en el nivel inicial, este resultado evidencia que el avance del grupo no fue uniforme y que algunos estudiantes continuaron presentando dificultades después de la implementación de la unidad didáctica.

6.2.3 Cambios individuales en el desempeño

Para complementar el análisis de los promedios y de los niveles, se comparó el puntaje individual de cada estudiante en los dos momentos.

Figura 3. Cambio individual entre la preprueba y la posprueba.



CAMBIO OBSERVADO	NÚMERO DE ESTUDIANTES	PORCENTAJE
Mejoraron	24	88,9%
Se mantuvieron	0	0%
Disminuyeron	3	11,1%
Total	27	100%

Nota. Elaboración propia a partir de la comparación individual de los resultados.

De los 27 estudiantes, 24 aumentaron su puntaje total, lo cual corresponde a un 88.9% de la muestra. Ningún estudiante obtuvo exactamente el mismo resultado en ambos momentos y 3 presentaron una disminución.

Este resultado permitió establecer que el aumento del promedio general no fue un resultante únicamente por el desempeño evaluado de unos pocos estudiantes, sino que estuvo acompañado por mejoras individuales en la mayoría de los participantes.

La disminución presentada por tres estudiantes confirma que el proceso no tuvo el mismo resultado en todos los casos. Esas variaciones pueden relacionarse con diferencias en la comprensión de la situación planteada, la calidad de las respuestas, la participación durante la actividad o las condiciones particulares en la que cada estudiante desarrolló la prueba.

Los resultados generales muestran un cambio favorable entre la preprueba y la posprueba. El aumento del promedio, el cambio a niveles adecuado y alto y la mejora individual de 24 estudiantes constituyen evidencias de un fortalecimiento del desempeño frente a la competencia focal.

6.3 Resultados por criterio de evaluación

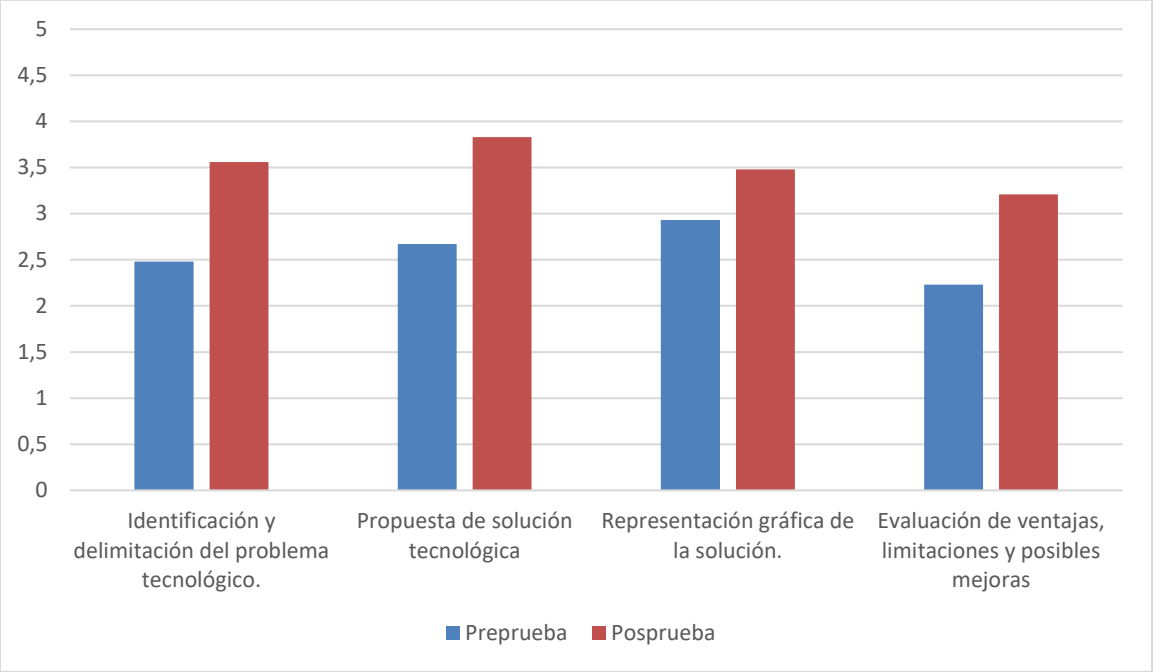
Con el propósito de identificar en qué aspectos se concentraron los cambios entre la preprueba y la posprueba, se analizaron por separado los cuatro criterios de la rúbrica. Cada uno fue valorado sobre un máximo de cinco puntos.

Tabla 5. Promedio obtenido por criterio en la preprueba y posprueba

CRITERIO	PREPRUEBA	POSPRUEBA	DIFERENCIA
Identificación y delimitación del problema tecnológico.	2,48	3,56	+1,08
Propuesta de solución tecnológica	2,67	3,83	+1,16
Representación gráfica de la solución.	2,93	3,48	+0,55
Evaluación de ventajas, limitaciones y posibles mejoras	2,23	3,21	+0,98

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de los 27 estudiantes que presentaron ambas pruebas.

Figura 4. Promedio por criterio en la preprueba y posprueba



Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de la preprueba y posprueba.

Los cuatro criterios presentaron un promedio mayor en la posprueba. El incremento más alto se registró en la propuesta de solución tecnológica, con una diferencia positiva para la posprueba de 1,17 puntos. Le siguieron la identificación y delimitación del problema, con 1,07 puntos, y la evaluación de ventajas, limitaciones y posibles mejoras, con 0,98 puntos. La representación gráfica también aumento, aunque en menor proporción, con una diferencia es 0,56 puntos.

6.3.1 Identificación y delimitación del problema tecnológico

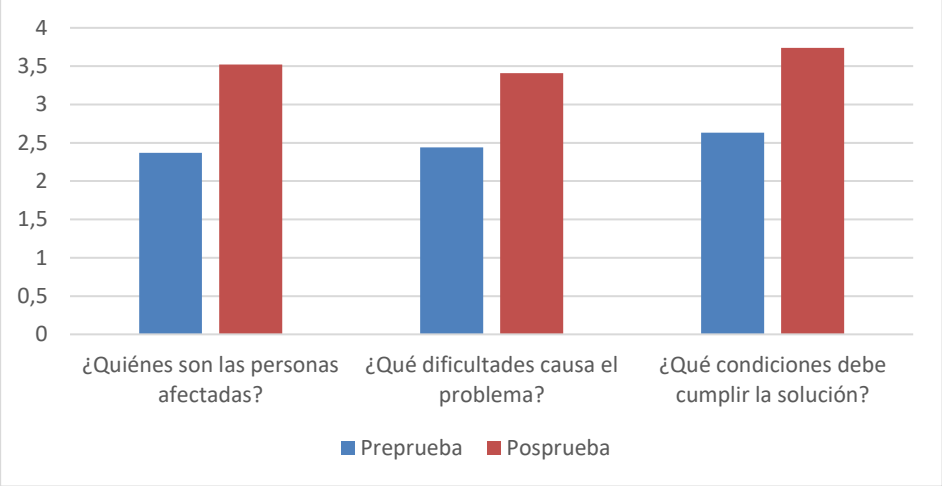
Este criterio valoró la capacidad de los estudiantes para reconocer a las personas afectadas, identificar las dificultades producidas por la situación y establecer las condiciones que debía cumplir una posible solución. Estas tres preguntas se conservaron en ambos momentos para facilitar la comparación.

Tabla 6. Resultados de las preguntas del criterio 1

PREGUNTA ANALIZADA	PREPRUEBA	POSPRUEBA	DIFERENCIA

¿Quiénes son las personas afectadas?	2,37	3,52	+1,15
¿Qué dificultades causa el problema?	2,44	3,41	+0,97
¿Qué condiciones debe cumplir la solución?	2,63	3,74	+1,11

Figura 5. Resultados de las preguntas del criterio 1



Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de la preprueba y la posprueba.

El promedio del criterio pasó del 2,48 a 3,56. 25 estudiantes mejoraron su valoración, uno obtuvo el mismo resultado y uno presentó una disminución.

El mayor incremento se observó en la identificación de las personas afectadas, con una diferencia de 1,15 puntos. También te presentó un avance importante en el reconocimiento de las condiciones que debía cumplir una buena solución, cuyo promedio final fue de 3,74 siendo el más alto dentro del criterio.

Esos resultados muestran que en la posprueba los estudiantes lograron caracterizar con mayor precisión algunos elementos del problema. Sin embargo, la pregunta relacionada con la dificultad producida por la situación obtuvo el promedio

final más bajo del criterio, lo que nos dice que todavía podía fortalecerse la explicación de las consecuencias del problema dentro del contexto escolar.

