



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**NODOS COGNITIVOS INTERDISCIPLINARIOS
QUE FAVORECEN INTEGRAR LAS
MATEMÁTICAS Y LAS CIENCIAS NATURALES
A TRAVÉS DE PROBLEMÁTICAS
CONTEXTUALES**

Autores

**OLGA INÉS MONSALVE PATIÑO
JOSE DAVID CARVAJAL ZAPATA**

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

FACULTAD DE EDUCACIÓN

MEDELLÍN, COLOMBIA

2020



**NODOS COGNITIVOS INTERDISCIPLINARIOS QUE FAVORECEN INTEGRAR LAS
MATEMÁTICAS Y LAS CIENCIAS NATURALES A TRAVÉS DE PROBLEMÁTICAS
CONTEXTUALES**

OLGA INÉS MONSALVE PATIÑO

JOSE DAVID CARVAJAL ZAPATA

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

Licenciados en Educación Básica con Énfasis en Matemáticas

Asesor:

Mg. JAIME ANDRÉS CARMONA MESA

Grupo de Investigación:

MATHEMA-FIEM

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

FACULTAD DE EDUCACIÓN

LICENCIATURA EN EDUCACIÓN BÁSICA CON ÉNFASIS EN MATEMÁTICAS

MEDELLÍN, COLOMBIA

2020

Contenido

	Pág.
Introducción	7
1. Diseño teórico	9
1.1 Planteamiento del problema	9
1.2 Pregunta de investigación.....	14
1.3 Objeto general	14
1.4 Objetivo específico.....	14
2. Marco teórico	15
2.1 Antecedentes	15
2.1.1 Acercamiento histórico al establecimiento de relaciones entre disciplinas	15
2.1.2 Definiciones de multidisciplinariedad, Interdisciplinariedad, transdisciplinariedad	16
2.1.3 El contexto como una oportunidad para favorecer la interdisciplinaridad en el aula	22
2.1.4 Ciencias forenses como una oportunidad para favorecer la interdisciplinaridad en el aula	30
3. Diseño metodológico	31

3.1 Propuesta metodológica	30
3.2 Registro de información y participantes	33
3.3 Diseño de propuesta a implementar.....	37
4. Análisis e interpretación de resultados	37
4.1 Análisis e Interpretación de la experiencia vivida en el proyecto transversal	37
4.2 Nodos cognitivos interdisciplinarios implícitos en el proyecto transversal.....	37
5. Conclusiones	47
6. Referencias.....	50
7. Anexos	55
Anexo 1	55
Anexo 2.....	56
Anexo 3: Guías didáticas	79
Anexo 4: Entrevistas.....	82
Anexo 5.....	82
5.1 Análisis encuesta: contexto.....	82
5.2 Análisis encuesta interdisciplinariedad.....	84
5.3 Análisis de las guías	85
5.4 Autorización padres de familia	85

Lista de Tablas

Tabla 1. Comparación entre multidisciplinario, interdisciplinario y transdisciplinario17

Tabla 2. Registro de encuestas.....39

Lista de Figuras

Figura 1. Contextos y significados.....26

Figura 2. Disciplinas que componen las Ciencias Forenses28

Figura 3. Relación saber- A-41

Figura 4. Relación saber – B-41

Figura 5. Punto de partida.....42

Figura 6. ADN-A43

Figura 7. ADN-B43

Figura 8. Probabilidad-B.....43

Figura 9. Estructura molecular-B.....43

Figura 10. Estructura molecular-C.....43

Figura 11. Secuencia moléculas-C.....44

Figura 12. Probabilidad Genética -C45

Figura 13. Nodos cognitivos interdisciplinarios implícitos en el proyecto transversal47

RESUMEN

Favorecer procesos interdisciplinarios en educación es reportado en diferentes investigaciones como relevante para lograr que los aprendizajes alcancen significados individuales, familiares y sociales, estos procesos buscan establecer relaciones profundas entre el conocimiento de las diferentes disciplinas que son estudiadas. El propósito de este trabajo es abordar la relación interdisciplinar entre las Matemáticas y las Ciencias Naturales, a través de las Ciencias Forenses como estrategia para consolidar la Cátedra de la paz en el sistema escolar y que tiene génesis en una situación de violencia que se presentan en el contexto de una Institución Educativa de Copacabana. Se desarrolla una investigación cualitativa mediante la sistematización como una interpretación crítica de las experiencias vividas por un conjunto de estudiantes de grado décimo. Los resultados permiten concluir que las relaciones interdisciplinarias entre las Matemáticas y las Ciencias Naturales se lograron alcanzar por medio de los Nodos Cognitivos Interdisciplinarios adjetivados como *contexto sociocultural, lenguaje propio de las disciplinas y eficiencia analítica*.

Palabras claves

Interdisciplinariedad, Sistematización, Cátedra de la Paz, Nodos Cognitivos Interdisciplinarios.

ABSTRACT

Favoring interdisciplinary processes in education is reported in different investigations as relevant to achieve that the learning achieve individual, family and social meanings, these processes seek to establish deep relationships between the knowledge of the different disciplines that are studied. The purpose of this work is to address the interdisciplinary relationship between Mathematics and Natural Sciences, through Forensic Sciences as a strategy to consolidate the Chair of peace in the school system and which has its genesis in a situation of violence that occurs in the context of an Educational Institution of Copacabana. Qualitative research is developed through systematization as a critical interpretation of the experiences lived by a group of tenth grade students. The results allow to conclude that the interdisciplinary relationships between Mathematics and Natural Sciences were achieved through the Interdisciplinary Cognitive Nodes

Key words

Interdisciplinarity, Systematization, Chair of Peace, Interdisciplinary Cognitive Nodes.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los procesos de enseñanza y de aprendizaje se encuentran factores determinantes en la construcción del conocimiento, uno de ellos es el poco interés de los estudiantes hacia la asignatura de las Matemáticas (González, 2005). A partir de la experiencia profesional de los autores de esta investigación, se considera que una de las posibles causas del poco interés es la ausencia de situaciones donde se haga explícita la aplicación de los contenidos matemáticos enseñados, como una forma de comprender el mundo y las problemáticas sociales y ambientales que nos afectan. Lo anterior se deriva de unas prácticas educativas que no se transforman con el paso del tiempo, en donde se favorece una enseñanza tradicional sobre procesos transversales o interdisciplinarios (Roehrig et al., 2012).

Las actuales corrientes educativas señalan que el alumnado no debe quedarse en características de la enseñanza tradicional como la repetición mecánica de algoritmos matemáticos, esto es insuficiente debido a que “las matemáticas son una actividad humana inserta en y condicionada por la cultura y por su historia, en la cual se utilizan distintos recursos lingüísticos y expresivos para plantear y solucionar problemas tanto internos como externos a las matemáticas mismas” (Ministerio de Educación Nacional -MEN-, 2006, p. 50).

Las problemáticas de la enseñanza tradicional han motivado la búsqueda de alternativas educativas, que favorezcan en los estudiantes de hoy en día, el concurrir a las aulas para adquirir habilidades necesarias al momento de afrontar los problemas de la sociedad como la violencia desmedida y las muertes que esta ocasiona. Además, el estudio de conceptos que permitan comprender, justificar, relacionar, explicar y defender razonadamente sus posturas, lo cual permite un aprendizaje profundo, contextualizado y con potencial para trascender las discusiones situadas en el aula.

Por lo tanto, y si bien los estudiantes poseen una enorme capacidad de asombro, derivada de su curiosidad, sus incesantes preguntas y el interés natural que manifiestan frente a todo lo que los rodea, estos elementos deberían ser reconocidos con un papel protagónico en los procesos educativos y como una oportunidad para dar explicaciones a problemas que los movilizan. En ese sentido, el contexto en donde ellos se desenvuelven se constituye como una oportunidad importante en todas las fases del aprendizaje y la enseñanza de las disciplinas, en donde los alumnos descubren o reinventan el conocimiento a partir de problemáticas que los afectan y movilizan (MEN, 1998, p. 24).

En esta línea, la Institución Educativa en la cual se desarrolló esta investigación fomenta la motivación y el espíritu investigativo innato de cada estudiante como eje fundante de la apuesta institucional. Estos aspectos son claves para fortalecer la enseñanza de las Matemáticas y las Ciencias Naturales como eje transversal en la formación y que se articulan con las demás áreas del currículo escolar, a partir de la observación y la interacción con el entorno, la recolección sistemática de información, trabajo colaborativo, la conceptualización, abstracción de situaciones cercanas a ellos por medio de modelos matemáticos explicativos y predictivos.

Desde hace tres décadas, la comunidad colombiana de educadores en Matemáticas y en Ciencias Naturales viene investigando, reflexionando y debatiendo sobre la enseñanza de estas disciplinas en el sistema escolar y cómo éstas pueden contribuir a las grandes metas y propósitos de la educación actual. En este sentido, y tal como se afirma en los Estándares Básicos (MEN, 2006), se debe responder a nuevas demandas globales y nacionales relacionadas con una educación para todos, en donde se favorezca la atención a la diversidad, interculturalidad y formación de ciudadanos(as) con las competencias necesarias para el ejercicio de sus derechos y deberes democráticos. Se puede afirmar entonces que las estas disciplinas son algo más que

auxiliares para las demás áreas del currículo escolar, puesto que en los detalles más simples de disciplinas como las Ciencias Naturales está de alguna manera involucrada las Matemáticas.

En consideración a lo anterior, y con relación a las prácticas educativas como docentes de Matemáticas, hemos identificado que en la Institución Educativa en donde se desarrolló esta investigación existe un deseo por articular los conocimientos de las diferentes áreas del sistema escolar por medio de proyectos transversales para toda la Institución y conectados con problemáticas de la localidad. Sin embargo, este deseo al ser una solicitud de la administración y no una iniciativa liderada por los docentes de la institución, no logra generar las condiciones óptimas para vincular a los profesores de las diferentes áreas.

Adicional a la poca vinculación lograda con los proyectos transversales se evidencia que el personal es renovado significativamente cada año y muchos de los procesos se fragmentan por la discontinuidad laboral y la ausencia de las sistematizaciones de experiencias que sirvan como fundamentación y orientación para nuevos proyectos. Al respecto, autores como Fulton y Britton (2011) afirman que el trabajo conjunto entre profesores y administrativos de la institución es fundamental para alcanzar propuestas en las cuales se vinculen las diferentes áreas del sistema educativo. Además, este trabajo conjunto se debe soportar en evidencia empírica registrada en el mismo contexto, para garantizar la progresión y permanencia de las actividades en el tiempo.

La situación descrita previamente ha motivado múltiples análisis desde la administración y el cuerpo de docentes de la Institución. Estos análisis reflejan la necesidad y pertinencia de explorar nuevas alternativas que fortalezcan las iniciativas de proyectos transversales en los cuales se procura una formación integral de los estudiantes y una vinculación con las problemáticas locales.

La formación integral de los estudiantes no se logra por medio de procesos centrados en un sistema educativo exclusivamente disciplinar, puesto que son necesarios varios componentes disciplinares y experiencias transversales que permitan una comprensión profunda de la realidad a partir de lo analizado en las clases regulares (Albert, 1997). En ese sentido, la transversalización trasciende una formación centrada en el conocimiento y en la memorización propias de la educación tradicional o disciplinar.

En contraste a la enseñanza disciplinar, Fiallo (2004) precisa que la interdisciplinariedad es una de las vías para incrementar la calidad de la educación y la formación integral de los estudiantes, considerándola como un principio, una disposición, una motivación, una actitud, una forma de pensar, de proceder y una filosofía de trabajo para conocer la complejidad de la realidad y resolver los problemas que de ella emanan. De lo anterior, podemos mencionar que la interdisciplinariedad implica el reto de construir una serie de estrategias que evidencien la relación entre varias disciplinas, lo que se visibiliza en un intercambio de interpretaciones y métodos de trabajo (Torres, 2000).

En coherencia, González y Rueda (1998) consideran como característica fundamental del trabajo interdisciplinario el surgimiento de una armonía discursiva que permite una relación dialógica, así: “una propuesta interdisciplinaria convoca diversas disciplinas alrededor de un objeto en una relación simétrica, dinámica, interactiva propiciando un diálogo que permita la construcción de la unidad a partir de la pluralidad de las voces provenientes de los diversos campos disciplinares” (p.16). Por ejemplo, al abordar el área de Ciencias Naturales, y más precisamente al abordar cuestiones vinculadas a fenómenos de la vida cotidiana, no solo se hacen presentes los saberes y metodologías de las ciencias que la conforman. También, emergen de

forma natural e implícita saberes y metodologías propios del quehacer matemático que amplían la comprensión del fenómeno estudiado.

El quehacer matemático no solo favorece una interpretación más profunda de los fenómenos, sino que muestra la importancia de sus estructuras conceptuales para la modelización de situaciones y la validación de las leyes. Todo ello sin dejar de lado las limitaciones que pueda presentar este conocimiento, con relación a la complejidad de los fenómenos a estudiar. Citando a García (1997), la Matemática debe ser vista como una parte esencial de la cultura y contribuye al logro de fines globales —no sólo instrumentales—, permitiendo que el ciudadano tenga sentido de la vida y del mundo, y dotándolo de medios que le brinden una mejor comprensión de la experiencia humana.

En nuestra experiencia como docentes hemos evidenciado los buenos resultados de propuestas interdisciplinarias en los aprendizajes de los estudiantes, que surgen de unas estrategias metodológicas integrativas y que parten de un contexto real que evidencien la aplicabilidad de los contenidos que se imparten en la escuela y que son un referente para su futura vida profesional. Por ello, en la presente investigación se apuesta por la interdisciplinariedad en dos programas académicos tradicionales en el currículo escolar, a partir de interacciones directas entre profesores de ambas áreas del conocimiento y a través de una iniciativa que involucre las problemáticas contextuales de la Institución. En específico, una integración entre las Matemáticas y las Ciencias Naturales encaminada a favorecer el aprendizaje de los estudiantes, sus ritmos de aprendizaje y el desarrollo de competencias fundamentales como la comunicación, resolución de problemas y reflexión crítica.

En síntesis, el análisis realizado por los docentes y administrativos de llevar a cabo proyectos transversales y el deseo de desarrollar una propuesta interdisciplinar entre las

Matemáticas y las Ciencias Naturales, permiten identificar la pertinencia de generar iniciativas que involucren el diálogo de saberes en la construcción de una propuesta para la enseñanza de ambas disciplinas. Además, que permita replantear una integración interdisciplinar que favorezca establecer significados de los conceptos en problemáticas del contexto de los estudiantes; de igual forma, que fomente una formación de ciudadanía en coherencia con las problemáticas sociales y ambientales que los afectan.

1.1 Pregunta de investigación

¿Cuáles son los aportes de un proyecto transversal para el grado décimo que fomenta la interdisciplinariedad entre las Matemáticas y las Ciencias Naturales a través de las problemáticas contextuales?

1.2 Objetivo general

Identificar los aportes de un proyecto transversal implementado en el grado décimo para fomentar la interdisciplinariedad entre las Matemáticas y las Ciencias Naturales, a través de las problemáticas contextuales del municipio de Copacabana.