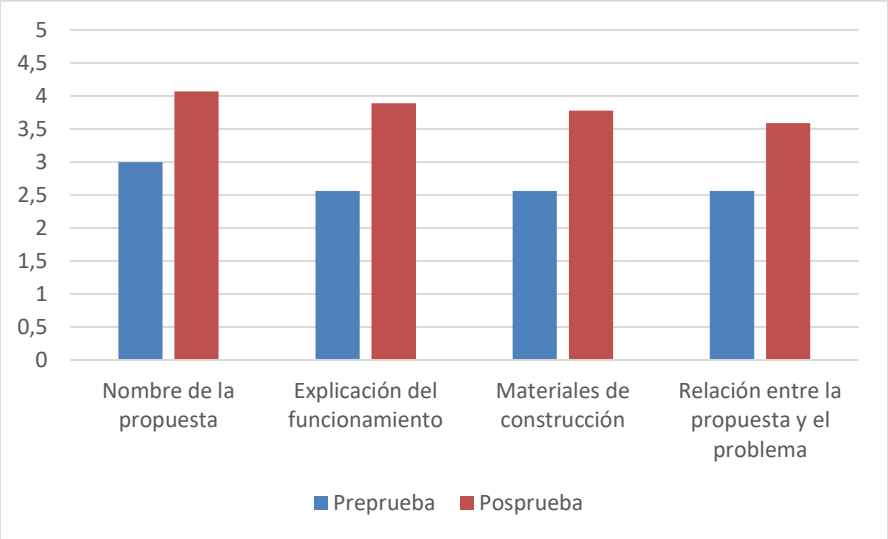
6.3.2 Propuesta de solución tecnológica

Este criterio incluyó cuatro preguntas las cuales son: el nombre de la propuesta, su funcionamiento, los materiales requeridos y la explicación de por qué ayudaría a resolver el problema.

Tabla 7. Resultados de las preguntas del criterio 2

PREGUNTA ANALIZADA	PREPRUEBA	POSPRUEBA	DIFERENCIA
Nombre de la propuesta	3,00	4,07	+1,07
Explicación del funcionamiento	2,56	3,89	+1,33
Materiales de construcción	2,56	3,78	+1,22
Relación entre la propuesta y el problema	2,56	3,59	+1,03

Figura 6. Resultados de la pregunta del criterio 2



Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de la preprueba y la posprueba.

La Propuesta de solución tecnológica presentó un mayor aumento entre los cuatro criterios, al pasar de 2,67 a 3,83 es decir, 26 estudiantes mejoraron su puntuación y solo uno presentó una disminución.

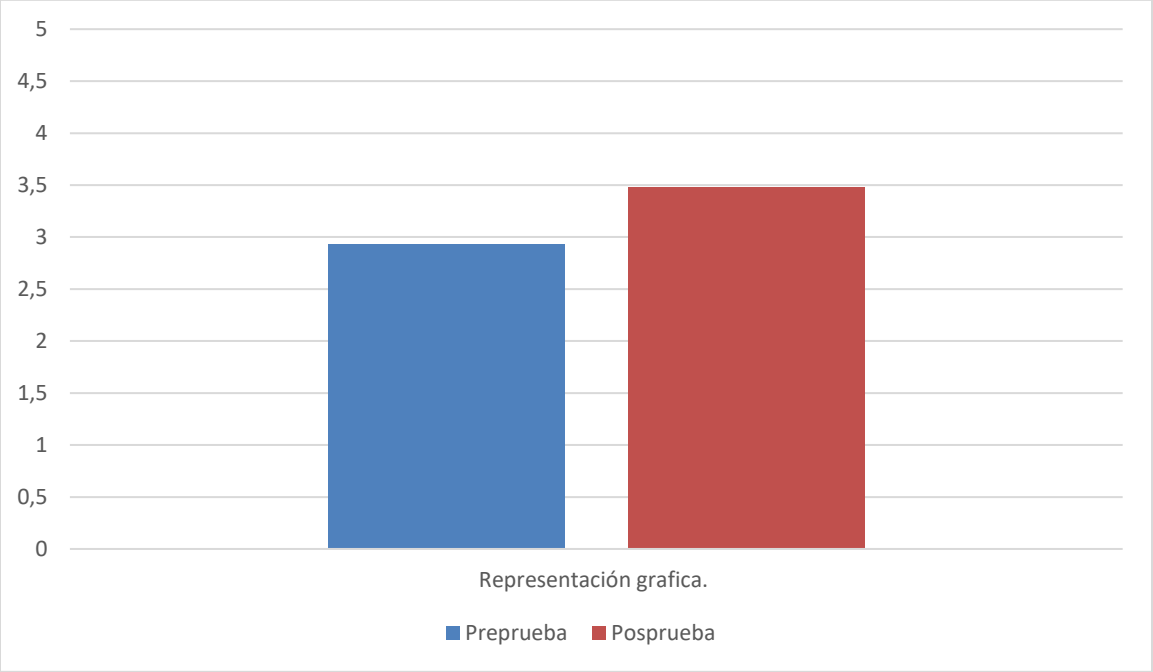
El avance más alto se encontró en la explicación de funcionamiento, con una diferencia de 1,33 puntos a favor de la posprueba, las propuestas tendieron a estar acompañadas por explicaciones más complejas sobre la manera en que se operarían.

También se observaron mejoras en la selección de materiales y en la relación establecida entre la propuesta y el problema. En esta última pregunta obtuvo el promedio final más bajo del criterio con 3,59 y aunque las ideas fueron más elaboradas todavía era necesario fortalecer la justificación de por qué la solución propuesta respondía de manera pertinente a la situación planteada.

6.3.3 Representación gráfica de la solución

En ese criterio se valoró el boceto, dibujo esquema elaborado por cada estudiante. La representación debería permitir reconocer las partes principales, los materiales, la forma de uso y el funcionamiento general de la solución. La valoración no se centró en la calidad estética del dibujo sino en la capacidad para comunicar la idea.

Figura 7.Promedio del criterio de representación gráfica.



Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de la preprueba y la posprueba.

El promedio aumentó de 2,93 a 3,48 con la diferencia a favor de la posprueba de 0,56 puntos. De los 27 estudiantes 14 mejoraron, 10 mantuvieron la misma valoración y 3 disminuyeron.

A pesar de que el resultado final fue superior al inicial, este criterio presentó el menor incremento. Una posible explicación es que la representación gráfica ya era el aspecto con mayor promedio en la prueba, por lo que el punto de partida fue más alto que en los demás criterios.

El número de estudiantes que mantuvo la misma puntuación muestra que no todos lograron dar mayores detalles en sus bocetos.

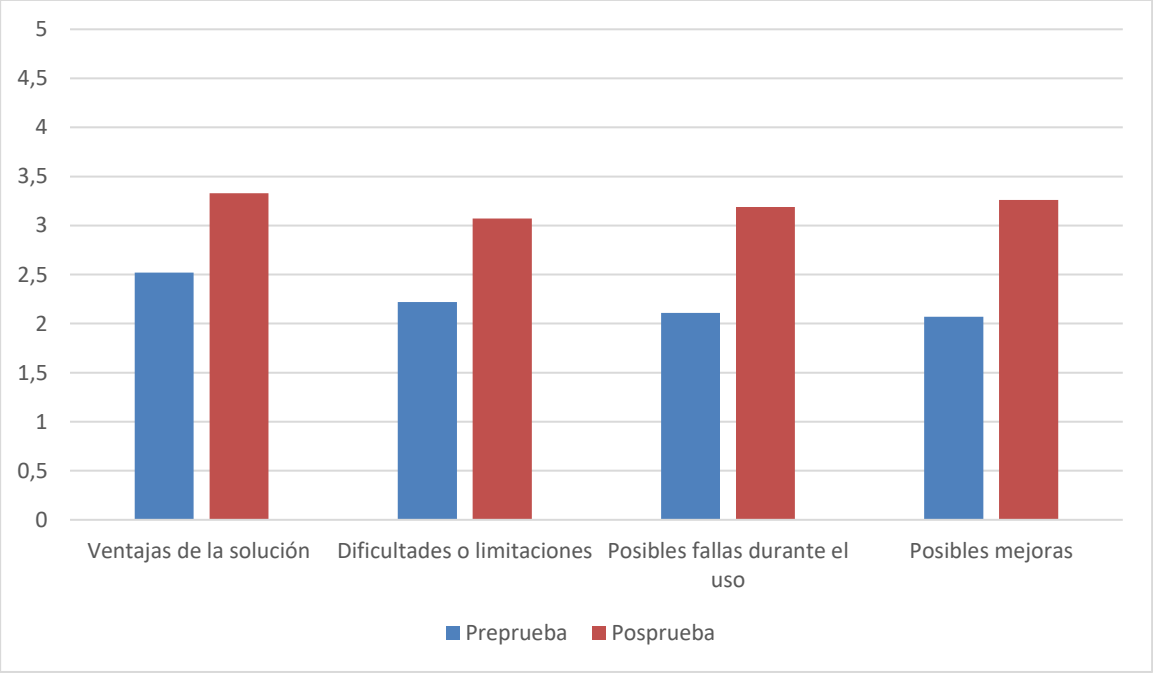
6.3.4 Evaluación de ventajas, limitaciones y posibles mejoras

Este cuarto criterio se analizó mediante las preguntas sobre la ventaja de la solución, sus dificultades o limitaciones, las posibles fallas durante el uso y las modificaciones que podrían realizarse si no funcionaba correctamente.

Tabla 8. Resultados de las preguntas del criterio 4.

PREGUNTA ANALIZADA	PREPRUEBA	POSPRUEBA	DIFERENCIA
Ventajas de la solución	2,52	3,33	+0,81
Dificultades o limitaciones	2,22	3,07	+0,85
Posibles fallas durante el uso	2,11	3,19	+1,08
Posibles mejoras	2,07	3,26	+1,19

Figura 8. Resultados de las preguntas del criterio 4



Nota. Elaboración propia a partir de los resultados de la preprueba y la posprueba.

El promedio de este criterio pasó de 2,23 a 3,21. 23 estudiantes mejoraron y 4 disminuyeron.