1.3 Objetivos específicos

1.3.1 Delimitar la problemática contextual del municipio de Copacabana que contribuye en el aprendizaje de los estudiantes y fungen como contexto para el diseño e implementación del proyecto transversal.

1.3.2 Caracterizar los Nodos Cognitivos Interdisciplinarios implícitos en el proyecto transversal que favorecieron la interdisciplinariedad entre las Matemáticas y las Ciencias Naturales a través de la problemática contextual delimitada.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

A partir de una minuciosa consulta bibliográfica con relación a investigaciones y estudios realizados en torno a la temática abordada en esta investigación, los hallazgos han sido enmarcados desde diferentes perspectivas y enfoques. Algunos de ellos se refieren a la aproximación histórica que se ha dado a lo largo de la historia respecto a la integración de disciplinas y su integración en los procesos educativos. En este sentido, es importante enunciar los siguientes aportes:

2.1.1 Aproximación histórica a la integración de disciplinas

Los estudios sobre la interdisciplinariedad adquirieron auge durante los últimos 30 años (Pérez y Setién, 2008), no obstante, hay autores que consideran que existen aproximaciones a conocimientos de manera integrada desde la antigüedad, que posibilitan una reconstrucción histórica de la consolidación y contribución de las diferentes disciplinas a nivel académico. La reconstrucción histórica se sitúa a partir de la sociedad esclavista de la edad antigua en donde surge la filosofía como ciencia, que llevaba en sí todos los conocimientos que el hombre poseía acerca del mundo. Esta concepción de la filosofía se extendió también por buena parte del feudalismo, período en el que la fuerza de la religión católica y la escolástica, frenaban el desarrollo científico porque ponía en peligro sus postulados (Gutiérrez, 2004).

En el siglo XV se inicia el Renacimiento, comienza un proceso hacia el interior de las ciencias que fue necesario para profundizar en los objetos de cada una. A partir de este momento aparece el fraccionamiento del conocimiento, la especialización, los enfoques que responden a una sola disciplina científica sin establecer nexos entre ellas. El desarrollo de la sociedad

continuó en ascenso y aparecieron nuevos descubrimientos científicos y técnicos, a finales del siglo XIX y principios del XX el progreso estuvo indisolublemente ligado al surgimiento y desarrollo de la gran producción mecanizada basada en el empleo de dichos adelantos.

Posteriormente, en aras de contribuir al desarrollo científico surgió la interdisciplinariedad como aspecto esencial en el desarrollo del conocimiento, puesto que los compartimentos estancados de los especialistas en las disciplinas resultaban insuficientes para solucionar problemas complejos impuestos por la época que se vive. Lo anterior, posibilita el surgimiento de nuevas ciencias con un nuevo objeto de estudio (Engels, 1975), como la bioquímica, la sociolingüística, entre otras.

En la actualidad la naturaleza cambiante del conocimiento y la complejidad que tienen los problemas para ser resueltos, hacen que la aproximación disciplinar (monodisciplinariedad) con el que se había estado haciendo análisis de los problemas, deba ser cambiado y aparezcan nuevos conceptos como los de multidisciplinariedad, interdisciplinariedad y transdisciplinariedad. A continuación, se amplían estos conceptos y se discute su integración en el currículo escolar.

2.1.2 Monodisciplinariedad, multidisciplinariedad, interdisciplinariedad y transdisciplinariedad, y su integración en los procesos educativos

Las múltiples problemáticas del siglo XXI tienen en común la complejidad y que ninguna de ellas puede abordarse desde el ámbito individual de las disciplinas, sino que se son desafíos transdisciplinarios (Max-Neef, 2005). Al respecto, autores como Zárate (2007) sitúan la interdisciplinariedad dentro de un conjunto de términos: multidisciplinariedad, interdisciplinariedad y transdisciplinariedad (Tabla 1). Con base en ello, es importante reconocer una denominación monodisciplinariedad que antecede la multidisciplinariedad, se caracteriza porque

predomina una disciplina y la integración con las demás aparece como un pretexto o contexto para aprender de la disciplina predominante (Carmona-Mesa, Arias-Suárez y Villa-Ochoa, 2019).

Complementario a lo anterior, autores como Thompson (2010) informan que la multidisciplinariedad se define como una yuxtaposición de disciplinas que aparecen separadas, los conceptos conservan su identidad original y la estructura del conocimiento no es amplia; aspecto que de fondo mantiene la visión de educación tradicional. Por otra parte, Carmona-Mesa et al. (2019) presentan como idealista la aproximación transdisciplinar en los procesos educativos, en cuanto fomenta nuevos marcos metodológicos y teóricos; es decir, es un objetivo de corte teórico y no práctico. Por lo tanto, en la presente investigación se toma como principal referente la interdisciplinariedad.

Tabla 1. Comparación entre multidisciplinario, interdisciplinario y transdisciplinario

Categoría	Conceptualización
Monodisciplinario	Conceptualización a través de una disciplina o área del conocimiento de manera aislada. El problema es abordado desde una única disciplina donde la exploración se realiza en un conjunto homogéneo de conocimiento.
Multidisciplinario	Se puede definir como un enfoque que yuxtapone las disciplinas. La yuxtaposición fomenta un conocimiento, información y métodos más amplios. Sin embargo, las disciplinas permanecen separadas, los elementos disciplinarios conservan su identidad original y no se cuestiona la estructura de conocimiento existente.

Interdisciplinario

Sus fundamentos están relacionados con la interacción, integración y colaboración entre disciplinas. Además, posibilita conexión, conectividad, complejidad, crítica y resolución de problemas con relación a varias disciplinas que se entrelazan con un objetivo en común. Mantiene un diálogo disciplinar continuo.

Transdisciplinario

Se puede entender como un sistema común de axiomas que extiende el estrecho alcance de las cosmovisiones disciplinarias a través de una síntesis global, es decir, el desarrollo epistemológico es trascendente y fundamentado de tal manera que se construye una nueva teoría general que abarque varias disciplinas que se interesan por el mismo problema.

Con la interdisciplinariedad se trata de crear un ambiente de estudio de significados y situaciones valiosas para el alumno. Además, tiene que partir de las áreas de conocimiento real y presentes; dar solución a situaciones de conflicto, considerar también el espacio, tiempo, recursos y organización escolar; y preservar el espacio y el papel de los educadores.

Según Rudá (2000) “el proyecto interdisciplinar debe ser producto de una profunda interacción entre alumnos, profesores y su comunidad (...), un producto que nace de la experiencia concreta y de una gran dosis de generosidad entre los educadores de las diversas disciplinas” (p.7). Por lo tanto, la interdisciplinariedad contribuye a generar pensamiento flexible, desarrolla y mejora habilidades de aprendizaje, facilita el entendimiento, incrementa la habilidad de acceder al conocimiento adquirido y mejora habilidades para integrar contextos disímiles. Así mismo, contribuye a afianzar valores en profesores y estudiantes, tales como:

flexibilidad, confianza, paciencia, intuición, pensamiento divergente, sensibilidad hacia los demás y a aprender a moverse en la diversidad.

La interdisciplinariedad ha sido ubicada históricamente por diferentes autores. Por ejemplo, Thompson (2010) informa que su génesis se encuentra a finales del XIX y Santomé (2015) resalta que va en aumento desde los años setenta; estos periodos marcaron el momento histórico del cambio en la estructura del pensamiento, tanto de los científicos como de los pedagogos. Al respecto, Arias (2012) expresa que tratándose de una “interacción y cruzamiento de disciplinas, un trabajo de naturaleza interdisciplinar exige que cada uno de los que intervienen en esta labor común tenga competencia en su respectiva disciplina y un cierto conocimiento de los contenidos y métodos de las otras” (p.5). La interdisciplinariedad, por tanto, es complejidad de los saberes y su articulación; de igual forma:

La interdisciplinariedad es un proceso que refiere la conexión de todo lo existente, [...], la interdisciplinariedad es la concatenación de los procesos y fenómenos, lo diverso pero único [...]. En lo académico es un proceso basado en la correlación entre diversas disciplinas que mantienen su independencia, pero se vinculan en las proyecciones para el logro de objetivos docentes y educativos priorizados (Llano, Gutiérrez, Stable, Núñez, Masó y Rojas, 2016, p. 322).

Por su parte, Fiallo (2001) concibe la interdisciplinariedad como un proceso y una filosofía de trabajo, una forma de pensar y proceder para conocer la complejidad de la realidad objetiva y resolver cualquiera de los complicados problemas que esta plantea. Al respecto, Carmona-Mesa et al. (2019) y Rúa (2000) consideran que es cualquier relación entre dos o más disciplinas, que puede tener varios niveles de interacción, el intercambio recíproco y la comunicación amplia entre los campos del saber que la componen.

Por lo tanto, la interdisciplinariedad constituye una necesidad en el mundo actual dado el carácter complejo de la realidad que implica un abordaje multidimensional, no alcanzable desde disciplinas aisladas y con fragmentación del conocimiento. Para lograr la interdisciplinariedad desde el currículo es vital partir del trabajo conjunto de los docentes (en el caso de esta investigación de Matemáticas y Ciencias Naturales).

Por tanto, se evidencia cómo las estrategias curriculares constituyen un factor importante en el proceso de enseñanza y aprendizaje. Se asume la necesidad que para lograr objetivos amplios se necesita la integración de las disciplinas o asignaturas, donde se establezcan interrelaciones entre los contenidos, los métodos y otros componentes didácticos. Para su cumplimiento, se deben trazar acciones concretas y escalonadas en cada uno de los años y preferiblemente desde todas las asignaturas del plan de estudio, por lo que constituyen una forma de ver el currículo desde los diferentes componentes, dándose así la interdisciplinariedad.

A juicio de Llano (2009) es fundamental dentro de las vías para el establecimiento de la interdisciplinariedad, la determinación de nodos cognitivos interdisciplinarios (NCI). Este planteamiento coincide con el criterio de Caballero (2008) cuando expresa que los NCI se producen al analizar los sistemas de saberes de las diferentes disciplinas y obtener puntos de contacto, a partir de la lógica interna de cada una de ellas, con lo que se forma una relación dialéctica capaz de generar conocimientos que van más allá de una disciplina aislada.

Llano (2009) considera que para poder determinar los NCI se deben tener presentes dos requerimientos básicos: precisión de los elementos del conocimiento de las disciplinas con las cuales se va a establecer la interdisciplinariedad y análisis del contenido objeto de estudio en un momento dado, para que, en función de ellos, se articule un nodo interdisciplinario con otro.

Considera que los NCI se pueden establecer entre todos los componentes didácticos: objetivos, contenidos, métodos, formas organizativas, medios de enseñanza y evaluación.

Por otra parte, Fiallo (2001) plantea que la interdisciplinariedad ofrece ventajas para el proceso de enseñanza y aprendizaje, entre las que se encuentran las siguientes:

- Flexibiliza las fronteras entre las disciplinas y contribuye a debilitar los compartimentos y estancos en los conocimientos de los educandos, mostrando la complejidad de los fenómenos de la naturaleza y la sociedad, tal como se presentan en la realidad.
- Incrementa la motivación de los estudiantes al poder aplicar conocimientos recibidos de diferentes asignaturas.
- Ahorra tiempo y se evitan repeticiones innecesarias.
- Permite desarrollar las habilidades y valores al aplicarlos simultáneamente en las diferentes disciplinas que se imparten.
- Brinda la posibilidad de incrementar el fondo bibliográfico y los medios de enseñanza, así como perfeccionar los métodos de enseñanza y las formas organizativas de la docencia.
- Propicia el trabajo metodológico a nivel de colectivo de año.
- Incrementa la preparación de los profesionales al adecuar su trabajo individual al trabajo cooperado.
- Estimula la creatividad de profesores y alumnos al enfrentarse a nuevas vías para impartir y apropiarse de los contenidos.

-Posibilita la valoración de nuevos problemas que un análisis de corte disciplinar no permite.

A pesar del potencial y ventajas presentadas previamente, también se presentan obstáculos que frenan el trabajo interdisciplinario. La formación de los docentes es uno de ellos ya que generalmente es disciplinar, por lo que deben romper un paradigma formativo al enfrentarse a una nueva forma de estructuración de su actividad e interactuar con otros saberes en los cuales no son especialistas (Carmona-Mesa et al., 2019). Por lo anterior, consideran su disciplina la más importante dentro del plan de estudio y, sumado a la falta de experiencia en el trabajo interdisciplinar, el proceso educativo es coartado.

Estudios actuales refuerzan la idea del auge que van teniendo los abordajes interdisciplinarios en el proceso de enseñanza aprendizaje y, a pesar de que existen dificultades en su puesta en práctica, se van obteniendo resultados que favorecen la formación profesional. Según Torres (2015), cuanto mayor bagaje cultural procedente de otras disciplinas podamos poner en interacción, más amplitud alcanzaremos en las miradas; lo anterior ratifica la idea martiana de diseñar un buen plan de estudio en el que los datos más diversos se asemejen y agrupen, para abordar de manera coherente las mismas ideas.

2.1.3 El contexto como una oportunidad para favorecer la interdisciplinariedad en el aula

En el desarrollo de la investigación emerge un aspecto que toma importancia en relación con los procesos educativos de enseñanza y aprendizaje y su correlación con el desarrollo interdisciplinar, el contexto. El contexto refiere a los ambientes que rodean al estudiante y que les dan sentido a los conceptos que aprende y permiten aplicar, reflexionar, analizar y solucionar problemas de índole social y corte interdisciplinar.

En las últimas décadas, el enfoque sociocultural del contexto ha aportado significativamente a la comprensión de las dinámicas escolares y la investigación en educación. Trabajos de autores como Bishop (1999) evidencian algunas implicaciones de la enseñanza de la matemática desde ésta perspectiva: la concepción de las matemáticas como un elemento que es construido socialmente, la importancia del contexto sociocultural para el aprendizaje de las matemáticas y la existencia de diferentes manifestaciones del pensamiento matemático en diversos contextos.

Al respecto, Bedmar (2009) puntualiza varios aspectos en cuanto al contexto que son de importancia en nuestra investigación. Por un lado, lo inseparable de las contribuciones activas de los individuos, sus compañeros, las tradiciones sociales y los materiales que se manejan; desde este punto de vista, podemos entender los contextos como algo no terminado sino en continua construcción con los participantes. Por otra parte, se hace necesario identificar el contexto social en que vive, aprende y se desarrolla como persona; es decir, el entorno que está constituido por personas (las familias, los vecinos, el mismo alumnado) con conocimientos, valores, vivencias, entre otros, que no son sólo "habitantes" sino elementos activos y con valor propio. Por último, se busca una relación entre lo que se aprende fuera y dentro de la escuela (intentando que haya un acuerdo bidireccional entre familia y escuela, aprovechando los aprendizajes informales, compensando las deficiencias).

Por tanto, el contexto en clave del aprendizaje de las matemáticas y es el lugar que trasciende a lo físico, adquiere una comprensión sociocultural desde donde se construye sentido y significado para las actividades y los contenidos matemáticos (Bedmar, 2009). Esta acepción de contexto se divide en dos: en primer lugar, un contexto escolar entendido como una micro cultura al interior de cada institución y, la segunda, las vivencias o experiencias extraescolares.

Por ello, en el contexto es donde se establecen conexiones con la vida cotidiana de los estudiantes y sus familias, con las demás actividades de la institución educativa. Además, es posible incluir en esta caracterización el contexto derivado del ejercicio científico (aplicación y articulación con las demás ciencias o disciplinas) y con otros ámbitos de las matemáticas mismas.

En la investigación, para aprovechar el contexto como un recurso en el proceso de enseñanza se consideró necesaria la intervención continua del maestro para modificar y enriquecerlo con la intención de que los estudiantes aprendan. Estas intervenciones generan preguntas y situaciones interesantes que por estar relacionadas con su entorno son relevantes para el estudiante y le dan sentido a las Matemáticas y las Ciencias Naturales. Por lo tanto, pertenece de manera implícita a la naturaleza de la investigación demarcada no solo un contexto sino también aspectos o escenarios de articulación y dinanismos entre disciplinas que conjugan espacios interdisciplinarios que pueden ser leídos en clave de contexto (Carmona-Mesa et al., 2019).

El concepto de contexto, tal como se describe en los Lineamientos Curriculares (MEN, 1998), refiere a tres tipos de contextos: al contexto más amplio (al entorno sociocultural, al ambiente local, regional, nacional e internacional), al contexto intermedio de la institución escolar (en donde se viven distintas situaciones y se estudian distintas áreas) y al contexto inmediato de aprendizaje preparado por el docente en el espacio del aula (creación de situaciones referidas a las matemáticas, a otras áreas, a la vida escolar y al mismo entorno sociocultural). En la Figura 1 es ampliada la relación de los tres tipos de contexto convergiendo en zonas significativas que buscan posibilitar escenarios de aprendizajes y las competencias desarrolladas allí, además los significados con potencial de ser configurados en la intersección de los diversos

tipos de contextos en donde el estudiante se posiciona y da significado a los conceptos trabajados al interior del aula de clase.

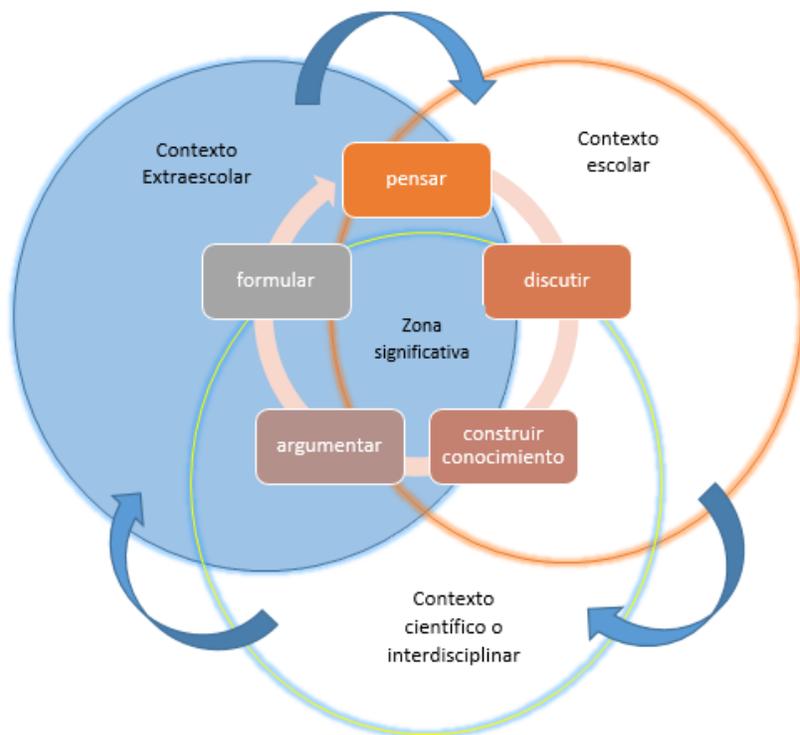


Figura 1. Contextos y significados.
Fuente: Investigadores

En coherencia con lo planteado previamente, en el presente trabajo se reconocen al menos tres tipos o niveles de contexto: el primer tipo, el contexto inmediato o contexto de aula creado por la disposición de las paredes, ventanas, muebles y materiales, por las normas explícitas o implícitas con las que se trabaja en clase y por la situación problema preparada por el docente. El segundo tipo, el contexto escolar o contexto institucional configurado por los escenarios de las distintas actividades diarias, la arquitectura escolar, las tradiciones y los saberes de los estudiantes, docentes, empleados administrativos y directivos, así como por el PEI, las normas de convivencia, el currículo explícito de las distintas áreas curriculares y el llamado “currículo oculto” de la institución. Por último, el tercer tipo, el contexto extraescolar o contexto

sociocultural conformado por todo lo que pasa fuera de la institución en el ambiente de la comunidad local, de la región, el país y el mundo.

El concepto de contexto denominado en clave de lo científico y sociocultural, cobra sentido en los procesos de enseñanza cuando se genera una conexión dinámica entre disciplinas (Lerman, 2006), emergiendo así propuestas metodológicas en el orden de lo interdisciplinar en ambientes escolares. Además, para *delimitar la problemática contextual del municipio de Copacabana que contribuye en el aprendizaje de los estudiantes y fungen como contexto para el diseño e implementación del proyecto transversal*, fue relevante el diálogo con la comunidad académica y revisar la prensa local.

En particular, se identificó una notable preocupación por el repentino aumento de cadáveres encontrados en la proximidad de la Institución Educativa en donde se desarrolló la investigación. Este hecho se deriva de la situación de violencia que se vive en el municipio de Bello (con el cual limita Copacabana), en donde las personas asesinadas en el primer semestre del 2019 (78 homicidios) ya equivalía al total de las registradas en el 2018 (<https://telemedellin.tv/bello-cifra-de-homicidios-de-2018/336890/>); estas cifras estaban generando señales de alerta en la población de Copacabana pues un número significativo de los cuerpos eran dejados en la frontera entre ambos municipios (ver p. ej. <https://www.lafm.com.co/colombia/alcaldesa-adriana-salas-reconoce-que-violencia-en-bello-esta-desbordada>).

La problemática social identificada en el contexto particular en donde se desarrolló esta investigación (Copacabana), afectado por una oleada de violencia en un municipio próximo que derivó en la aparición de personas asesinadas, presentan particularidades importantes por destacar. Al respecto, adicional al hecho del aumento de cuerpos dejados en la zona fronteriza

estos estaban desmembrados (ver p. ej. <https:// analisisurbano.org/decapitados-y-desmembrados-hallaron-los-cadaveres-de-dos-hombres-en-copacabana-antioquia/35379/>) y generaba un estado de zozobra e incertidumbre en cuanto a las limitaciones para su identificación.

De acuerdo con Carmona-Mesa, Cardona y Castrillón-Yepes (2020) el contexto es una de las perspectivas que permite la interdisciplinariedad, pero para lograrla se requiere identificar la disciplina que favorece conexiones significativas con las disciplinas de interés. Es decir, para que el presente estudio logre integrar las Matemáticas y las Ciencias a través de la problemática de violencia del contexto, era fundamental determinar la disciplina que tiene por objeto de estudio el identificar la identidad de cuerpos asesinados y que favorece las conexiones deseadas. Por lo tanto, se asumen las Ciencias Forenses como una oportunidad para contribuir en el aprendizaje de los estudiantes y como contexto para el diseño e implementación del proyecto transversal; decisión con la cual se espero configurar dinámicas que fermentan a los estudiantes como ciudadanos competentes, críticos y reflexivos con las problemáticas de su entorno.

2.1.4 Ciencias Forenses como una oportunidad para favorecer la interdisciplinariedad en el aula a través del contexto sociocultural

Diversas disciplinas se entrelazan para configurar un cuerpo de conocimiento al que llamamos medicina legal, con esto se pretende organizar y mostrar que debemos dar forma a una cantidad de conceptos que provienen de diferentes campos del saber para configurarlos y producir una ciencia, que denominaremos Ciencia Forense (Figura 2). Sin embargo, es de interés para la investigación argumentar bajo criterios claros porqué la medicina forense es ciencia y de esta manera, especificar sus posibilidades didácticas y metodológicas; además de los conceptos que posibiliten inscribir la criminalística en el marco escolar, para generar espacios de

interdisciplinaridad y alcanzar las competencias propuestas por el MEN y coherentes con problemáticas locales.

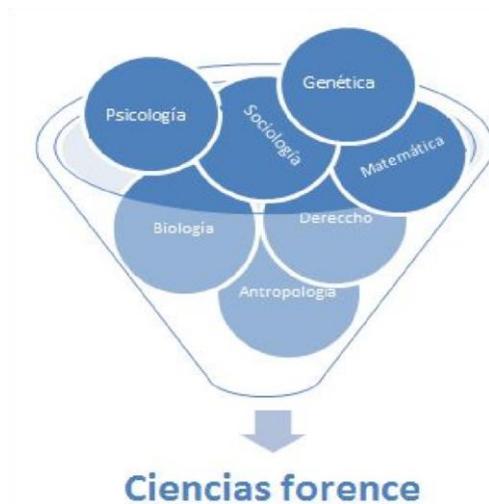


Figura 2. Disciplinas que componen las Ciencias Forenses.
Fuente: Investigadores

En coherencia con lo anterior, Romo (2000) reflexiona sobre el concepto de ciencia y, argumenta que, para el filósofo alemán Kant, “ciencia es toda doctrina que sea un sistema de conocimientos ordenados según sus principios” (p. 17) y contrasta con las opiniones que entienden como ciencia “el esfuerzo para conocer las cosas por sus causas y principios”. Al respecto, argumentos contemporáneos sostienen que la ciencia se encuentra en continua revisión por el quehacer dinámico que su naturaleza genera e impulsa. Por lo anterior, podríamos decir que el conocimiento, para tener calidad de ciencias, requiere de un conocimiento específico y una esquematización orgánica de conceptos y metodología propia.

En el campo teórico relacionado con lo forense se estructura como el conjunto sistematizado de conocimientos, derivados de disciplinas tales como: Psiquiatría, Estomatología, Antropología, Entomología, Toxicología, Psicología y Química Forenses; Medicina Legal; Criminología; Criminalística y Derecho, entre otras, que se conectan para dar forma de ciencia.

De esta manera podemos argumentar que las prácticas y reflexiones articuladas de este cuerpo de saberes se denominarán ciencia.

En la esta investigación se pretende articular de manera interdisciplinar las Matemáticas y las Ciencias Naturales a través de las Ciencias Forenses, de tal manera que esta interdisciplinariedad posibilite el desarrollo de competencias matemáticas basadas en los procesos generales propuestos en los Lineamientos Curriculares (MEN, 1998), tales como: el razonamiento; la resolución y planteamiento de problemas; la comunicación; la modelación y la elaboración, comparación y procedimientos. De igual forma, competencias científicas como: identificar, indagar, explicar y trabajar en equipo en relación con al contexto físico y natural que nos rodea, de este modo generar disposición para aceptar la naturaleza abierta, parcial y cambiante del conocimiento y para reconocer la dimensión social del conocimiento y asumirla responsablemente (MEN, 1998).

En coherencia con lo anterior, al sustentar el cuerpo teórico en relación con lo forense como una ciencia, la interdisciplinariedad entre las Matemáticas y las Ciencias Naturales se realiza de forma más clara y orientada a procesos educativos a nivel escolar basados en los documentos rectores que guían la educación colombiana. Además, de evidenciar la pertinencia para responder a la problemática de violencia del contexto en particular, que requiere de disciplinas como la biología, la estadística, entre otras.

En la articulación de las Ciencias Forenses con las Matemáticas y las Ciencias Naturales, es importante establecer relación no solo entre estas sino también con lo que en la actualidad se propone con la Cátedra de la Paz (Ley 1732 del 2014 implementada mediante el decreto 1038 de 2015), como una asignatura obligatoria dentro de los planes de estudio de las instituciones educativas del país (MEN, 2015). La Cátedra de la Paz es una iniciativa que surge a partir de la

preocupación del Estado colombiano para impulsar una construcción de paz desde las instituciones educativas. El decreto plantea que la Educación para la Paz se entiende como la apropiación de conocimientos y competencias ciudadanas para la convivencia pacífica, la participación democrática, la construcción de equidad, el respeto por la pluralidad, los Derechos Humanos y Derecho Internacional Humanitario (Decreto 1038 de 2015).

Por lo tanto, se espera que las Instituciones Educativas en Colombia se apropien de la imperiosa necesidad de la construcción de una paz estable y duradera, ya que, en las escuelas, confluyen historias y muchas vivencias dolorosas de la guerra y los conflictos propios de la sociedad colombiana. Lo anterior, se relaciona con la idea de combatir la exclusión, segregación y desigualdad desde las instituciones educativas, para generar climas educativos inclusivos y armoniosos a través de la práctica de valores.

No debería ser ajeno a la labor docente incentivar y promover prácticas en los estudiantes que contribuyan a la reparación y reconocimiento de víctimas, por ende se aprueba la ley 1732 de 2014 que consagra la creación de la Cátedra de la Paz, una asignatura que deberán implementar todas las instituciones educativas en los niveles de preescolar, básica, media y superior, y que tiene como objetivo principal "crear y consolidar un espacio para el aprendizaje, la reflexión y el diálogo sobre la cultura de la paz y el desarrollo sostenible" (p.1).

La escuela se ubica para atender las demandas sociales y al servicio de las políticas públicas, como un espacio que debería contribuir para pensar los problemas que se tejen en la sociedad. De hecho, la escuela, a lo largo de la Modernidad, "se ha establecido como una gran maquinaria social y cultural, o sea, como un gran conjunto de "máquinas" que, operando articuladamente entre sí, y desempeñaron un papel crucial para la formación política, cultural y económica de la sociedad occidental" (Veiga-Neto, 2008, p. 39-40).

En suma, el considerar como transversal las Ciencias Forenses en la integración de las Matemáticas y las Ciencias Naturales, además de favorecer la interdisciplinar y atender una problemática del contexto, es una propuesta que reconoce y aporta a iniciativas nacionales como la Cátedra de la Paz. Por lo tanto, se evidencia la pertinencia de su elección como referente teórico en la presente investigación. A continuación, se ampliarán ideas en relación a los argumentos metodológicos para la implementación y el análisis de la propuesta de investigación.

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1 Propuesta metodológica

La presente investigación tiene por objetivo *identificar los aportes de un proyecto transversal implementado en el grado décimo para fomentar la interdisciplinariedad entre las Matemáticas y las Ciencias Naturales, a través de las problemáticas contextuales del municipio de Copacabana*. Por lo tanto, se eligió realizar una investigación tipo interpretativo, que busca ver de forma cualitativa la respuesta de un grupo de estudiantes de una Institución Educativa de Copacabana, en la cual se implementa una guía didáctica que hace referencia a la interdisciplinariedad entre las Matemáticas y las Ciencias Naturales a través de las Ciencias Forenses. La elección de las Ciencias Forenses como contexto para generar las conexiones interdisciplinarias deseadas, se deriva del *delimitar la problemática del municipio con potencial para fungir como contexto para el diseño e implementación del proyecto transversal* (apartados 2.1.3 y 2.1.4).