La mayor diferencia se presentó en la formulación de posibles mejoras que aumentó en 1,19 puntos con respecto a la preprueba, fue significativo el avance en

la identificación de las posibles fallas con una diferencia de 1,07 puntos a favor de la posprueba estos resultados muestran que después de la intervención de la unidad didáctica los estudiantes tuvieron una mayor capacidad para revisar sus propuestas y plantear ajustes frente a dificultades previstas

La identificación de limitaciones obtuvo el promedio final más bajo con 3,07 aunque los estudiantes avanzaron en el reconocimiento de fallas y mejoras, todavía presentaban dificultades para analizar de manera crítica las restricciones o debilidades propias de sus soluciones.

6.4 Resultados de la encuesta de percepción de los estudiantes

Al finalizar la implementación, se aplicó una encuesta de percepción conformada por diez afirmaciones valoradas mediante una escala de 1 a 5 y tres preguntas abiertas. La escala de valoración usada es de: 1 Totalmente en desacuerdo,2 en desacuerdo,3 de acuerdo ni desacuerdo, 4 de acuerdo y 5 totalmente de acuerdo.

La encuesta fue respondida por 28 estudiantes. Esa cantidad es diferente de los 27 participantes considerados en la comparación entre la preprueba y la posprueba ya que el análisis de percepción no requería contar con las dos mediciones parejas. Por esta razón se incluyeron todas las encuestas de diligenciadas.

De manera muy general, en la respuesta se evidenciaron una percepción favorable de la unidad didáctica. El promedio conjunto de las diez afirmaciones fue de 4,50 sobre 5 y recalcando que ningún estudiante seleccionó las opciones totalmente en desacuerdo o en desacuerdo.

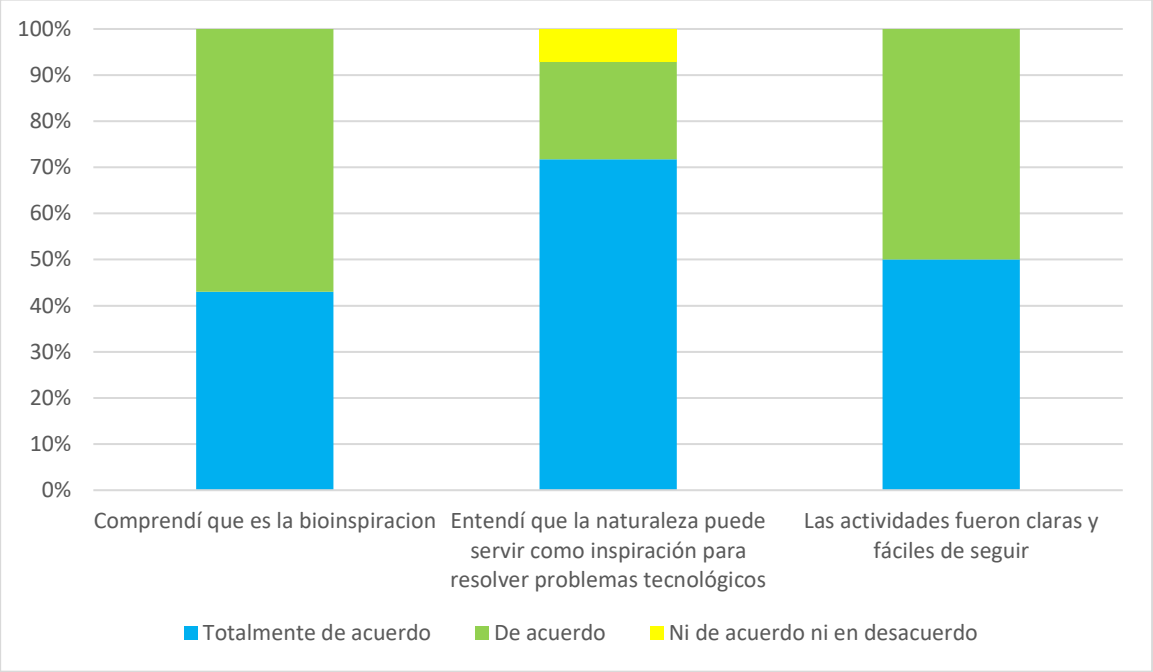
6.4.1 Comprensión y claridad de la unidad didáctica.

En esta dimensión se analizaron la comprensión del concepto bioinspiración, el reconocimiento de la naturaleza como fuente para resolver problemas tecnológicos y la claridad de las actividades

Tabla 9. Percepción sobre la comprensión y claridad de la unidad.

AFIRMACIÓN	PROMEDIO	RESPUESTAS FAVORABLES	PORCENTAJE FAVORABLE
Comprendí qué es la bioinspiración	4,43	28	100%
Entendí que la naturaleza puede servir como inspiración para resolver problemas tecnológicos	4,63	26	92.9%
Las actividades fueron claras y fáciles de seguir	4,50	28	100%

Figura 9. Percepción sobre la comprensión y claridad de la unidad.



Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta de percepción.

Según los resultados la totalidad de los estudiantes manifestó estar de acuerdo o totalmente de acuerdo con haber comprendido que es la bioinspiración y todos valoran favorablemente la claridad de las actividades. En la afirmación relacionada con la naturaleza como fuente de soluciones tecnológicas, 26 estudiantes presentaron una valoración favorable mientras que 2 tuvieron una posición neutral.

El promedio más alto de esta dimensión correspondió a la afirmación: reconocimiento de la naturaleza como fuente para resolver problemas tecnológicos, con 4,63 esto indica que uno de los aspectos más reconocidos por

los estudiantes fue la relación establecida entre la observación de los organismos y la búsqueda de soluciones.

Respuesta representan la percepción de los estudiantes sobre su comprensión y deben interpretarse junto con los resultados de la preprueba y la posprueba ya que la encuesta por sí sola no permite comprobar el aprendizaje alcanzado.

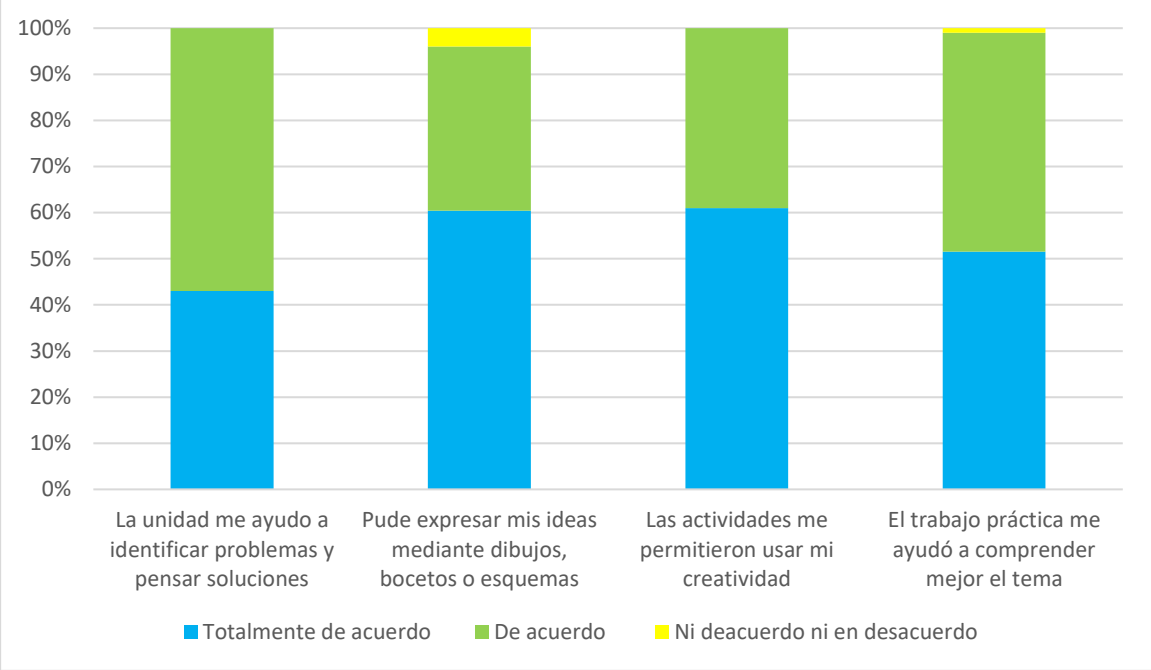
6.4.2 Aporte de las actividades al aprendizaje

Esta dimensión junto las afirmaciones relacionadas con la identificación del problema, representación de ideas, la creatividad y el aporte del trabajo práctico.

Tabla 10. Percepción sobre el aporte de las actividades al aprendizaje

AFIRMACIÓN	PROMEDIO	RESPUESTAS FAVORABLES	PORCENTAJE FAVORABLE
La unidad me ayudó a identificar problemas y pensar soluciones	4,43	28	100%
Pude expresar mis ideas mediante dibujos, bocetos o esquemas	4,57	27	96.4%
Las actividades me permitieron usar mi creatividad	4,61	28	100%
El trabajo práctico me ayudó a comprender mejor el tema	4,46	27	96,4%

Figura 10. Percepción sobre el aporte de las actividades al aprendizaje



Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta de percepción.

Según los resultados la totalidad de los estudiantes consideró que la unidad didáctica les ayudó a identificar problemas y pensar soluciones. Asimismo, todos valoraron favorablemente La posibilidad de utilizar su creatividad. En las afirmaciones que tienen que ver con la representación mediante dibujos, bocetos o esquemas y con el trabajo práctico 27 estudiantes seleccionaron la opción de acuerdo o totalmente de acuerdo y uno mantuvo una posición neutral.