La investigación cualitativa es definida como el estudio de los sujetos a partir de lo que dicen y hacen en el escenario social y cultural, en este caso en una Institución Educativa de Copacabana. Las características básicas de los estudios cualitativos se pueden resumir en que son investigaciones centradas en los sujetos, que adoptan la perspectiva del interior del fenómeno a estudiar de manera integral o completa (Sampieri, Fernández y Baptista, 2014).

El proceso de indagación es inductivo y el investigador interactúa con los sujetos y con los datos registrados de sus actuaciones e interacciones, en la búsqueda de respuestas a las preguntas que se centran en la experiencia social, cómo se crea y cómo da significado a la vida humana (Sampieri, Fernández y Baptista, 2014). Al respecto, Taylor y Bogdan (1984) informan

que el investigador cualitativo pretende comprender lo que se dice, es por esto que es fundamental para la investigación saber qué sienten y desean los estudiantes para su formación y las contribuciones del proyecto transversal en ello, a partir del contexto en el que se desenvuelven y sus experiencias.

Dentro de la investigación consideramos importante implementar dicho enfoque en aras de abrir posibilidades investigativas en relación con las prácticas educativas, los procesos interdisciplinarios y su influencia en los ambientes de aprendizaje en los estudiantes del grado décimo, ya que la interacción en todo proyecto se da en situaciones donde cada actor lee la experiencia desde su propia lógica y en el conjunto social y cultural al cual pertenece; permeados por un marco práctico, teórico y contextual. Por lo tanto, al observar los aportes del proyecto transversal para favorecer la interdisciplinariedad entre las áreas, se identificó la pertinencia de diseñar una propuesta metodológica que permita analizar cómo por medio de las Ciencias Forenses se puede dar la interdisciplinariedad entre las Matemáticas y las Ciencias Naturales.

En la presente investigación, el registro y análisis de información se desarrolló a partir de “la sistematización como recuperación de saberes de la experiencia vivida” (Mejía, 2008, p. 15), además se hace énfasis en la evaluación de proyectos transversales a las áreas de Matemáticas y Ciencias Naturales. La sistematización de experiencias es una técnica que recupera los saberes de la práctica, por lo tanto, supone una unidad entre el conocimiento y la acción, un diálogo de saberes donde es importante tanto el producto final como el proceso. Una sistematización de experiencias vividas es más que un informe descriptivo de una experiencia, es un análisis minucioso de la interpretación crítica de la realidad y la posibilidad identificar lugares y formas de comprender los procesos y transformaciones educativas (Carmona-Mesa, Salazar y Villa-Ochoa, 2018).

Es un proceso que busca articular la práctica con la teoría y aporta conocimiento para mejorar la intervención interdisciplinar en los procesos educativos escolares. La sistematización busca sacar a la luz los conocimientos que están en la práctica e implica un proceso permanente y acumulativo de creación de conocimientos, de forma participativa y por medio de las experiencias de intervención (Mejía, 2008). Asimismo, permite entender una práctica y a partir de ella, elaborar nuevos conocimientos que permitan no sólo comprender, sino contribuir a convertir este nuevo conocimiento en una herramienta útil para transformar los ámbitos de intervención y la realidad.

Al respecto, Jara (1994) define la sistematización como una interpretación crítica de una o varias experiencias, que, a partir de su ordenamiento y reconstrucción, describe o explicita la lógica del proceso vivido, los aspectos que han intervenido en dicho proceso, cómo se han relacionado entre sí, y por qué lo han hecho de ese modo. Este autor agrega que la esencia de la sistematización es la interpretación crítica para poder extraer aprendizajes que tengan una utilidad para el futuro. En específico, la sistematización permite reconstruir y explicitar la experiencia vivida en el proyecto transversal, de tal forma que posibilita una interpretación de sus aportes al proceso educativo interdisciplinar deseado.

Para el diseño y desarrollo del proyecto transversal en la presente investigación se tiene en cuenta la situación de violencia que en ese momento se vivía en el municipio de Bello, que por su cercanía con la Institución Educativa inquietaba y era de gran interés para toda la comunidad de Copacabana (contexto sociocultural), generaba muchos interrogantes frente a varias situaciones de violencia que afectaba a los jóvenes de la comunidad y generaba un desplazamiento urbano hacia Copacabana. En pro de ello, se diseñó el proyecto transversal para

posibilitar la interdisciplinaridad entre las Matemáticas y las Ciencias Naturales a través de las Ciencias Forenses.

El proyecto transversal articuló en su diseño y desarrollo, la configuración de dinámicas que forme en los estudiantes una proyección de ciudadanos competentes, críticos y reflexivos con las problemáticas de su contexto sociocultural. Además, que permita comprender muchos de los fenómenos de violencia próximos a su comunidad y que además contribuya con la formación de ciudadanos que tienen en cuenta los procesos del pos-conflicto que afronta nuestro país.

3.2 Registro de información y participantes

De acuerdo con Mejía (2008), los procesos de sistematización incorporan diversos instrumentos y técnicas que permiten estructurar la información, la forma de recolección y análisis. Por tanto, los estudios empíricos son informes de investigación originales e incluyen análisis secundarios que discuten los objetivos del estudio y presentan análisis de datos que no se consideraron o abordaron en informes anteriores. En ese sentido, los instrumentos seleccionados en esta investigación para el registro e informes son:

- **Guía de observación:** La guía de observación constó de un instrumento que se desarrolló para analizar las interacciones disciplinares de la clase y se implementó al inicio de la investigación (ver anexo 1).
- **Guías didácticas:** Se diseñó una guía de intervención pedagógica, asumida como un instrumento de trabajo que posibilita la interdisciplinaridad entre las Matemáticas y las Ciencias Naturales a través de las Ciencias Forenses (ver anexo 2). En específico, las producciones manuscritas de los estudiantes en estas guías son los registros utilizados para los análisis.

- Entrevistas: Se desarrolló un conjunto de preguntas con el propósito de identificar las percepciones de los estudiantes en relación al aporte del proyecto transversal (ver anexo 5).

El proceso analítico e interpretativo de los aportes del proyecto transversal se desarrolló en dos etapas y a un conjunto específico de estudiantes. En la primera, se hizo observación directa, en las clases de Matemáticas y Ciencias Naturales, con el fin de establecer los procesos de interdisciplinariedad y se complementó con un registro de diario de campo del docente. En la segunda, se organizaron los registros realizados a través de manuscritos de los estudiantes en las guías didácticas desarrolladas y ampliadas en las encuestas aplicadas a un conjunto de estudiantes. Por último, si bien esta investigación se llevó a cabo con 25 estudiantes matriculados al grado décimo de una Institución Educativa privada de Copacabana, solo fueron seleccionados para los análisis los tres que se caracterizan a continuación:

- Estudiante A: Estudiante de buen desempeño académico en general, destacado por su compromiso y responsabilidad académica, la apropiación de conceptos, argumentación y sentido crítico.
- Estudiante B: Estudiante víctima de la violencia en Bello, desplazada. Inicia sus estudios en la institución que posibilitó el espacio para investigación. Permeada por el conflicto y la desigualdad social producto de la problemática actual que vive Colombia.
- Estudiante C: Superación académica dadas sus condiciones de aprendizaje. Diagnosticada con TDAH y alteración en la memoria a corto plazo.

Es importante destacar que la elección de dichos estudiantes se deriva de la búsqueda de características que puedan ser contrastadas, es decir, incluir estudiantes con diversos rasgos comparables y diferenciadores que permitan ampliar el panorama inclusivo en aspectos tanto socioculturales como cognitivos y así tener en cuenta para la investigación una población no

homogénea, unidireccional y sesgada. Además, es importante resaltar que para la presente investigación adicional a evitar información directa de la Institución y de los estudiantes, los padres de familia firmaron un consentimiento informado en el cual se solicitaba avalar el uso de registros para los procesos investigativos o de divulgación que se adelantaron en la Institución.

3.3 Diseño de propuesta a implementar.

La propuesta implementada tiene cuatro momentos (ver anexo 2). El primero, denominado punto de partida que presenta una situación de aprendizaje para la exploración y reflexión sobre asuntos contextualizados (violencia en la zona norte del Valle de Aburra) y su relación con las Matemáticas y las Ciencias Naturales. El segundo, con foco en la indagación por parte de los estudiantes presenta artículos académicos, videos y cuestionamientos que permiten explorar conceptos y escenarios donde las disciplinas se integran. El tercero, nombrado desarrollo de la habilidad buscó poner en práctica los conceptos, procesos, algoritmos y definiciones exploradas con anterioridad, de este modo se plantean problemas emergentes de las Ciencias Naturales pero que su solución es apoyada por las Matemáticas. Por último, se trabajó el cuarto momento adjetivado Relación, en donde los conocimientos alcanzados por los estudiantes a lo largo de la implementación fueron valorados.

Existen diferentes factores que favorecen o limitan la implementación de este proyecto transversal, algunos de ellos son: el espacio, la infraestructura, el acondicionamiento institucional, la cultura escolar, los convenios institucionales, entre otros. Al respecto, la visita al laboratorio planeada en la guía no se llevó a cabo dadas las circunstancias de orden público que en ese momento se estaban presentando la universidad, por tanto, para el análisis de la información se centra la mirada en los primeros episodios o momentos que llegaron a realizarse y trabajarse con mayor profundidad. La intervención tuvo una duración de dos meses, se

desarrolló en una institución Educativa Privada del municipio de Copacabana haciendo uso de los espacios destinados para las clases de Matemáticas y de Ciencias Naturales, en ocasiones se hizo uso del auditorio general de la Institución.

4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis e Interpretación de la experiencia vivida en el proyecto transversal

Para realizar el análisis y categorización de los registros de la investigación fue vital retomar los conceptos desarrollados en el marco teórico y que emergen como insumos para determinar los aportes del proyecto transversal en los procesos interdisciplinares entre las Matemáticas y Ciencias Naturales a través de las Ciencias Forenses. En ese sentido, se delimita una categoría para el desarrollo de los análisis y vinculada con el objetivo específico de la investigación, la categoría se orientó a *caracterizar los nodos cognitivos interdisciplinarios implícitos en el proyecto transversal que favorecieron la interdisciplinariedad entre las Matemáticas y las Ciencias Naturales*. A continuación se desarrollan ambas categorías:

4.2 Nodos cognitivos interdisciplinarios implícitos en el proyecto transversal

En la presente categoría se asume la interdisciplinariedad a partir de la integración de las diferentes disciplinas enseñadas en el proceso escolar, que se complementan para comprender y dar soluciones de manera conjunta a problemáticas contextuales (Llano et al., 2016). En ese sentido, el proyecto transversal que se diseñó para fomentar la interdisciplinariedad entre las Matemáticas y Ciencias Naturales a través de las Ciencias Forenses, y obligó un proceso en el cual interactúan los estudiantes por medio de una experiencia concreta que genera diversos procesos cognitivos (Rudá, 2000).

En particular, los procesos cognitivos de interés y que se desarrollaron a lo largo de la experiencia concreta son los adjetivados por Llano (2009) como nodos cognitivos interdisciplinarios (NCI). Para Caballero (2008) los NCI se producen cuando las diferentes disciplinas generan puntos de contacto a partir de las lógicas internas de cada una y en el diálogo con los demás, es decir, los NCI tienen lugar en el proceso educativo cuando el estudiante logra

conexiones entre las Matemáticas y Ciencias Naturales al trascender la lógica interna de cada una por separado y generar comprensiones que las integran. En coherencia, es posible asumir que los NCI son elementos que se desarrollan implícitamente en el proceso educativo y lograr explicitarlos por medio del proceso de sistematización permitirá identificar los aportes del proyecto transversal.

En el inicio del proceso y demarcado por el contexto sociocultural, fue notorio que para los estudiantes las experiencias vividas eran pilares para su formación y la adquisición de nuevos conocimientos, ya que para ellos era muy significativo encontrar la aplicabilidad de lo que viven con lo que se les enseña. Por tanto, el contexto sociocultural y las estrategias que los maestros de Matemáticas y Ciencias Naturales que mancomunadamente utilizaron, posibilitó en los estudiantes asumir posturas diferentes frente a los procesos cognitivos y procurar conexión entre lo que viven y lo que aprenden en la escuela (Bedmar, 2009).

El contexto sociocultural como posibilitador de espacios de interdisciplinariedad en el aula de clase se constituye como una necesidad en el mundo actual, dado el carácter complejo de la realidad que implica un abordaje multidimensional, no realizable desde disciplinas aisladas y con fragmentación del conocimiento; además de su articulación del trabajo colaborativo de docentes. En ese sentido, en las encuestas realizadas se evidencian algunas claves que permiten describir el contexto en el cual los estudiantes se desenvuelven, con miras a incorporar dichos aportes en la construcción de unidades didácticas que posibiliten dar significados y diversos sentidos a los conceptos trabajados en el aula de clase (Bedmar, 2009) y dan evidencia de la forma como los estudiantes interpretan el contexto sociocultural y su vínculo con el mismo.

Los registros en las encuestas de los estudiantes B y C ponen en evidencia una lectura del contexto donde, si bien reconocen un entorno normalmente tranquilo y sano para vivir, también

son conscientes de algunos hechos violentos (Tabla 1). De igual forma, evidencian que el sector a pesar de no ser un eje de violencia, se articula con problemáticas sociales propias del conflicto interno que vive Colombia como la desaparición forzada de menores de edad, como lo resalta el estudiante A (Tabla 2). Por lo tanto, los registros permiten identificar que los estudiantes reconocen acontecimientos de su entorno que son una señal de alerta y malestar en la comunidad de Copacabana.

Estudiante A	Ocurren con frecuencia cerca de mi entorno, un caso es la desaparición de una niña que vivía cerca de mi casa, al parecer por un vecino obsesionado con ella.
Estudiante B	Sano vivir, mucha naturaleza, no se ve mucha violencia En la basura se encontró dos cuerpos en estado de descomposición.
Estudiante C	Últimamente ha estado calmado, pero ha habido tiempos donde no. La muerte de un señor por los lados de una cañería.

Tabla 2. Registro de encuestas

Las condiciones sociales de violencia en Copacabana se constituyeron como una variable del contexto para favorecer sentidos del conocimiento en clave interdisciplinar y articulados con iniciativas estatales como Cátedra de la Paz. En los procesos de construcción de espacios interdisciplinarios estos factores toman protagonismo, el contexto se antepone de manera transversal y generan puentes entre disciplinas que permitan entender dichas problemáticas y generar participación activa en la construcción de posibles soluciones (Carmona-Mesa et al., 2019). Por tanto, se identifica el *contexto sociocultural* como un NCI que potencia el inicio del proceso educativo deseado en el proyecto transversal.