La creatividad obtuvo el promedio más alto en esta dimensión con 4,61, este resultado guarda la relación con el tipo de actividad desarrollada en la escuela de los estudiantes formulan ideas y representa gráficamente

la percepción positiva sobre los dibujos y bocetos también se relacionan con los resultados del criterio de representación gráfica, mientras la encuesta muestra que los estudiantes sintieron que pudieron expresar sus ideas, la comparación entre las pruebas indicó que este fue el criterio con menor aumento este permite diferenciar la valoración favorable de la experiencia y el nivel de detalle alcanzado en las representaciones.

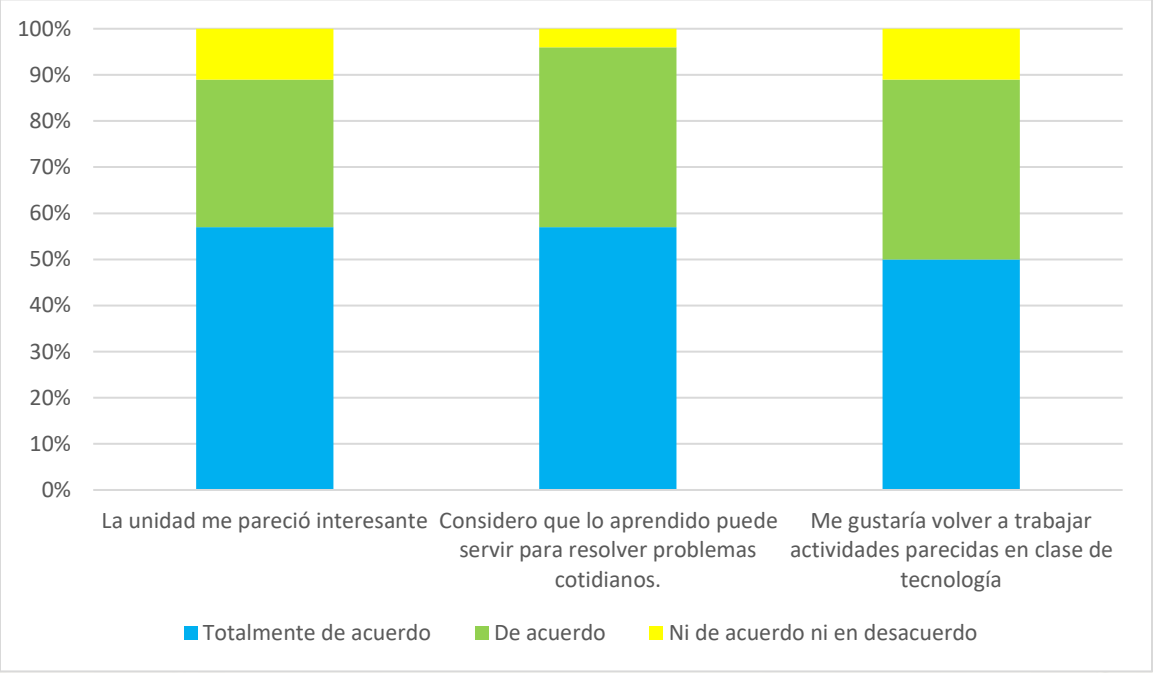
6.4.3 Interés, utilidad y disposición para continuar.

Esta dimensión permitió reconocer si la unidad didáctica resultó interesante para los estudiantes, si los aprendizajes fueron percibidos como útiles para las situaciones cotidianas y si los estudiantes estarían dispuestos a desarrollar actividades similares.

Tabla 11. Percepción sobre el interés y utilidad de la unidad.

AFIRMACIÓN	PROMEDIO	RESPUESTAS FAVORABLES	PORCENTAJE FAVORABLE
La unidad me pareció interesante	4,46	25	89,3%
Considero que lo aprendido puede servir para resolver problemas cotidianos.	4,54	27	96.4%
Me gustaría volver a trabajar actividades parecidas en clase de tecnología	4,39	25	89,3%

Figura 11. Percepción sobre el interés y utilidad de la unidad.



Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta de percepción.

Veinticinco estudiantes consideraron que la unidad didáctica fue interesante y manifestaron que les gustaría volver a trabajar actividades parecidas. 3 estudiantes

eligieron la opción neutral. Si miramos por otro lado 27 estudiantes consideraron que lo aprendido podía utilizarse para resolver problemas cotidianos y uno mantuvo una posición neutral.

La percepción de utilidad obtuvo un promedio de 4,54, superior a la valoración de intereses y la disposición para repetir la actividad es decir que los estudiantes reconocieron principalmente la posibilidad de trasladar lo aprendido a situaciones diferentes de las trabajadas en clase.

Aunque la disposición para participar de nuevo obtuvo el promedio más bajo de las diez afirmaciones, su resultado sigue siendo favorable con 25 de los 28 estudiantes dentro de las opciones de acuerdo y totalmente de acuerdo

6.4.4 Análisis de las respuestas abiertas

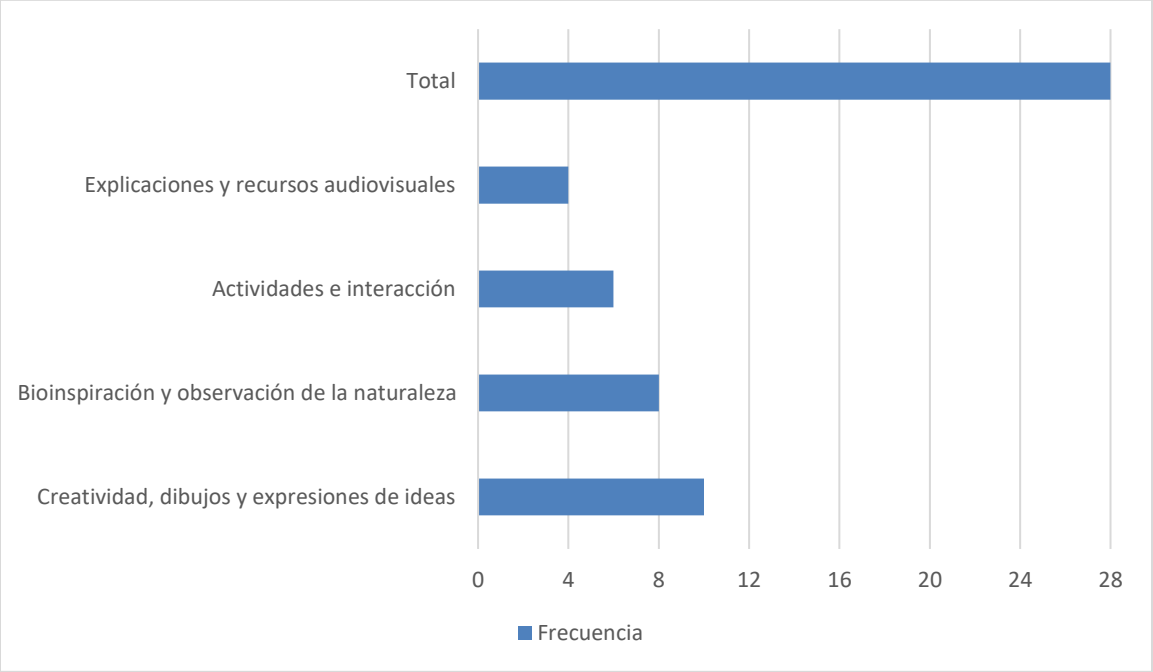
En esta encuesta había 3 preguntas abiertas las cuales permitieron reconocer los aspectos más valorados, las dificultades y las recomendaciones formuladas por los estudiantes. Para facilitar el análisis cada respuesta fue asignada a una categoría principal de acuerdo con su idea central la frecuencia representa tendencias generales y no pretenden eliminar la particularidad de cada aspecto.

Aspectos que más me gustaron.

Tabla 12. Aspectos que más gustaron de la unidad.

CATEGORÍA	FRECUENCIA
Creatividad, dibujos y expresiones de ideas	10
Bioinspiración y observación de la naturaleza	8
Actividades e interacción	6
Explicaciones y recursos audiovisuales	4
Total	28

Figura 12. Aspectos que más gustaron de la unidad.



Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta de percepción.

Figura 13. Nube de palabras de las respuestas sobre los aspectos que más gustaron de la unidad didáctica.



Nota. La figura representa los términos que más se repiten dentro de los aspectos que más gustaron de la unidad didáctica. El tamaño relativo de las palabras corresponde a la frecuencia de aparición en las respuestas. Elaboración a partir del resumen automático del formulario de Microsoft forms.

Las categorías más frecuentes estuvieron relacionadas con la creatividad, los dibujos, los bocetos y la posibilidad de expresar ideas, otra categoría que se destacó fue el aprendizaje de la bioinspiración y el reconocimiento de la naturaleza como referente para solucionar problemas.