La demarcación del contexto como NCI es significativa, permea las realidades de los estudiantes y su correlación con los saberes enseñados, de este modo se posibilita una postura crítica y transformadora; es decir, la transversalización trasciende una formación centrada en un saber específico y en la memorización propia de la educación habitual o disciplinar. De este modo se trasciende de un saber repetido a un saber aplicable, en este caso un saber que relaciona las problemáticas socioculturales y adopta cimientos para la solución de dichas situaciones bajo parámetros tanto científicos, matemáticos como forenses. Parafraseando a García (1997), la Matemática y las Ciencias deben ser vistas como una parte esencial de la cultura y contribuye al logro de fines globales —no sólo instrumentales—, permitiendo que el ciudadano tenga sentido de la vida y del mundo, y dotándolo de medios que le brinden una mejor comprensión de la experiencia humana.

Las figuras 3 y 4 se evidencian como el contexto, en este proceso refiere a los estudiantes a problemáticas que los rodean y que les dan sentido a los conceptos que aprende y permiten emplear saberes, reflexionar, estudiar y proponer soluciones a problemas de índole social y corte interdisciplinar. Al respecto, los estudiantes detectan como los saberes adquiridos pueden contribuir con la identificación y solución de algunos crímenes, esto se va en concordancia con lo propuesto para los planes curriculares de una sociedad en épocas de pos-conflicto, con ejes curriculares propuestos en Cátedra para la paz y otras estrategias que fomentan la reparación de víctimas en el territorio colombiano.

valle de aburra? A partir de este, con la ayuda del ADN, frente a casos de homicidio, feminicidio, secuestros y otros principalmente en municipios como Bello y Capacabano, en esto en materias como la criminalística y otras parecidas existe gran relación para enfrentar esta problemática dando la posibilidad de investigar y abordar casos para una justicia digna en este sector de la población.

Figura 3. Relación de saber –A

La problemática que hoy en día vivimos tiene que por medio (testigos, violaciones, muertes etc. Ahí nos 'cuerpos' no son necesarios) a simple vista, en este punto es donde entra el estudio del ADN, en todas las comunas de Medellín se usó mucho el estudio de ADN. Por esto muchos familiares pudieron tener los restos de sus muertos. Además, ayuda en el hecho de poder reconocer la identidad de los buenos y malos por medio de la sangre en escenas del crimen, también (en tests) en Almas de Ciego.

Figura 4. Relación de saber –B

En la figura 5 se presenta a los estudiantes un acercamiento inicial a la problemática de violencia que en ese momento registraban los medios de comunicación acompañada de un conjunto de preguntas que permitiera ir delimitando las discusiones con los estudiantes. De este modo, los docentes de Matemáticas y Ciencias Naturales favorecieron que la participación de los estudiantes se direccionó hacia las implicaciones de las Matemáticas en la situación social que vive la zona norte del Valle de Aburra.

La violencia en la zona norte del valle de aburra viene creciendo, afectando la tranquilidad y la paz de los habitantes, algunos grupos delincuenciales son: los 'Chatas', los 'Pachelly', 'Niquía Camacol', los 'Triana' y un grupo delincencial criminal organizado (GDCO) que es 'Barrio Mesa'. Las cuatro estructuras organizadas tiene un actuar muy definido, tecnología, pie de fuerza, logística, y eso hace que suban los homicidios, las extorsiones, el microtráfico porque su principal fuente de financiación son las rentas ilegales: plazas de vicio, lo que se llama la cuota de vigilancia, proveer los productos de primera necesidad.

Estos grupos delincuenciales usan prácticas como la desaparición de víctimas, desmembramientos y torturas que muchas veces dificultan el accionar de la policía nacional para identificar un cadáver, muchas de las personas desaparecidas son familiares de estudiantes de escuelas y colegios de nuestra localidad, en este orden de ideas nos podríamos preguntar:

- ¿Existe alguna ciencia que ayude a esta problemática?
- ¿Desde el rol de estudiantes es posible proponer programas que atiendan a las familias de las víctimas para poder identificar un cadáver?
- ¿Las matemáticas pueden ayudar a orientar las investigaciones y buscar estrategias que reduzcan los índices delincuenciales?
- ¿Cuáles son los índices de violencia en el valle de aburra?

Figura 5. Punto de partida

Las figuras 6, 7 y 8 amplían el acercamiento de los estudiantes a definiciones del ADN, elemento que se constituyó como central para poder identificar las personas que aparecían muertas en las proximidades de la comunidad de Copacabana. En ese sentido, las imágenes evidencian como los estudiantes a través del uso de términos propios de las Ciencias Forenses establecen conexiones y describen conceptos en lenguaje matemático (probabilidad condicional) y lenguaje científico (molécula y ácido nucleico).

Las conexiones logradas a través del lenguaje de ambas disciplinas, motivaron en los investigadores a preguntar por el papel de las matemáticas para profundizar en la comprensión de significados científicos. Las respuestas de los estudiantes evidencian que reconocen las Matemáticas como una oportunidad para ampliar el conocimiento en las Ciencias Naturales al favorecer una mayor explicación y proceso metódico más riguroso (Figura 6 y 7).

¿Qué es el ADN? Es el nombre químico de la molécula que contiene la información genética en todos los seres vivos. La molécula del ADN se encuentra codificada por medio de secuencias de nucleótidos y se concreta en replicación, transcripción y recombinación de datos.

Figura 6. ADN-A

¿Qué es el ADN? El ácido desoxirribonucleico, es un ácido nucleico responsable de codificar toda la información genética que compone a un organismo viviente. Este contiene las instrucciones genéticas que se aplican en el proceso de desarrollo y en crecimiento de todos los seres vivos. Albergan el código que nos define.

Figura 7. ADN-B

Investiga que es probabilidad condicional. Probabilidad condicional es la probabilidad de ocurrencia de un momento a suceso que sucede un momento B, se escribe así $P(A|B)$ o $P(B|A)$. Podemos tener en cuenta el suceso como un momento A, y a su suceso como un momento B, estos dos sucesos dan lugar a una probabilidad condicional. También existe en las aplicaciones de la huella genética.

Figura 8. Probabilidad-B

¿Por qué entra en juego las matemáticas en el estudio de las estructuras moleculares del ADN? Entran en juego las matemáticas ya que es necesario una explicación y método formal (proporción y las matemáticas), además hay conceptos como código, forma, estructura que se aplican con matemáticas si no hubiera matemáticas no habrían manera de explicar correctamente los procesos.

Figura 9. Estructura molecular-B

¿Por qué entra en juego las matemáticas en el estudio de las estructuras moleculares del ADN? Se encuentra presente en la formación del ADN, que codifica el ácido desoxirribonucleico que codifica los genes en las células y todas las instrucciones para el desarrollo y sosten de un ser vivo. Compara que las ecuaciones algebraicas de un código corrector de errores con ciertas secuencias del ADN, atribuyendo una lógica a los nucleótidos que conforman el genoma - timina, guanina, citosina y adenina.

Figura 10. Estructura molecular-C

Las ideas presentadas previamente permiten identificar que el lenguaje propio de las disciplinas es un NCI que favoreció las conexiones de las Matemáticas y las Ciencias Naturales;

en otras palabras, los estudiantes relacionan de manera directa muchos de los aspectos estudiados y analizados por las Matemáticas (como los procesos, estructuras, secuencias y fórmulas) al referir a elementos que componen o caracterizan ADN (Figura 10). Por tanto, el uso del lenguaje propio de las disciplinas es un factor importante para el trabajo interdisciplinar y puede ser una herramienta poderosa para la construcción de puentes que conecten las asignaturas trabajadas en los planes de áreas de las Instituciones Educativas (Rudá, 2000).

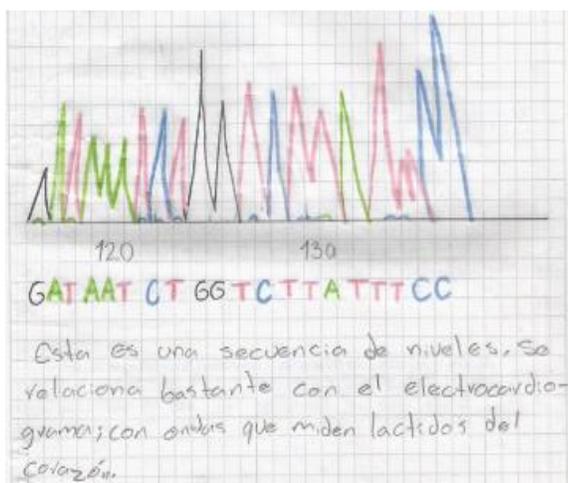


Figura 11. Secuencia moléculas-C

Para profundizar en las implicaciones del lenguaje en la construcción o identificación de NCI, se pide representar gráficamente una secuencia de ADN. Al respecto, los estudiantes se ven enfrentados al desafío de indagar y traer dicha estructura al aula de clase (Rudá, 2000). Las discusiones fueron orientadas por los docentes y permitieron identificar diversas semejanzas que llaman la atención por la relación con las gráficas de polígonos de frecuencia, en otras palabras, las representaciones gráficas de una secuencia de ADN tienen similitud con gráficos estadísticos (Figura 11). En ese sentido, los estudiantes manifestaban que debe existir una transformación que permita llevar dicha secuencia al estudio o análisis desde la estadística descriptiva, pues para

ellos es un tema familiar y trabajado en grados anteriores, lo cual los motiva a afirmar que la matemática juega un papel fundamental en el estudio de estructuras moleculares.

Es importante destacar que después de encontrar algunos de los puentes o cruces que

Calcular la frecuencia de los alelos A,B,C a partir de los datos obtenidos en el estudio poblacional de los familiares de las víctimas , donde se encontraron los siguientes genotipos:

AA: 21, AB: 66, AC: 52, BB: 14, BC: 39, CC: 8

Frecuencia del alelo A: $\frac{139}{190}$

Frecuencia del alelo B: $\frac{119}{190}$

Frecuencia del alelo C: $\frac{99}{190}$

Posteriormente se encuentra un cadáver en cierto grado de descomposición y no es posible identificarlo por reconociendo facial ni corporal, se dispone a realizar un cotejo genético. Se tiene que Juan (Presunto padre) es AC y María presunta madre es BB y la víctima BC. Calcula la probabilidad de que Juan sea el padre biológico de la víctima ¿Cuál es su opinión en relación a la probabilidad de que Juan sea el padre biológico?

	AA	AB	AC	BB	BC	CC	
AA	AAAA	AAAB	AAAC	AABB	AABC	AACC	
AB	AAB	AABB	AABC	ABBB	ABBC	ABCC	13
AC	AAAC	AABC	AACC	ABBC	ABCC	ACCC	36
BB	AABB	ABBB	ABBC	BBBB	BBBC	BBCB	
BC	AABC	ABBC	ABCC	BBBC	BBCB	BCCB	$\frac{A \cap B}{B} = \frac{0,36}{0,52} = 0,69$
CC	AACC	ABCC	ACCC	BBCB	BCCB	CCCC	

Figura 12. Probabilidad y genética-C

conectan las disciplinas abordadas por la investigación (Arias, 2012), los estudiantes amplían el NCI *lenguaje propio de las disciplinas* a las múltiples formas de representación (Estructura de ADN- Funciones) propias de las Matemáticas y Las Ciencias Naturales que son posibilitadas a través del análisis del problema y a partir en las Ciencias Forenses (Figura 12). En ese sentido, se incorpora un nuevo NCI determinado por la *eficiencia analítica* de procesos o

algoritmos matemáticos para la solución de problemas derivados de las Ciencias Naturales y las Ciencias Forenses (Figura 12). Lo anterior puede ser consecuencia de favorecer una integración disciplinar con un fuerte contenido Matemático y en contexto de las otras dos disciplinas (Kertil y Gurel, 2016).

La *eficiencia analítica* de las matemáticas posibilita alcanzar logros en la formación de los estudiantes importantes, en cuanto permite proyectarlos como activos en procesos que contribuyan a mitigar varios de los aspectos que involucra la violencia, tales como la identificación de desaparecidos (Figura 12). Es decir, se crea un espacio escolar que permite consolidar aprendizaje y procesos cognitivos vinculados a la reflexión y el diálogo sobre la cultura de la paz y la identificación de víctimas del conflicto para la reconstrucción del tejido social (Cátedra de la Paz).

Hasta este punto se han identificado tres NCI que favorecieron los procesos interdisciplinarios en el proyecto transversal (Figura 13). El primero de ellos es el *contexto sociocultural*, el cual permitió un punto de contacto entre la problemática de violencia demarcada fuertemente por características propias de las Ciencias Forenses (genética y ADN) y los procesos cognitivos deseados en el proyecto transversal. El segundo es el *lenguaje propio de las disciplinas*, que potenció puntos de contacto entre las Matemáticas y las Ciencias Naturales a través del análisis de la problemática demarcada en clave del ADN. Por último, el tercero refiere a la *eficiencia analítica* requerida para procurar soluciones al problema que transversalizó a las demás disciplinas en discusión.

La discusión presentada alrededor de los tres NCI atiende a los requisitos básicos declarados por Llano (2009). En primer lugar, precisaron los elementos del conocimiento de las Matemáticas y las Ciencias Naturales con las cuales estableció la interdisciplinariedad a través

de las Ciencias Forenses; estos son especialmente detallados en los NCI *contexto sociocultural* y *lenguaje propio de las disciplinas*. En segundo lugar, delimitación del contenido que fue objeto de estudio y que estuvieron presentes en los puntos de contacto; en particular son potentes en los NCI *lenguaje propio de las disciplinas* y *eficiencia analítica*.