Como complemento al análisis la figura 13 presenta una nube de palabras construidas a partir de las respuestas de los estudiantes sobre lo que más les gustó

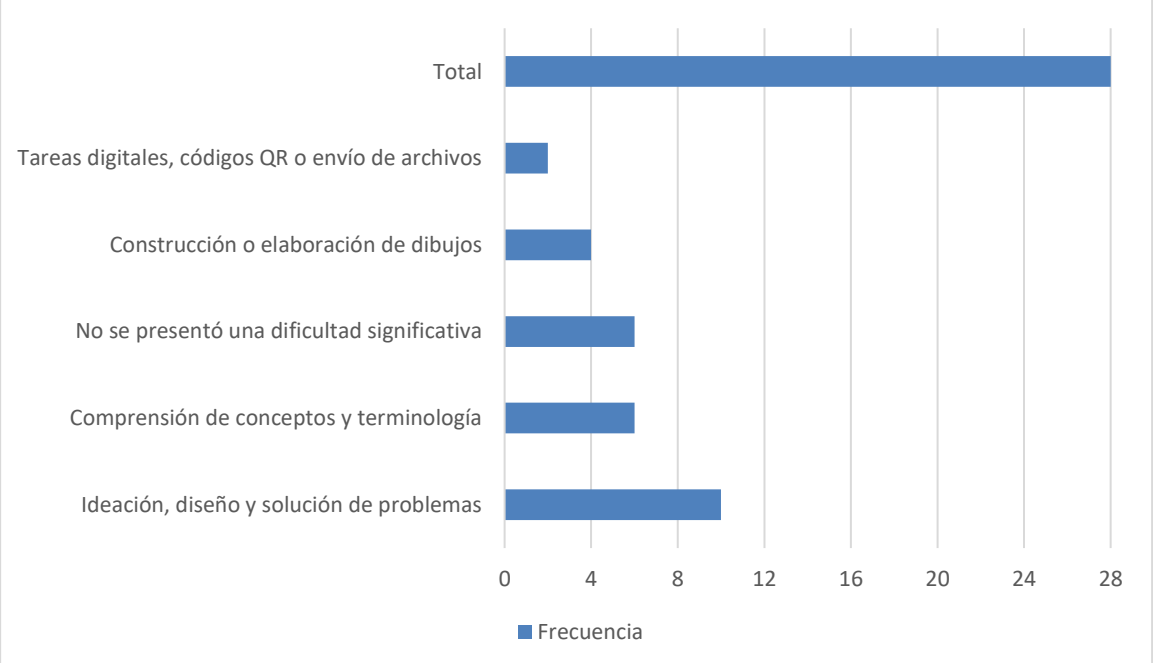
de la unidad didáctica, dentro de esta nube se destacan términos como actividades, dibujos, naturaleza, biomímesis, interacción, animales, soluciones e imaginación. Al comparar esta visualización con las categorías identificadas previamente se refuerza la idea de los aspectos más valorados por los estudiantes que estuvieron relacionados con la bioinspiración y la posibilidad de expresar ideas gráficamente. Esta figura se asume como un recurso complementario de apoyo visual, la interpretación se da a partir de la información de la tabla 12 y figura 12.

Dificultades encontradas

Tabla 13. Dificultades señaladas por los estudiantes

CATEGORÍA	FRECUENCIA
Ideación, diseño y solución de problemas	10
Comprensión de conceptos y terminología	6
No se presentó una dificultad significativa	6
Construcción o elaboración de dibujos	4
Tareas digitales, códigos QR o envío de archivos	2
Total	28

Figura 14. Dificultades señaladas por los estudiantes.



Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta de percepción.

Figura 15. Nube de palabras de las respuestas sobre los aspectos donde encontraron dificultades de la unidad didáctica.



Nota. La figura representa los términos que más se repiten dentro de los aspectos que encontraron dificultades de la unidad didáctica. El tamaño relativo de las palabras corresponde a la frecuencia de aparición en las respuestas. Elaboración a partir del resumen automático del formulario de Microsoft forms.

La principal dificultad consistió en pensar una solución, seleccionar un referente natural y trasladar su funcionamiento a una propuesta tecnológica. Algunas respuestas señalaron que fue difícil pensar en el diseño, elegir un animal que cumpla una función determinada o solucionar problemas planteados en la cartilla.

Dentro de esta pregunta abierta 6 estudiantes expresaron dificultades para comprender algunos conceptos, palabras o explicaciones. Otros cuatro mencionaron la elaboración del prototipo, las piezas o el dibujo, mientras que 2 señalaron procedimientos digitales como el uso del QR o el envío de actividades.

Como complemento del análisis de las dificultades, la figura 15 nos ayudó a identificar que la palabra nada es la que más se repite ya que 6 estudiantes manifestaron no haber encontrado ninguna dificultad significativa durante el desarrollo de la unidad. En esta figura también se observan términos como comprensión, palabras raras, diseño, prototipo, solución, cartilla, códigos QR y correo.

La nube de palabras se utiliza como un apoyo visual para reconocer los términos recurrentes, no sustituye el análisis categorial debido a que no muestra el contexto completo en el que fue utilizada cada palabra.

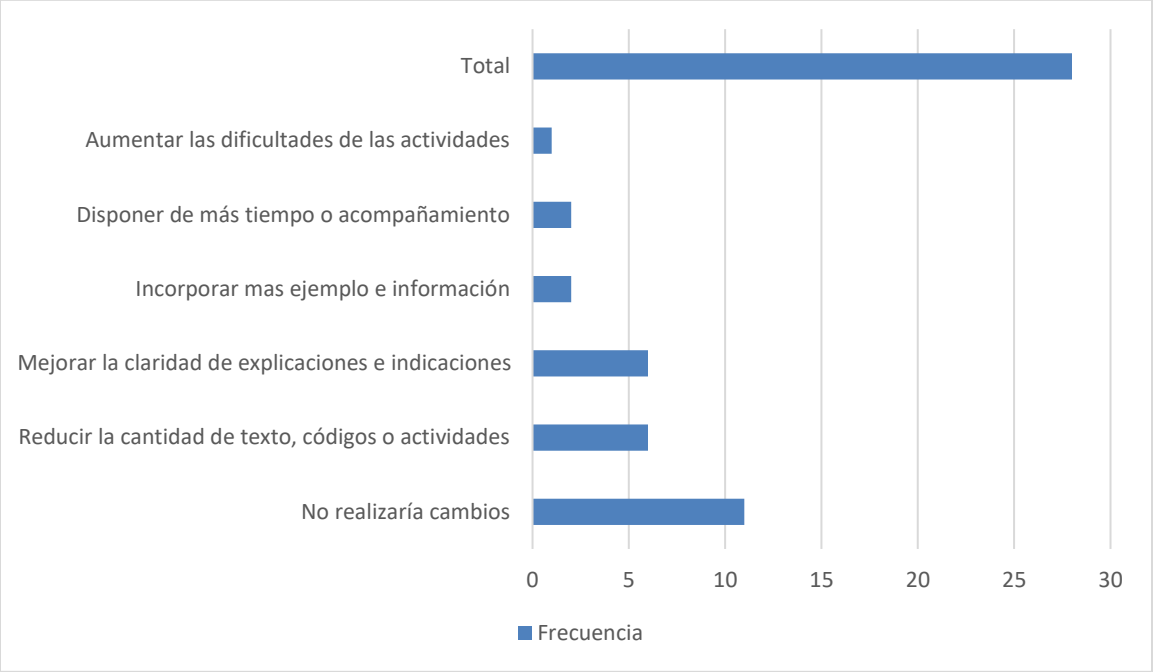
Por otro lado, las dificultades vinculadas con la ideación no representan un resultado negativo. En cierta medida, muestran que las actividades exigieron que los estudiantes tomaran decisiones, relacionaran referentes naturales con funciones y formularan soluciones propias. Esto evidencia la necesidad de acompañar mejor la transición entre la observación del referente y la construcción de una propuesta.

Aspectos por mejorar

Tabla 14. Mejoras sugeridas por los estudiantes.

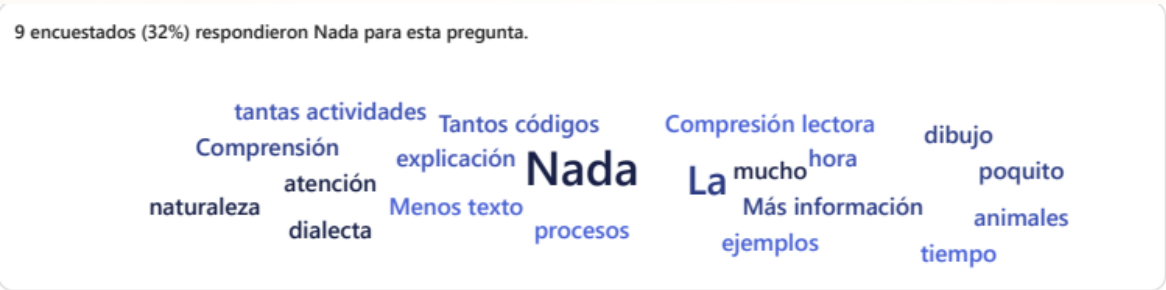
CATEGORÍA	**FRECUENCIA**
No realizaría cambios	11
Reducir la cantidad de texto, códigos o actividades	6
Mejorar la claridad de explicaciones e indicaciones	6
Incorporar más ejemplos e información	2
Disponer de más tiempo o acompañamiento	2
Aumentar las dificultades de las actividades	1
Total	28

Figura 16. Mejoras sugeridas por los estudiantes.



Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta de percepción.

Figura 17. Nube de palabras de las respuestas sobre los aspectos por mejorar de la unidad didáctica.



Nota. La figura representa los términos que más se repiten dentro de los aspectos por mejorar de la unidad didáctica. El tamaño relativo de las palabras corresponde a la frecuencia de aparición en las respuestas. Elaboración a partir del resumen automático del formulario de Microsoft forms.

Según la tabla 14 y las figuras 16 y 17, once estudiantes consideraron que no era necesario realizar modificaciones, sus respuestas incluyeron expresiones como “nada”, “así está bien" o valoraciones equivalentes.

Dentro de las recomendaciones más frecuentes fueron reducir la cantidad de texto, actividad o códigos QR y fortalecer la claridad de algunas explicaciones, también se sugirió incluir más tiempo sobre la naturaleza y los animales, además de disponer de mayor tiempo para desarrollar la actividad y brindar acompañamiento en algunos momentos.

Un estudiante sugirió aumentar la dificultad de las actividades esto evidencia que las necesidades y percepciones no fueron igual para todo el grupo.

Como apoyo al análisis de las recomendaciones la figura 17 es una nube de palabras correspondiente a los aspectos que los estudiantes mejorarían de la unidad didáctica. La palabra más destacada es nada, debido a que 9 participantes utilizaron expresamente este término para indicar que no realizarían ninguna modificación.

También se pueden ver expresiones como menos texto, más información, explicación, comprensión, ejemplos, tiempos, tantas actividades y tantos códigos. Estas respuestas coinciden con las categorías identificadas previamente, especialmente cuando se refieren a reducir la cantidad de texto o actividades, mejorar la claridad de algunas indicaciones, incluir más ejemplos y disponer de mayor tiempo para el desarrollo del trabajo.

La nube permite visualizar los términos más recurrentes, pero no muestra el significado completo de cada respuesta es por esto que se utiliza como un complemento de análisis categorial sino como su principal fuente de interpretación.

Estos resultados complementan los hallazgos de la preprueba y posprueba. Mientras las pruebas aportan evidencias sobre los cambios en el desempeño, la encuesta permite comprender cómo los estudiantes valoraron la experiencia, qué elementos facilitaron su participación y cuáles aspectos deberían ajustarse en futuras aplicaciones.

6.5 Integración y discusión de los resultados

La integración de los resultados permite establecer que la unidad didáctica aportó al fortalecimiento de la competencia focal del componente solución de problemas con Tecnología e Informática. Este aporte se manifestó en una mayor capacidad de los estudiantes para reconocer las características de un problema, formular propuestas relacionadas con la necesidad identificada, explicar su funcionamiento y analizar sus posibilidades de mejora. Por tanto, el cambio observado no consistió únicamente en obtener una puntuación final más alta, sino en avanzar hacia respuestas tecnológicas más completas y justificadas

Los mayores avances según los datos recolectados se dieron en la formulación de soluciones y la identificación del problema, esto resulta muy consecuente con las

experiencias desarrolladas en las ATE, en las que los estudiantes debían observar situaciones, analizar referentes naturales y tomar decisiones para proponer una respuesta las actividades no les entregaban una solución terminada sino que los estudiantes se enfrentaban a la necesidad de seleccionar información, relacionar forma y función plantear alternativas y explicar sus decisiones. De esta manera el proceso se vinculó con la competencia seleccionada que buscaba que los estudiantes propongan soluciones considerando condiciones, restricciones y características del contexto.

La anterior interpretación también coincide con la percepción del grupo. Los estudiantes valoraron que la actividad les permitiera identificar problemas, pensar soluciones y utilizar su creatividad. A nivel grupal estas apreciaciones se relacionan con el incremento observado en el criterio de identificación del problema y propuesta de solución tecnológica, siendo importante recalcar que esta relación debe comprenderse como una coincidencia general entre las fuentes de información, debido a que las respuestas de la encuesta no se vincularon individualmente con los resultados de cada estudiante en la preprueba y posprueba

Uno de los resultados más relevantes fue el uso de la bioinspiración en la posprueba. Aunque no se incluyó como un criterio independiente en la rúbrica, varios estudiantes, incluso la mayoría, recurrieron a animales, estructuras o mecanismos de la naturaleza para formular sus propuestas, esto da pie para entender que la bioinspiración no fue comprendida únicamente como un contenido conceptual sino que de alguna u otra manera comenzó a utilizarse como estrategia de diseño ya que los estudiantes trasladaron referentes abordados durante la unidad didáctica a una nueva situación problema y los emplearon para pensar funciones relacionadas que le pudieran dar una posible solución al problema propuesto en la posprueba.

Los estudiantes no se limitaron a reproducir exactamente las actividades realizadas, sino que aplicaron lo aprendido para enfrentar la situación propuesta en la evaluación final. La observación de la naturaleza adquirió así un sentido tecnológico porque se usó para identificar principios funcionales y orientar

decisiones de solución, no todas las respuestas alcanzaron el mismo nivel de abstracción en algunos casos se retomó principalmente la apariencia del organismo, mientras que en otros se relacionó de manera más clara su estructura o funcionamiento de la propuesta tecnológica. Este aspecto evidencia la necesidad de continuar fortaleciendo la diferencia entre copiar una forma natural y comprender el principio que permite adaptarlos a un problema.

El criterio de propuesta de solución tecnológica fue el que presentó el mayor incremento, en este criterio se evidenciaron avances especialmente en la explicación del funcionamiento y en la selección de materiales, está mejor hace relaciona con las respuestas de percepción de los estudiantes destacaron la creatividad, el diseño, la imaginación y la búsqueda de soluciones como algunos de los aspectos que más les gustaron dejando interpretar que las actividades favorecieron la generación de ideas propias y la construcción de propuestas con mayor nivel de desarrollo.

La justificación de por qué una propuesta podía resolver el problema continúo siendo uno de los aspectos que requiere fortalecimiento, algunos estudiantes lograron explicar por qué haría su solución y qué materiales emplearía, pero presentaron menor profundidad al relacionarla con la necesidad inicial, los usuarios o las restricciones del contexto, esto demuestra que formular una idea no implica necesariamente en justificarla de manera suficiente desde el punto de vista tecnológico.

En la representación gráfica se presentó una relación particular entre los desempeños y la percepción ya que los estudiantes manifestaron que los dibujos, bocetos y esquemas les ayudaron a expresar sus ideas, y varios estudiantes señalaron el dibujo y la creatividad entre los elementos que más disfrutaron siendo así ese criterio demostró el menor aumento entre la preprueba y la posprueba además cabe resaltar que una gran cantidad de estudiantes mantuvo la misma valoración en los dos momentos. Esa diferencia permite comprender que disfrutar la elaboración de dibujos o sentir que éstos facilitan la expresión no significa

necesariamente que las representaciones alcancen un mayor nivel de precisión tecnológica, en varios casos todavía fue necesario fortalecer la identificación de problemas, materiales, dimensiones, formas de uso y relaciones entre los componentes. La representación gráfica continúa siendo un aspecto que requiere mayor orientación y tiempo de desarrollo.

El análisis de las ventajas, limitaciones, fallas y posibles mejoras también presentó un cambio favorable. Los avances más notorios observaron es la identificación de posibles fallas en la formulación de mejoras, esto muestra que varios estudiantes lograron pasar de escribir únicamente las cualidades de una propuesta a considerar situaciones en las que podría no funcionar y plantear modificaciones. La identificación de las limitaciones continúa siendo uno de los aspectos más débiles. A algunos estudiantes les resultó más sencillo mencionar ventajas que reconocer restricciones, debilidades o consecuencias negativas de sus propias propuestas y este resultado señala la necesidad de continuar promoviendo procesos de revisión crítica, comparación de alternativas y reformulación de las soluciones.

Las respuestas abiertas de la encuesta permiten comprender algunas de las dificultades que pudieron influir en estos resultados, los estudiantes mencionaron problemas relacionados con la formulación de una idea, la elección de un referente natural, la elaboración del diseño, la comprensión de algunas palabras y el desarrollo de actividades; estas respuestas ayudan a explicar por qué no todos avanzaron con la misma intensidad en los cuatro criterios.

Las recomendaciones de reducir la cantidad de texto, aclarar algunas explicaciones, incorporar más ejemplos y disponer de un mayor tiempo permiten identificar ajustes necesarios para futuras aplicaciones, estas observaciones de la percepción estudiantil no contradicen la valoración favorable de la unidad, sino que muestran que una propuesta puede ser considerada interesante y útil, mientras todavía presenta elementos susceptibles de mejora.

Los resultados no fueron iguales para todos los participantes, aunque la mayoría aumentó su puntaje total, algunos estudiantes presentaron una disminución o

mantuvieron dificultades en determinados criterios, siendo así no puede afirmarse que la unidad produjera el mismo resultado en todos los casos. Sin embargo, el aumento del promedio general, el desplazamiento hacia niveles de desempeño adecuados y altos, la mejora de los cuatro criterios y la percepción favorable del grupo permiten reconocer una tendencia general del fortalecimiento.