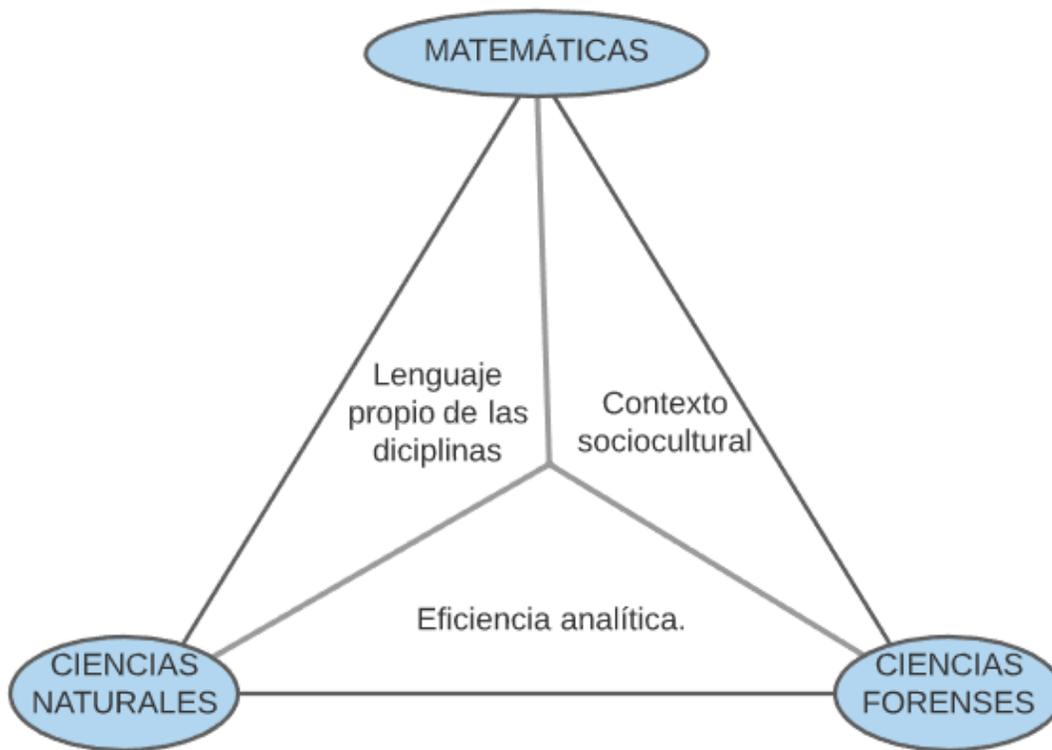


Figura 13. Nodos cognitivos interdisciplinarios implícitos en el proyecto transversal.
Fuente: Investigadores

Es importante resaltar como la propuesta de implementación de un proyecto transversal en el grado 10°, realizada en esta investigación se constituye en una experiencia que permite identificar rutas para la configuración de espacios de formación que fomenten la convivencia y la paz (Cátedra de la Paz) al igual que permite ver la importancia de las ciencias forenses dentro del campo educativo, los cuales son trascendentales para articular diversas áreas de conocimiento. En ese sentido, se describe como emergen de una oleada de violencia una valiosa oportunidad

para la apropiación de conceptos, prácticas y experiencias heredadas de la medicina forense a través del análisis y el estudio del ADN, trabajado en la guía metodológica implementada en la investigación, esto nos permite permear la importancia del uso del ADN en la investigación criminal o en la identificación de personas desaparecidas o de muerte violenta que dificulte su identificación y que además generaba inquietud en el contexto educativo donde se estaba viviendo una situación de violencia bastante compleja; este proceso también permite que se fortalezcan los programas de reparación integral de víctimas que viene implementando el Estado Colombiano; y para ampliar la participación social con un sentido crítico y científico desde el trabajo en las aulas, acompañado de disciplinas académicas a nivel obligatorio como lo son las Matemáticas y las Ciencias Naturales.

5. CONCLUSIONES

La presente investigación tenía por objetivo identificar los aportes de un proyecto transversal implementado en el grado décimo para fomentar la interdisciplinariedad entre las Matemáticas y las Ciencias Naturales a través de las problemáticas contextuales. Al respecto, se determinó a partir de argumentos teóricos que los aportes del proyecto transversal tenían lugar al explicitar los puntos de contacto de las diferentes disciplinas, es decir, en los Nodos Cognitivos Interdisciplinares (NCI). En ese sentido, la presente investigación informa de tres nodos claves en el proyecto transversal, a saber: *contexto sociocultural*, *lenguaje propio de las disciplinas* y *eficiencia analítica*.

En coherencia, el *contexto sociocultural* aportó un punto de contacto entre la problemática de violencia demarcada fuertemente por características propias de las Ciencias Forenses (genética y ADN) y los procesos cognitivos deseados en el proyecto transversal. El *lenguaje propio de las disciplinas* brindó un punto de contacto entre las Matemáticas y las Ciencias Naturales a través del análisis de la problemática demarcada en clave del ADN. Por último, la *eficiencia analítica* contribuyó un punto de contacto en soluciones eficientes y pertinentes al problema que transversalizó a las demás disciplinas en discusión.

Por tanto, es posible afirmar que el principal aporte del proyecto transversal implementado reside en fomentar un proceso interdisciplinariedad entre las Matemáticas y las Ciencias Naturales, que fue fluido y motivador para los estudiantes por el fuerte vínculo establecido con las problemáticas de violencia del contexto. En ese sentido, esta investigación además de servir como fundamentación y orientación para nuevos proyectos en la Institución Educativa, se constituye como una experiencia que permite identificar rutas para consolidar la Cátedra de la paz en el sistema escolar; lo anterior, al reportar la configuración de espacios de

formación que fomenten la convivencia, la paz y la reparación integral de víctimas que viene implementando el Estado colombiano. Por último, es importante considerar para futuras investigaciones la posibilidad de analizar los alcances de los NCI reportados en esta investigación; de igual forma, explorar a partir de la misma implementación otros NCI que pueden ser explicitados y no lograron ser identificados en el presente estudio.

6. REFERENCIAS

- Albert, M.J. (1997). La integración de saberes e interdisciplinariedad, un reto para la formación. En *integración de saberes e interdisciplinariedad*. Madrid: Universidad nacional de educación a distancia.
- Arias, C. (2012). El papel del lenguaje en las áreas curriculares. *Revista Q: Educación Comunicación Tecnología*, 6(12). Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3989803>
- Bedmar, M. (2009). Reseña de "Saber pacífico: la paz neutra. Marco para una agenda de estudios para la paz. Loja, Ecuador, UTP Loja" de Jiménez Bautista, F.(Comp.). *Revista de paz y conflictos*, 4, 209-210.
- Bishop, A. J. (1999). *Enculturación matemática: la educación matemática desde una perspectiva cultural* (Vol. 49). Grupo Planeta (GBS).
- Caballero, C. (2008). Un viaje didáctico a la relación interdisciplinaria de la Biología y la Geografía, p 3-6.
- Carmona-Mesa, J. A., Cardona, M. E., & Castrillón-Yepes, A. (2020). Estudio de fenómenos físicos en la formación de profesores de Matemáticas. Una experiencia con enfoque en educación STEM. *Uni-pluriversidad*, 20(1), en prensa.
- Carmona-Mesa, J. A., Arias-Suárez, J., & Villa-Ochoa, J. A. (2019). Formación inicial de profesores basados en proyectos para el diseño de lecciones STEAM. In E. Serna (Ed.), *Revolución en la Formación y la Capacitación para el Siglo XXI* (2a ed.) (Vol. I) (pp. 483–492). Medellín: Editorial Instituto Antioqueño de Investigación. doi: 10.5281/zenodo.3524356

- Carmona-Mesa, J. A., Salazar, J. V., & Villa-Ochoa, J. A. (2018). Uso de calculadoras simples y videojuegos en un curso de formación de profesores. *Uni-Pluriversidad*, 18(1), 13–24. doi: 1017533/udea.unipluri.18.1.02
- Engels, F. (1975). *Dialéctica de la naturaleza*. La Habana: Ciencias Sociales
- Fiallo Rodríguez, J. (2001). *La interdisciplinariedad en la escuela: Un reto para la calidad de la educación*. La Habana: Pueblo y Educación
- Fiallo Rodríguez, J. (2004). La interdisciplinariedad: un concepto "muy conocido". En Álvarez, M., (comp.). *Interdisciplinariedad. Una aproximación desde la enseñanza aprendizaje de las ciencias*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación.
- Fulton, K., & Britton, T. (2011). STEM Teachers in Professional Learning Communities: From Good Teachers to Great Teaching. *National Commission on Teaching and America's Future*.
- García Suárez, X. (1997). La confrontación ciencias-letras: la matemática como saber reintegrador *Tarbiya: Revista de investigación e innovación educativa*, (15), 9-20
- González, R.M. (2005). Un modelo explicativo del interés hacia las matemáticas de las y los estudiantes de secundaria. *Educación Matemática*, 17(1), 107-128. Recuperado de <http://funes.uniandes.edu.co/13088/1/Gonzalez2005Un.pdf>
- González, N., & Rueda, E. (2008) Investigación Interdisciplinarias, Urdimbres y Tramas. Colombia. Colección Aula Abierta. Gutiérrez Escobar, M. (2004). Interdisciplinariedad en la formación del licenciado en Estudios socioculturales. *Revista Pedagogía Universitaria*, 9(4), 85-101

- Jara, O. (1994). Condiciones para poder sistematizar. In *Para sistematizar experiencias* (pp. 74–123). San José, Costa Rica.
- Kertil, M., & Gurel, C. (2016). Mathematical modeling: A bridge to STEM education. *International Journal of Education in Mathematics Science and Technology*, 4(1), 44-55.
- Lerman, S. (2006). Cultural psychology, anthropology and sociology: The developing ‘strong’ social turn. In *New mathematics education research and practice* (pp. 171-188). Brill Sense.
- Llano, L. (2009). *Propuesta metodológica interdisciplinaria para la formación del tecnólogo de la salud. Perfil Terapia Física y Rehabilitación* (Trabajo de grado). Universidad de Ciencias Médicas, Cienfuegos
- Llano, L., Gutiérrez, M., Stable, A., Núñez, M., Masó, R., & Rojas, B. (2016). La interdisciplinariedad: una necesidad contemporánea para favorecer el proceso de enseñanza aprendizaje. *MediSur*, 14(3), 320-327. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-897X2016000300015&lng=es&tlng=es.
- Max-Neef, M. (2005). Foundations of transdisciplinarity. *Ecological Economics*, 53, 5-16
- Mejía, M.R. (2008). La sistematización como proceso investigativo o la búsqueda de la episteme de las prácticas. Recuperado de http://www.cepalforja.org/sistem/sistem_old/sistemizacion_como_proceso_investigativo.pdf
- Ministerio de Educación Nacional. (1998). *Matemáticas: Lineamientos curriculares*. MEN: Bogotá.
- Ministerio de Educación Nacional. (2005). *Fundamentos conceptuales*. Recuperado de <https://www.mineducacion.gov.co/1621/w3-printer-299611.html>

- Ministerio de Educación Nacional. (2006). Estándares Básicos de Competencias en Lenguaje, Matemáticas, Ciencias y Ciudadanas: Guía sobre lo que los estudiantes deben saber y saber hacer con lo que aprenden. Recuperado de https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-116042_archivo_pdf.pdf
- Pérez Matos, N.E., Setién Quesada, E. (2008). La interdisciplinariedad y la transdisciplinariedad en las ciencias: una mirada a la teoría bibliológico-informativa. *ACIMED*, 18(4). Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-94352008001000003&lng=es
- Romo Pizarro, O. (2000). *Medicina legal: elementos de ciencias forenses*. Chile: Editorial Jurídica de Chile.
- Roehrig, G. H., Moore, T. J., Wang, H.-H., & Park, M. S. (2012). Is Adding the E Enough? Investigating the Impact of K-12 Engineering Standards on the Implementation of STEM Integration. *School Science and Mathematics*, 112(1), 31–44. doi: 10.1111/j.1949-8594.2011.00112.x
- Rudá Batistapau, M. (2000). *Interdisciplinariedad en el currículo de las ciencias sociales*. La Habana: Editorial Academia de las FAR
- Sampieri, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Selección de la Muestra. *Metodología de la Investigación*, 589.
- Taylor, S. J., & Bogdan, R. (1984). *Introduction to qualitative research methods: The search for meanings*. Wiley-Interscience.

- Thompson, J. (2010). A taxonomy of interdisciplinarity. In *The Oxford Handbook of Interdisciplinarity* (pp. 15–30). Oxford, New yourk.
- Torres, M. V. (2000). *La violencia en contextos escolares*. (Aljibe, Ed.). España.
- Torres Santomé, J. (2015). Asignaturas enfrentadas en busca de espacio. *Cuadernos de Pedagogía*, 456(8), 8
- Veiga-Neto, A. V. (2008). The crisis of modernity and curricular innovations : from discipline to control. *Educational Sciences*, (7), 137–146.
- Zárate, CH. (2007). El reto de la interdisciplinariedad: desde su concepción hacia la práctica pedagógica. *Cuadernos de Pedagogía Universitaria*, 4(8), 9-10

7. ANEXOS

Anexo 1

CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	OBJETIVO
Conceptos o contenidos	<ul style="list-style-type: none">• Ciencias forenses	Indicar los conceptos claves que permitan desarrollar competencias de aprendizaje en estudiantes del grado décimo en relación con saberes específicos
Interdisciplinariedad	<ul style="list-style-type: none">• Ciencias Naturales• Matemáticas• Elementos teóricos prácticos• Proyecto transversal	Esquematizar los elementos teóricos-prácticos que permiten crear procesos interdisciplinarios a nivel escolar
Contexto	<ul style="list-style-type: none">• Sociocultural• Científico• Territorial• Propuestas curriculares	Identificar los factores que intervienen en los procesos educativos a nivel sociocultural, disciplinar e interdisciplinar

Anexo 2

Institución	
PUNTO DE PARTIDA	
Actividades recomendadas	<p>1. Videos:</p> <p>Sigue la violencia en Bello (Mayo 2019) https://www.youtube.com/watch?v=h1e6Ua7AaIA</p> <p>Asesinan a comerciante alemán en Copacabana, Antioquia (junio 2019) https://www.youtube.com/watch?v=9FkJ8UHqV_Q</p> <p>2. Planteamiento del problema.</p> <p>La violencia en la zona Norte del Valle de Aburrá viene creciendo, afectando la tranquilidad y la paz de los habitantes, algunos grupos delincuenciales son: “Los Chatas”, “Los Pachelly”, “Niquía Camacol” “Los Triana” y un grupo delincriminal criminal organizado (GDCO) que es “Barrio Mesa”. Las cuatro estructuras organizadas tienen un actuar muy definido, tecnología, pie de fuerza, logística, y eso hace que suban los homicidios, las extorsiones, el microtráfico porque su principal fuente de financiación son las rentas ilegales como son las de plazas de vicio, la cuota de vigilancia y proveer los productos de primera necesidad.</p> <p>Estos grupos delincuenciales usan prácticas como la desaparición de víctimas, desmembramientos y torturas que muchas veces dificultan el accionar de la policía nacional para identificar un cadáver, muchas de las personas</p>

	<p>desaparecidas son familiares de estudiantes de Instituciones Educativas de nuestra localidad, en este orden de ideas nos podríamos preguntar:</p> <p>¿Existe alguna ciencia que ayude con esta problemática?</p> <p>¿Desde el rol de estudiantes que programas propones para la identificación de cadáveres?</p> <p>¿Las matemáticas pueden ayudar a orientar las investigaciones y a buscar estrategias que reduzcan los índices delincuenciales?</p> <p>¿Teniendo en cuenta los índices de violencia en el Valle de Aburrá cuál es tu percepción al respecto?</p> <p>Observa el siguiente video: <i>Cantinflas: El desconocido medicina legal</i> https://www.youtube.com/watch?v=UaZTgOAK7FI</p> <p>Es importante formarse y tomar postura crítica para intervenir en el estudio de una ciencia, realizar investigaciones de conceptos que nos ayudan a orientar y manipular algunas situaciones de la vida real, dichas situaciones muchas veces deben ser estudiadas desde diferentes perspectivas para buscar acciones prácticas que nos ayuden a orientarlas o solucionarlas y no quedar como Cantinflas.</p>
Competencias	<p>Estándares:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pensamiento numérico: Establezco relaciones y diferencias entre diferentes notaciones de números reales para decidir sobre su uso en una situación dada.

	<ul style="list-style-type: none"> • Pensamiento aleatorio: Diseño experimentos aleatorios (de las ciencias físicas, naturales o sociales) para estudiar un problema o pregunta. • Entorno vivo, procesos biológicos: Explico la relación entre el ADN, el ambiente y la diversidad de los seres vivos.
--	---

INVESTIGACIÓN

<p>Actividades recomendadas</p>	<p>Momento 1 (El ADN y su relación con las matemáticas)</p> <p>1. Lee con atención, investiga y responde</p> <p>Las matemáticas del ADN</p> <p>José Antonio Pastor González</p> <p>Departamento de Matemáticas</p> <p>Universidad de Murcia</p> <p>e-mail: jpastor@um.es</p> <p>Página web: http://www.um.es/docencia/jpastor</p> <p>El 25 de abril de 1953, en el artículo titulado <i>Molecular structure of nucleic acids</i> y publicado en la revista <i>Nature</i>, los investigadores James Watson y Francis Crick propusieron, ayudados por numerosas evidencias empíricas, un modelo que describía la estructura molecular del ADN en la conocida forma de doble hélice; además, también conjeturaron la manera en la que esta molécula se replicaba para obtener copias exactas de sí misma.</p> <p>El modelo de Watson-Crick ha sido tan profusamente estudiado que ni siquiera sería una tarea fácil recopilar toda la bibliografía que trata sobre el tema. En</p>
-------------------------------------	---

este pequeño trabajo vamos a presentar una sorprendente interrelación entre la biología y las matemáticas. La concurrencia de ambas disciplinas en el estudio del ADN y sus funciones ha permitido sustanciales avances en la investigación.

Como es bien conocido, el modelo propuesto por Watson y Crick describe la molécula de ADN como una pareja de hebras que se entrelazan helicoidalmente en torno a un eje común. Así, podemos diferenciar en primer lugar una estructura primaria que hace referencia a la disposición lineal de los nucleótidos *A*; *T*; *C*; *G* en cada una de las dos hebras. El siguiente nivel de complejidad hace referencia a la disposición espacial del eje común a ambas hélices. En los casos más sencillos, éste puede ser lineal o circular como ocurre con muchos virus y bacterias. No obstante, la molécula de ADN adopta generalmente configuraciones espaciales más complejas encaminadas a lograr un empaquetamiento que sea lo más efectivo posible, pues su longitud es, en ocasiones, del orden de un millón de veces el tamaño del núcleo que la alberga. Aunque la información genética se encuentra codificada en la secuencia de los nucleótidos, investigaciones recientes apuntan que “la manera de anudarse” la molécula de ADN provoca decisivos efectos en las funciones que desempeña el ADN en la célula. Concretamente, nos estamos refiriendo a la *replicación*, la *transcripción* y la *recombinación*.

Gran parte de estos procesos admiten ser modelados en términos matemáticos de una forma precisa. Así, el estudio de los “anudamientos” de la molécula de ADN se aborda desde una rama matemática conocida como *teoría de nudos*,

que a su vez forma parte de una disciplina mayor, la *topología*. Esta “ciencia de los lugares” se preocupa de las propiedades de los objetos en términos de proximidad o continuidad. Para un topólogo, las formas de una rosquilla y de una taza de café son equivalentes, en el sentido de que mediante deformaciones continuas -sin rasgar, cortar ni pegar- es posible convertir una en otra y viceversa.

La situación genérica puede expresarse en los siguientes términos. Nuestro objetivo es entender el mecanismo de actuación de las enzimas sobre las moléculas de ADN. Como no existe un método observacional directo para estudiar la acción local de una enzima -ni la configuración local del ADN ni su estructura secundaria son observables- debemos buscar alguno indirecto. Y es aquí donde entran en juego las matemáticas, pues se pueden extraer evidencias sobre cómo actúan dichas enzimas detectando el cambio que éstas provocan en la topología y la geometría de la molécula. Estos cambios se aprecian -mediante microscopio electrónico- en niveles superiores a la estructura secundaria y suponen “enrollamientos” y “anudamientos” en el eje central de la molécula.

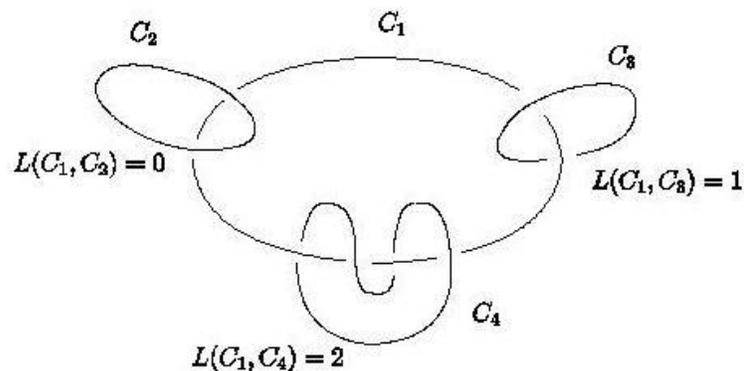
Un detalle curioso que debemos apuntar es la necesidad de experimentar en el laboratorio con moléculas de ADN circulares. El motivo es el siguiente: en una molécula lineal con extremos libres no existen *consecuencias* topológicas o geométricas interesantes -y observables- frente a una *causa* enzimática. De esta forma, el protocolo experimental consiste en provocar la reacción de una determinada enzima sobre una colección de moléculas circulares de ADN

para, posteriormente, y mediante técnicas analíticas -como la electroforesis, el uso del microscopio electrónico y la velocidad de sedimentación- estudiar los resultados.

Los números del ADN

Para entender realmente cómo las matemáticas ayudan a describir la acción de las enzimas necesitamos presentar tres parámetros que se asocian a cada molécula de ADN circular.

El primero de ellos se denomina *número de enlace*, que denotaremos por L y se calcula de la siguiente forma: supongamos que queremos separar completamente las dos hebras de una molécula de ADN y que para ello disponemos de unas tijeras. Entonces se define el número de enlace L como la cantidad de veces que hemos de cortar para conseguir dicha separación (véase la [Figura 1](#)).



[Figura 1.](#)

El siguiente parámetro que vamos a considerar lo denominaremos *número de enrollamiento* y lo designaremos por la letra T . Para calcularlo, recordemos que, en una molécula de ADN, los nucleótidos se encuentran emparejados por puentes de hidrógeno. En la representación clásica de la molécula, estos enlaces se suelen dibujar como si fueran los peldaños de una escalera y su consideración resulta clave para entender el significado de T , pues éste es - esencialmente- el ángulo descrito por los peldaños. En otras palabras, el número de enrollamiento T es el número de vueltas que describe cualquiera de las dos hélices de la molécula con respecto a su eje común.

El último parámetro asociado a una molécula de ADN se denomina *número de retorcimiento* y lo denotaremos por la letra W . En contraste con los dos anteriores, éste no admite una interpretación geométrica tan directa, aunque sí podemos asegurar que mide “cuánto y cómo” de plana es la molécula. La clave que nos va a permitir entender el significado de W es la *fórmula de White*, en la cual se demuestra para cualquier molécula que $L=T+W$.

¿Cuál es el significado de W y de la fórmula de White? Para responder a esta pregunta, basta efectuar un simple experimento doméstico que consiste en lo siguiente (véase también la [Figura 2](#)). Tomamos una goma elástica que sea suficientemente larga (podemos pensar en ella como una representación sencilla de una molécula de ADN en la que las hebras no están entrelazadas). A continuación, sostenemos la goma en dos puntos entre los dedos índice y pulgar de cada mano. En este instante inicial se tiene $L=T=0$, pues las hebras no están entrelazadas y la molécula no describe ningún ángulo. Si

comenzamos a girar la banda con una de las manos, los bordes se van enrollando uno sobre el otro, de modo que tanto L como T van aumentando y lo hacen en la *misma medida*, por lo que $L=T>0$ y $W=0$.

Finalmente, llega un momento en que las tensiones sobre la banda son de tal magnitud que fuerzan a ésta a retorcerse sobre sí misma y nos obligan a aproximar las manos, fenómeno que se conoce con el sugerente nombre de *superenrollamiento*. Es en este preciso instante en el cual los aumentos de L se traducen en aumentos de W mientras que T permanece constante; por otro lado, si en el instante $L=T>0$ con $W=0$ acercamos las manos, entonces W crece a expensas de T . Situaciones idénticas se presentan cuando el cable del teléfono está *superenrollado* y hemos de girar el auricular para poder manejarlo con comodidad, o cuando tenemos el mismo problema con el mango de la ducha.

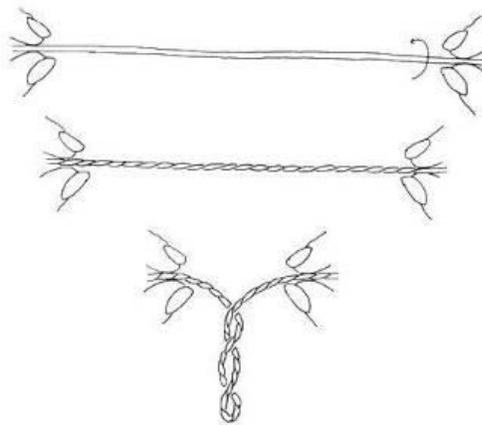


Figura 2.

¿Por qué estos parámetros y, en concreto, el número de retorcimiento W tienen tanta importancia en el estudio de las funciones del ADN? La razón principal es que W es una *cantidad observable*. En efecto, mientras que la estructura local del ADN es invisible -no es apreciable por métodos observacionales directos- sí lo es su estructura terciaria en forma de súper enrollamientos. Por tanto, pequeños, sutiles e *invisibles* cambios en la estructura local de la molécula -que se traducen en variaciones de T y L - provocan efectos observables al modificar el valor de W y, por ende, la estructura global de la molécula. En este sentido, la fórmula de White puede entenderse como una llave especial que nos abre la puerta desde los niveles submicroscópicos a los macroscópicos.

Aplicaciones a la investigación

A continuación, vamos a describir brevemente algunos de los problemas y situaciones que se pueden explicar aplicando la teoría matemática de los invariantes anteriores al extenso conjunto de evidencias empíricas que se observan en los experimentos de laboratorio.

La primera cuestión está relacionada con la energía elástica almacenada en la molécula de ADN. Así, es conocido que el ángulo de inclinación descrito por la doble hélice depende, entre otros parámetros, de la temperatura: a menor temperatura la molécula tiende a enrollarse -lo que equivale a un ángulo menor y a un aumento de T y L - mientras que un incremento en la temperatura supone un menor enrollamiento, fenómeno que se conoce como forma *relajada* o *desnaturalizada* de la molécula. Algunos autores han sido

capaces de medir las variaciones locales del ángulo frente a determinados aumentos de la temperatura. Obviamente, estas medidas angulares no son posibles utilizando el microscopio electrónico y su determinación se puede llevar a cabo observando los cambios en el número W y aplicando la fórmula de White.

Análogamente, se efectúan experimentos similares para estimar las variaciones angulares frente a la acción de diversos compuestos químicos. El interés de estos experimentos radica en que la forma relajada del ADN favorece los procesos de replicación y transcripción mientras que un incremento de L y T los dificulta. Este hecho tiene importantes implicaciones en el diseño de antibióticos y ciertos fármacos.

La siguiente cuestión también está relacionada con el fenómeno de la replicación. Desde que Watson y Crick propusieron el modelo de la doble hélice hace 50 años y la forma en que la molécula se replicaba, la mayor parte de los elementos de la teoría fueron rápidamente confirmados y aceptados. No obstante, muchos autores señalaron la siguiente *paradoja*:

Si las dos hebras de la molécula están entrelazadas en forma de doble hélice y cuando se replican se separan en dos moléculas distintas, ¿cómo es posible que ambas puedan apartarse la una de la otra si están entrelazadas mutuamente?

Esta paradoja se conoce en la literatura como el *problema de la alineación* y, pese al tiempo transcurrido, todavía no se conoce con total exactitud el proceso. De hecho, las hipótesis que se manejan para explicar la replicación

suelen conducir a nuevos interrogantes y desafíos que, para ser afrontados con garantías, requieren el esfuerzo de equipos formados por biólogos y matemáticos.

Después de los primeros intentos para resolver esta cuestión, el descubrimiento de unas enzimas conocidas como *topoisomerasas* aportó nuevas perspectivas para esclarecer la situación. Estas enzimas, con nombres tan gráficos como la *ADN-girasa* y la *ADN-helicasa*, actúan cortando una o ambas hebras de la molécula y volviendo a unir los extremos en otro punto distinto. Esta acción, encaminada a facilitar la replicación, provoca un cambio en la geometría del ADN, y si queremos conocer cómo actúa de forma exacta una enzima determinada, la táctica consiste en deducir la variación de los parámetros T y L en virtud de cómo se altera el observable W .

Un aspecto decisivo de las topoisomerasas es que no alteran la configuración lineal de la molécula, esto es, la secuencia de los nucleótidos. No obstante, existe un conjunto de enzimas -conocidas como *recombinasas*- que sí modifican sustancialmente la estructura del ADN, *recombinando* la disposición lineal de los nucleótidos. Estas enzimas actúan bien moviendo un bloque de la molécula a otra posición, bien integrando un bloque de ADN de otra clase en la molécula original (véase la [Figura 3](#)).

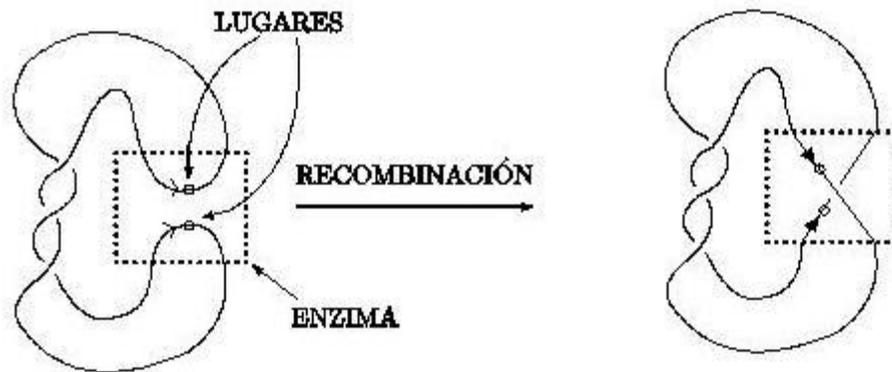


Figura 3.

El producto de la recombinación es una molécula diferente e incluso dos moléculas distintas. De nuevo, la acción de la recombinasa en el interior del *sinaptosoma* -el lugar determinado para la acción de la enzima- supone cambios topológicos en el sustrato. Así, partiendo de este y del producto de la reacción es posible deducir -mediante resultados matemáticos- la acción *oculta* de la enzima y lo que está ocurriendo dentro del sinaptosoma.

No podemos finalizar este pequeño trabajo sin apuntar dos sencillas reflexiones acerca de la investigación. ¿La primera de ellas es una reivindicación de la investigación “pura” en el sentido de investigación no aplicada?. La mayoría de las técnicas matemáticas que hemos nombrado se desarrollaron por sí mismas y sin ninguna finalidad concreta; posteriormente alguien fue capaz de adaptar la abstracción de un objeto matemático a un problema en la vida real, siendo ésta una situación que se repite continuamente.