La relación entre los resultados de la rúbrica que la percepción estudiantil muestra coincidencias importantes, pero también diferencias que permiten comprender el proceso con mayor profundidad. Los avances en la identificación de problemas la formulación de soluciones se realiza con la valoración favorable de la creatividad, la bioinspiración y la búsqueda de alternativas. Por su parte el menor cambio en la representación gráfica y las dificultades para reconocer limitaciones evidencia en aspectos que todavía requieren mayor orientación, tiempo y acompañamiento durante el desarrollo de las actividades.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

La presente investigación permitió analizar las diferencias presentadas en el desempeño de los estudiantes de grado undécimo del Colegio Acacia II (IED) con respecto a la competencia del componente de solución de problemas con Tecnología e Informática, a partir de la comparación entre la preprueba y la posprueba aplicada antes y después de la implementación de la unidad didáctica propuesta en este trabajo de grado. En los participantes de ambos momentos (27 estudiantes) el promedio general pasó de 10,31 puntos en la preprueba a 14,08 puntos en la posprueba, lo que corresponde a una diferencia de 3,77 puntos. Es importante resaltar que 24 estudiantes aumentaron la puntuación individual y tres presentaron una disminución. Estos resultados permiten reconocer una variación favorable en el desempeño del grupo entre las dos mediciones, aunque los cambios no se presentaron de manera uniforme en todos los participantes.

El análisis por criterios permitió establecer que las mayores diferencias se presentaron en la propuesta de solución tecnológica, el cual pasó de 2,67 a 3,83 y en la identificación y delimitación del problema tecnológico, que paso de 2,48 a 3,56. Con respecto a la evaluación de ventajas, limitaciones y posibles mejoras tuvo un aumento de 2,23 a 3,21, por otro lado la representación gráfica de la solución pasó de 2,93 a 3,48 y presento la menor diferencia entre los momentos, esos resultados muestran que los avances observados se concentraron principalmente en la comprensión de las situación problemáticas y en la formulación de propuesta de solución, mientras que la representación tecnológica de las ideas sigue siendo un aspecto que requiere fortalecimiento.

Con respecto al primer objetivo específico, se identificaron principios de la biomímesis y la biomecánica que resultaron pertinentes para estructurar una

propuesta dirigida al ATI. Entre ellos se encuentran la observación de referentes naturales, la relación entre forma y función, la abstracción de principios funcionales y el análisis de estructuras y mecanismos presentes en los seres vivos, estos principios permitieron asumir la naturaleza no solamente como un referente formal, sino como una fuente de información para comprender funciones y mecanismos que pueden ser relacionados con la formulación de soluciones tecnológicas.

En cuanto al segundo objetivo específico, se diseñó una unidad didáctica basada en la bioinspiración compuesta por tres Actividades Tecnológicas Escolares, acompañada por una cartilla dirigida a los estudiantes y una guía docente para orientar su desarrollo. La propuesta integró situaciones problemas, observaciones y análisis de referentes naturales, representación de ideas, formailación de soluciones y espacios para reconocer posibles fallas y mejoras. De esta manera, el diseño realizado constituye uno de los productos concretos de la investigación y ofrece una estructura que puede ser retomada y ajustada en posibles futuras aplicaciones en el aula.

La valoración previa de la propuesta por expertos y docentes permitió reconocer fortalezas en su organización, coherencia pedagógica y pertenencia para el ATI, pero también permitió identificar aspectos que necesitan alguna mejora, como la cantidad de texto, la claridad de las explicaciones y la presentación visual de los materiales. Estas observaciones muestran que el diseño de una propuesta didáctica no debe entenderse como un producto definitivo, sino como varias procesos que requieren una revisión, aplicación y ajustes a partir de las condiciones reales del contexto.

En referencia al tercer objetivo específico, la comparación entre la preprueba y la posprueba permitió identificar diferencias favorables en los cuatro criterios considerados para valorar el desempeño frente a la competencia seleccionada. En particular, después de la implementación se observaron respuestas con explicaciones mas desarrolladas sobre el funcionamiento de las propuestas, una mayor consideración de los materiales necesarios y aun mejor identificación de las

conficiones relacionadas con las situaciones problema. Es importante aclarar que se continuaron presentando dificultades para justificar completamente la relación entre una propuesta y el problema inicial, así como para reconocer con mayor profundidad las restricciones y limitaciones de las soluciones formuladas.

La representación gráfica debe tener una consideración particular debido a que, aunque los estudiantes expresaron una valoración favorable del dibujo y los bocetos como medios para expresar sus ideas, este fue el criterio que presentó la menor diferencia entre la preprueba y posprueba. En varios casos continuaron siendo necesarios mayores niveles de detalle para comunicar las partes, los materiales, la forma de uso y el funcionamiento de las propuestas. Esto permite reconocer que, dentro de la educación tecnológica, la representación no debe limitarse a la elaboración de dibujos, sino que por el contrario requiere ser desarrollada como una forma de comunicación tecnológica mediante la cual puedan comprenderse las características y el funcionamiento de una solución.

Un Hallazgo importante corresponde al uso de la bioinspiración en las propuestas realizadas por los estudiantes después de la intervención. Aunque esta no fue evaluada como criterio independiente dentro de la rúbrica de la preprueba y la posprueba, se observó que los estudiantes usaron organismos, estructuras y mecanismo naturales como referente para orientar algunas de sus soluciones. En los estudiantes este uso presentó diferentes niveles de profundidad: mientras algunas propuestas retomaron principalmente características externas o formales de los organismos, otras lograron relacionar de manera más clara estructuras o principio de funcionamiento naturales con las soluciones planteadas. Este resultado permitió reconocer la abstracción funcional como un aspecto relevante que debe seguir fortaleciéndose en experiencias educativas basadas en la bioinspiración.

En referencia a los alcances de la intervención, es necesario considerar que la UD fue diseñada con tres Actividades Tecnológicas Escolares, pero las condiciones de tiempo y organizaciones institucional permitieron implementar únicamente las dos primeras, siendo este el motivo por el cual los resultados obtenidos corresponden

a una implementación parcial de la unidad didáctica y no permiten valorar todavía el desarrollo completo de la propuesta diseñada. La tercera ATE quedó diseñada y está como una posibilidad de continuidad para posteriores aplicaciones en las que pueda estudiarse el comportamiento de los estudiantes frente a una actividad que integra con mayor autonomía los aprendizajes desarrollados previamente.

Asimismo, los resultados deben interpretarse teniendo en cuenta las características metodológicas del estudio. La investigación trabajo con un único grupo previamente conformado y sin un grupo de comparación, por lo que la diferencias encontradas entre la preprueba y la posprueba permiten describir los cambios presentados por los participantes entre ambos momentos, pero no permiten atribuir exclusivamente los hallazgos a otros grupos o instituciones. Esta delimitación no elimina el valor de los resultados obtenidos, sino que establece el alcance dentro del cual deben ser comprendidos.

El aporte de la investigación no se limita a las diferencias identificadas en el desempeño de los estudiantes. Uno de sus principales aportes consiste en ofrecer una propuesta concreta para articular bioinspiración, biomímesis, biomecánica y solución de problemas tecnológicos dentro de la educación media. La unidad didáctica diseñada, sus tres ATE, la cartilla del estudiante y la guía docente constituyen producto que pueden ser retomados, adaptados y aplicados en otros contextos educativos. Esto permite que investigaciones posteriores puedan replicar total o parcialmente la propuesta, comparar sus resultaos con los obtenidos en este estudio y analizar su comportamiento en otros grados, instituciones o poblaciones.

Uno de los aportes mas relevantes de este trabajo degrado corresponde al instrumento para la valoración de Actividades Tecnológicas Escolares, construido mediante la integración de diferentes referentes teóricos y organizado en dimensiones asociadas con aspectos pedagógicas, didácticos y tecnológicos. La matriz de trazabilidad elaborada permite identificar la procedencia conceptual de los elementos que integran el instrumento y constituye un punto de partida para continuar su desarrollo. Aunque este instrumento no puede considerarse

universalmente validado, puede ser retomado en futuras investigaciones para someterlo a nuevas aplicaciones, ampliar el número de expertos participantes y estudiar con mayor profundidad su validez y confiabilidad.

Los resultados obtenidos también permiten plantear nuevas posibilidades de investigación, siendo una de ella en estudiar a mayor profundidad el proceso mediantes el cuales estudiantes pasan de observar o imitar características externas de los organismo a abstraer y transferir principios funcionales hacia una solución tecnológica. De igual manera, futuros estudios pueden concentrarse en estrategias especificas para fortalecer la representación gráfica de las soluciones, la argumentación de las decisiones de diseño, el reconocimiento de restricciones y la evaluación criticas de las propuestas, debido a que estos aspectos continuaron presentando dificultades después de la intervención.

Es importante que investigaciones posteriores implementen en la totalidad de la unidad didáctica, amplíen el número de participantes, incorporen otros grupos o contextos educativos y establezcan diseño que permitan contrastar los resultados obtenidos entre diferentes condiciones de intervención. Esto permitirá determinar si las tendencias encontradas en este estudio se mantienen en otras poblaciones y profundizar en la comprensión del papel que puede desempeñar la bioinspiración en el desarrollo de proceso de solución de problemas dentro de la educación tecnológica.

7.2 Recomendaciones

A partir del diseño, la implementación y los resultados obtenidos, se plantea las siguientes recomendaciones:

- Ajustar y optimizar la estrategia didáctica con base en los resultados obtenidos para mejorar su efectividad. Estos ajustes deben concentrarse especialmente en los criterios que presentaron menor avance y en las dificultades manifestadas por los estudiantes.

- Implementar la tercera ATE para valorar la unidad didáctica de manera completa y analizar el desempeño de los estudiantes en una actividad que exige mayor autonomía e integración de los aprendizajes.
- Ampliar el tiempo destinado al desarrollo de las actividades, especialmente durante la formulación de soluciones, la elaboración de bocetos y la revisión de las propuestas.
- Reducir la cantidad de texto presente en la cartilla y complementar las explicaciones con esquemas, imágenes, ejemplos y orientaciones más breves que faciliten la comprensión de los estudiantes.
- Incorporar más ejemplos que permitan diferenciar entre copiar la apariencia de un organismo y abstraer un principio natural para adaptarlo a una solución tecnológica.
- Fortalecer la representación gráfica mediante actividades específicas acerca de la elaboración de bocetos, identificación de partes, materiales, dimensiones, forma de uso y explicación del funcionamiento.
- Promover una evaluación más crítica de las propuestas, orientando a los estudiantes para que identifiquen no sólo ventajas, sino también limitaciones, restricciones, posibles fallas y alternativas de mejora.
- Mantener el uso de actividades prácticas, referentes naturales, recursos audiovisuales y ejercicios de creatividad, debido a la valoración positiva expresada por los estudiantes.
- Revisar el diseño visual de la guía docente y de la cartilla para lograr una presentación más clara, equilibrada y fácil de consultar durante las clases.
- Aplicar la propuesta en otros grupos y contextos educativos para comparar resultados y reconocer los ajustes necesarios según las características de la población, sin asumir que los hallazgos obtenidos en este estudio pueden generalizarse de manera automática.

8. BIBLIOGRAFÍA

Alexander, R. M. (2003). *Principles of animal locomotion*. Princeton University Press.

Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (Eds.). (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. Longman.

Ausubel, D. P., Novak, J. D., & Hanesian, H. (1983). *Psicología educativa: Un punto de vista cognoscitivo* (2.ª ed.). Trillas.

Bautista Silva, D. C. (2017). *Diseño y desarrollo de una actividad tecnológica escolar–ATE que permita el aprendizaje del proceso de la biónica* [Trabajo de grado de especialización, Universidad Distrital Francisco José de Caldas].

Benyus, J. M. (1997). *Biomimicry: Innovation inspired by nature*. William Morrow.

Biomimicry Institute. (s.f.). *What is biomimicry?* https://biomimicry.org/inspiration/what-is-biomimicry/

Bloom, B. S., Engelhart, M. D., Furst, E. J., Hill, W. H., & Krathwohl, D. R. (1956). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. Handbook I: Cognitive domain*. David McKay.

Brookhart, S. M. (2013). *How to create and use rubrics for formative assessment and grading*. ASCD.

Casadiegos Fonseca, N. R., & Mora Gutiérrez, M. I. (2023). *ATE para desarrollo de habilidades de solución de problemas con tecnología en estudiantes de la Institución Educativa El Palmar* [Tesis de maestría, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. https://repository.udistrital.edu.co/bitstreams/73197724-fb14-46da-9d69-0c616d31ffa3/download

Collado Ruano, J. (2016). Una perspectiva transdisciplinar y biomimética de la educación para la ciudadanía mundial. *Educere, 20*(65), 113–129. https://www.redalyc.org/pdf/356/35646429012.pdf

Congreso de la República de Colombia. (1994, 8 de febrero). *Ley 115 de 1994: Por la cual se expide la Ley General de Educación*. Diario Oficial No. 41.214. https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-85906_archivo_pdf.pdf

Custer, R. L. (1995). Examining the dimensions of technology. *International Journal of Technology and Design Education, 5*(3), 219–244. https://doi.org/10.1007/BF00769905

Delgado Rojas, A., & Calderón Mendez, K. (2020). Diseño e implementación de una herramienta tecnológica aplicada en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la biomecánica de miembro superior. En *Memorias del XIV Encuentro de Semilleros de Investigación UNAB* (pp. 300–303). Universidad Autónoma de Bucaramanga.

Díaz Barriga, F. (2006). *Enseñanza situada: Vínculo entre la escuela y la vida*. McGraw-Hill.

Garcia, O. L. (2021). *Entorno y estructuras: estudio de caso, propuesta de desarrollo de material didáctico para el aprendizaje del concepto de estructura a partir de las analogías de la naturaleza para estudiantes del grado 6°, ciclo 3, del Gimnasio Los Arrayanes.* Recuperado de: http://hdl.handle.net/20.500.12209/17285

Goel, V., & Pirolli, P. (1992). The structure of design problem spaces. *Cognitive Science, 16*(3), 395–429. https://doi.org/10.1207/s15516709cog1603_3

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). McGraw-Hill.

Hernández Suárez, J. (2018). *Actividades tecnológicas escolares: Orígenes* [Tesis de maestría, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. https://www.bibliotecadigitaldebogota.gov.co/resources/2908810/

Hurtado de Barrera, J. (1998). *Metodología de la investigación holística*. Fundación Sypal.

Ilieva, L., Ursano, I., Traista, L., Hoffmann, B., & Dahy, H. (2022). Biomimicry as a sustainable design methodology—Introducing the “Biomimicry for Sustainability” framework. *Biomimetics, 7*(2), Article 37. https://doi.org/10.3390/biomimetics7020037

Marín Gallego, J. D. (2018). *Investigar en educación y pedagogía: Sus fundamentos epistemológicos y metodológicos* (2.ª ed.). Editorial Magisterio.

Martínez, A. L., Bustillo, C., Grillo, J., & Danies, G. (2023). Ciencia, creatividad y educación: Caso de estudio de la biomímesis en el Caribe colombiano. *Revista de Biomímesis: Transdisciplinariedad en Armonía con la Naturaleza*, (6), 19–25. https://redinternacionalbiomimesis.org/wp-content/uploads/2024/09/Revista-Biomimesis_N_06-comprimido.pdf

Merchán Basabe, C. A. (2008, 8–10 de octubre). Elementos pedagógicos para el diseño y ejecución de ATE desde la perspectiva de las Orientaciones Generales para la Educación en Tecnología [Ponencia]. *IV Encuentro Nacional de Experiencias Curriculares y de Aula en Educación en Tecnología e Informática*, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia.

Merchán Basabe, C. A. (2021). Modelo epistemológico y didáctico para el desarrollo del pensamiento tecnológico. En *Estudios sobre educación en tecnología y desarrollo del pensamiento tecnológico* (pp. 23–70). Editorial UPTC. https://editorial.uptc.edu.co/gpd-estudios-sobre-educacion-en-tecnologia-y-desarrollo-del-pensamiento-tecnologico-9789586605717.html

Ministerio de Educación Nacional. (2022). *Orientaciones curriculares para el área de tecnología e informática en la educación básica y media*. Colombia Aprende. https://www.colombiaaprende.edu.co/sites/default/files/files_public/2022-11/Orientaciones_Curricures_Tecnologia.pdf

Otálora Porras, N. (2008, 8–10 de octubre). *Las actividades tecnológicas escolares: Herramientas para educar* [Ponencia]. Encuentro Nacional de Experiencias Curriculares y de Aula en Educación en Tecnología e Informática, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia. Quintana Ramírez, A., Páez Rodríguez, J. J., & Téllez López, P. (2018). Actividades tecnológicas escolares: Un recurso didáctico para promover una cultura de las energías renovables. *Pedagogía y Saberes*, (48), 43–57.

Redfearn Domínguez, H. V. (2023). *La biomímesis: Trabajando el currículo LOMLOE bajo estrategias de la naturaleza* [Trabajo de fin de máster, Universidad de La Laguna]. Repositorio Institucional de la Universidad de La Laguna. https://riull.ull.es/xmlui/handle/915/32561

Sánchez Martinez, A. (2014). *Unidad didáctica para la enseñanza del diseño tecnológico a partir de la biónica, aplicada al área de tecnología e informática y dirigida a los estudiantes del grado undécimo del Colegio Delia Zapata Olivella* [Trabajo de grado, Universidad Pedagógica Nacional].

Scriven, M. (1967). The methodology of evaluation. En R. W. Tyler, R. M. Gagné, & M. Scriven (Eds.), *Perspectives of curriculum evaluation* (pp. 39–83). Rand McNally.

Simon, H. A. (1969). *The sciences of the artificial*. MIT Press.

Stevens, L., de Vries, M. M. J., Bos, M. M. J. W., & Kopnina, H. (2019). Biomimicry design education essentials. *Proceedings of the Design Society: International Conference on Engineering Design, 1*(1), 459–468. https://doi.org/10.1017/dsi.2019.49

Toro Jaramillo, I. D., & Parra Ramírez, R. D. (2010). *Fundamentos epistemológicos de la investigación y la metodología de la investigación: Cualitativa/cuantitativa*. Fondo Editorial Universidad EAFIT.

Tyler, R. W. (1949). *Basic principles of curriculum and instruction*. University of Chicago Press.

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes* (M. Cole, V. John-Steiner, S. Scribner, & E. Souberman, Eds.). Harvard University Press.

Zabala, A. (1995). *La práctica educativa: Cómo enseñar*. Graó.

9. ANEXOS

Anexo 1: Matriz de trazabilidad teórica ATE

Anexo 2: Preprueba

Anexo 3: Posprueba

Anexo 4: Rúbrica preprueba/posprueba

Anexo 4.1: Resultados rúbrica analítica de la preprueba y la posprueba

Anexo 5: Encuesta de percepción estudiantil

Anexo 6: Encuesta de valoración docente

Anexo 6.1: Gráficos encuesta de valoración docente.

Anexo 7: Instrumento de evaluación actividades tecnológicas (ATE)

Anexo 8: Resultados de valoraciones expertas/docentes

Anexo 9: Diseño de la unidad didáctica basada en la bioinspiración

Anexo 10: Cartilla del estudiante

Anexo 11: Guía docente