Por último, cuando nos encontramos en un mundo en el que la investigación se divide en compartimentos estancos y donde la especialización es la clave de los éxitos, nos alegramos de que este trabajo refleje una especial simbiosis entre dos ciencias como la biología y las matemáticas. Quizás sea ésta la clave en la resolución de la ingente cantidad de problemas abiertos en todas las ramas de la ciencia. ¿Quién sabe?

Referencias

F. Brock Fuller: The writhing number of a space curve. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 68, 4 (1971), 815-819.

F. Brock Fuller: Decomposition of the linking number of a closed ribbon: A problem from molecular biology. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 75, 8 (1978), 3557-3561.

F.H.C. Crick: Linking numbers and nucleosomes. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 73, 8 (1976), 2639-2643.

K. Murasugi: *Knot Theory and its Applications*. Birkhäuser, Boston, 1996.

W.F. Pohl: Some integral formulas for space curves and their generalization. *Amer. J. Math.* 90 (1968), 1321-1345.

W.F. Pohl: The self-linking number of a closed space curve. *J. Math. Mechanics* 17, 10 (1968), 975-985.

W.F. Pohl: DNA and Differential Geometry. *Math. Intelligencer* 3 (1980), 20-27.

W.F. Pohl, G.W. Roberts: Topological considerations in the theory of replication of DNA. *J. Math. Biology* 6 (1978), 383-402.

L. Postow, B.J. Peter, N.R. Cozzarelli: Knot what we thought before: the twisted story of replication. *BioEssays* 21 (1999), 805-808.

D.W. Sumners: Untangling DNA. *Math. Intelligencer* 12 (1990), 71-80.

D.W. Sumners: Lifting the curtain: Using topology to probe the hidden action of enzymes. *Notices Amer. Math. Soc.* 42, 5 (1995), 528-537.

J.D. Watson, F.H.C. Crick: Molecular Structure of Nucleic Acids. *Nature* 171 (1953), 737-738.

J.H. White: Self-linking number and the Gauss integral in higher dimensions. *Amer. J. Math.* 91 (1969), 693-728.

¿Qué es el ADN?

¿Cuál es el modelo propuesto por Watson y Crick para describir la molécula de ADN?

Cuando en el texto usan las siglas A, C, G, y T se refieren a las letras que simbolizan las cuatro subunidades de nucleótidos de una banda ADN –Adenina, citosina, guanina, timina. Define cada una de ellas.

<p>¿Cómo se define el proceso de replicación del ADN?</p>
<p>¿Cuáles son las ramas de las matemáticas que matematizan el código de ADN?</p>
<p>¿Por qué entra en juego las matemáticas en el estudio de las estructuras moleculares del ADN?</p>
<p>¿Cuáles son las diferentes técnicas analíticas para estudiar las moléculas de ADN?.</p> <p>Representa un electroferograma de un secuenciador automatizado mostrando parte de una secuencia de ADN y relaciónalo con algún concepto matemático.</p>
<p>Según el texto ¿Cuáles son los tres parámetros que definen el número del ADN?</p>
<p>¿Cuál es la fórmula de White y por qué es importante?</p>
<p>Sintetiza en un párrafo la aplicación de la investigación.</p>

Investiga que es probabilidad condicional y que relación encuentras con la genética.

Momento 2

Debate orientado por el docente.

Objetivo: identificar la relación realizada por los estudiantes entre matemáticas y genética, además introducir nuevos puentes (estadística y probabilidad) para posibilitar interdisciplinaridad en el análisis de la problemática.

Momento 3 (Relación del ADN con la medicina forense)

Observa el siguiente video y responde.

<https://www.youtube.com/watch?v=AJGd9b3jC0Q>

¿Cómo puede el estudio del ADN ayudar a resolver un caso forense?

Compara las diferentes formas de identificar un individuo a partir de su código genético.

VNTRS

STRS

	<p>¿Qué es la huella genética?</p> <p>¿Cómo podemos relacionar el estudio del ADN con la problemática de violencia en el Norte del Valle de Aburra?</p>
--	---

DESARROLLO DE LA HABILIDAD

<p>Actividades recomendadas</p>	<p>Momento 1</p> <p>Reúnete con tus compañeros de equipo y analiza la siguiente situación.</p> <p>En la zona norte del Valle de Aburrá, en la localidad de Niquía una pareja presenta la siguiente situación, sabiendo que en el hombre el color café de los ojos "A" domina sobre el color azul "a". Esta pareja donde la mujer se encuentra en estado de gestación y en la que el hombre tiene los ojos cafés y la mujer ojos azules tienen dos hijos, uno de ellos de ojos cafés y otro de ojos azules.</p> <p>Averiguar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El genotipo del padre • La probabilidad de que el tercer hijo sea de ojos azules. <p>Dada la violencia del entorno donde habitan, uno de sus hijos desaparecen, ellos desesperados buscan a las autoridades competentes. Se toman muestras y se anexan a la base de datos de víctimas o personas desaparecidas de la zona.</p>
---------------------------------	--

Así, en la base se encuentran 200 personas que buscan a sus familiares desaparecidos. Para ayudarlos la policía debe seguir el siguiente proceso, ayúdalos.

Calcular la frecuencia de los alelos A, B, C a partir de los datos obtenidos en el estudio poblacional de los familiares de las víctimas, donde se encontraron los siguientes genotipos:

AA: 21, AB: 66, AC: 52, BB: 14, BC: 39, CC: 8

Frecuencia del alelo A: _____

Frecuencia del alelo B: _____

Frecuencia del alelo C: _____

Posteriormente se encuentra un cadáver en cierto grado de descomposición y no es posible identificarlo por reconocimiento facial ni corporal, se dispone a realizar un cotejo genético. Se tiene que Juan (Presunto padre) es AC y María presunta madre es BB y la víctima BC. Calcula la probabilidad de que Juan sea el padre biológico de la víctima ¿Cuál es su opinión en relación con la probabilidad de que Juan sea el padre biológico?

¿Qué otra técnica usarías para dar una respuesta con mayor certeza?

Momento 2

Visita laboratorio IDENTIGEN Universidad de Antioquia

Objetivo: Desarrollar una actividad practica de obtención y cotejo de material genético, orientado por especialistas, para posibilitar el estudio de la ciencia forense desde el ámbito escolar.

Posterior a la visita realizar un informe de laboratorio donde se evidencie la práctica realizada.

Momento 3

Existe una variación importante de homicidios en la zona norte del Valle de Aburrá como se muestra en el siguiente gráfico.



JUDICIAL

HOMICIDIOS EN BELLO



Hubo **15 homicidios** entre el 1 de enero y el 24 de febrero de 2019.



Fuente: Policía y Medicina Legal. Infografía: EL COLOMBIANO © 2019. CF (N4)

Según una noticia publicada por RCN el día 18 Jul 2019 - 08:02 Am la alcaldesa de Bello (Antioquia), Adriana Salas, advirtió que es muy preocupante la situación en materia de seguridad y orden público que enfrenta el municipio, ya se tiene una **tasa** que rebasa el 153% en un semestre, porque en todo lo corrido de 2018 se presentaron un total de 79 crímenes mientras que en 2019 las cifras se dispararon.

De acuerdo con la información responde las siguientes preguntas.

¿A qué se refiere la Alcaldesa de Bello cuando usa el término **tasa**?

¿Qué variables intervienen en la medición de la tasa de variación?

Encuentra una manera de modelar la tasa de variación de los homicidios en Bello

Si el incremento de la tasa fue de un 153% ¿Cuántos homicidios van hasta el día 18 de julio en el municipio de Bello?

Realiza un gráfico donde se incorpore los datos del 2019 con relación a homicidios en Bello

Año	Número de homicidios	Número de homicidios por día
-----	----------------------	------------------------------

2011

2012

2013

2014

2015

2016

2017

2018

2019

Según los datos obtenidos en promedio ¿Cuántos homicidios suceden en bello por día? Para dar respuesta completa la siguiente tabla.

Investiga que cantidad de víctimas fueron plenamente identificadas.

¿Cómo puede el estudio genético ayudar a reducir los índices de personas asesinadas sin identificar en Bello?

RELACIÓN

Actividades
recomendadas

Exposición: los estudiantes deben dar cuenta de la relación encontrada en el estudio de homicidios y desaparición en la zona norte del Valle de aburra y como la genética y las matemáticas ayudan al análisis y búsqueda de posibles soluciones. Se usará la siguiente rubrica como instrumento de evaluación.

Criterio	Valoración de 1 a 5
Usa terminología científica (biológica y matemática) para explicar la situación.	
Usa datos e información biológica y matemática para proponer posibles soluciones.	
Resuelve problemas que involucre probabilidad condicional o simple.	

Representa la información de diversas maneras como gráficos y tablas para inferir de manera organizada información importante.	
Se apropia del concepto de ADN y sus técnicas de obtención.	
Toma una postura crítica en cuanto a la situación problema.	
Relaciona asuntos matemáticos y biológicos.	
Promedio total	

Observaciones: Cada ítem se evalúa de acuerdo con las actividades desarrolladas en las guías por cada grupo, la cual debe ser diligenciada y entregada al profesor al finalizar cada sesión.

- Orientación del docente en relación con las conclusiones del trabajo desarrollado y postura que podemos tomar como ciudadanos ante problemáticas locales y nacionales como la violencia en nuestra comunidad y país.

- **Intervención en la institución**

Realizar una campaña de concientización donde se evidencie la problemática, postura crítica y reflexiva de la situación, también donde se muestren posibles soluciones a la problemática.

- **Intervención en la comunidad.**

	Realizar una noticia donde se muestre a la comunidad el trabajo realizado en la institución en relación con la situación problema.
Observaciones:	

ANEXO 3. Guías didácticas

L. Postow, B.J. Preter, N.R. Cozzarelli: What we thought before: the twisted story of replication. *BioEssays* 21 (1999), 805-808.

D.W. Summers: Untangling DNA. *Math. Intelligencer* 12 (1990), 71-80.

D.W. Summers: Lifting the curtain: Using topology to probe the hidden action of enzymes. *Noticias Amer. Math. Soc.* 42, 5 (1995), 528-537.

J.D. Watson, F.H.C. Crick: Molecular Structure of Nucleic Acids. *Nature* 171 (1953), 737-738.

J.H. White: Self-linking number and the Gauss integral in higher dimensions. *Amer. J. Math.* 91 (1969), 693-728.

¿Qué es el ADN? **sigla de ácido desoxirribonucleico. Es proteína compleja que se encuentra en el núcleo de las células y constituye el principal constituyente del material genético de los seres vivos.**

¿Cuál es el modelo propuesto por Watson y Crick para describir la molécula de ADN? **Una hélice de hélice que se entrelazan helicoidalmente en torno a un eje común. Es una hélice de doble cadena de doble cadena antiparalela. El esqueleto se encuentra formado por las cadenas de ADN constituido por los azúcares de los nucleótidos que las bases nitrogenadas se encuentran en el interior y forma puentes de hidrógeno entre las bases de las cadenas de ADN.**

¿Cuándo en el texto usan las siglas A, C, G, y T se refieren a las letras que simbolizan las cuatro subunidades de nucleótidos de una banda ADN - adenina, citosina, guanina, timina. Definir cada una de ellas. **Las letras A, C, G, y T se refieren a las cuatro subunidades de nucleótidos de una banda ADN - adenina, citosina, guanina, timina. Definir cada una de ellas.**

¿Cómo se define el proceso de replicación del ADN? **Es el proceso mediante el cual se duplica una molécula de ADN. Cuando una célula se divide, el primer paso debe duplicar su genoma para que cada célula hija contenga un juego completo de cromosomas.**

¿Cuáles son las ramas de las matemáticas que matematan el código de ADN? **La topología y la teoría de grafos. En el estudio de algunas propiedades de los cuerpos geométricos que pertenecen a matemáticas como la combinatoria, etc.**

¿Por qué entra en juego las matemáticas en el estudio de las estructuras moleculares del ADN? **Se relaciona con la topología y la combinatoria. En el ADN, las cadenas de nucleótidos se relacionan con la combinatoria y la topología. En los cálculos de las estructuras moleculares del ADN, se utilizan las matemáticas para describir las interacciones entre los nucleótidos y para determinar la estructura de las cadenas de nucleótidos. En algunos casos, se utilizan las matemáticas para describir la estructura de las cadenas de nucleótidos y para determinar la estructura de las cadenas de nucleótidos.**

¿Cuáles son las diferentes técnicas analíticas para estudiar las moléculas de ADN? **Representa un electroferograma de un secuenciador automatizado mostrando parte de una secuencia de ADN y relacionarlo con algún concepto matemático.**

¿Qué es la relación de White y por qué es importante? **La relación de White es una relación matemática que se utiliza en la determinación de la estructura de las cadenas de nucleótidos del ADN en las que se ven los pares de bases. Se define como $L = T + W$.**

¿Cuál es la fórmula de White y por qué es importante? **La fórmula de White es $L = T + W$. Con ella denominamos al significado de la letra W que está entre los 3 parámetros que definen el número de ADN.**

Sintetiza en un párrafo la aplicación de la investigación. **Se relaciona con la topología y la combinatoria. En el ADN, las cadenas de nucleótidos se relacionan con la combinatoria y la topología. En los cálculos de las estructuras moleculares del ADN, se utilizan las matemáticas para describir las interacciones entre los nucleótidos y para determinar la estructura de las cadenas de nucleótidos.**

Investiga que es probabilidad condicional y que relación encuentras con la genética. **Es la probabilidad de que ocurra un evento A, sabiendo que también sucede otro evento B. Se escribe P(A|B) o P(B|A). La relación entre dos personas, ya sea que podrían ser familia o no.**

Momento 2

Debate orientado por el docente.

Objetivo: identificar la relación realizada por los estudiantes entre matemáticas y genética, además introducir nuevos puentes (estadística y probabilidad) para posibilitar interdisciplinariedad en el análisis de la problemática.

Momento 3 (Relación del ADN con la medicina forense)

Representa un electroferograma de un secuenciador automatizado mostrando parte de una secuencia de ADN y relacionalo con algún concepto matemático.

Esta es una secuencia de niveles. Se relaciona bastante con el electrocardiograma; con ondas que miden lactidos del corazón.

Momento 2

Debate orientado por el docente.

Objetivo: identificar la relación realizada por los estudiantes entre matemáticas y genética, además introducir nuevos puentes (estadística y probabilidad) para posibilitar interdisciplinariedad en el análisis de la problemática.

Momento 3 (Relación del ADN con la medicina forense)

Observa el siguiente video y responde. (<https://www.youtube.com/watch?v=AIG0993J000>)

¿Cómo puede el estudio del ADN ayudar a resolver un caso forense? **El ADN es un código genético que se utiliza para identificar a las personas. En un caso forense, se puede utilizar el ADN para identificar a una persona que ha sido asesinada o para determinar la paternidad de un niño.**

Compara las diferentes formas de identificar un individuo a partir de su código genético. **Las diferentes formas de identificar un individuo a partir de su código genético son: la identificación por ADN, la identificación por huellas dactilares, la identificación por el pelo, la identificación por la sangre, etc.**

¿Qué es la huella genética? **Es una técnica que se utiliza para distinguir entre individuos. Una muestra genética en zonas del genoma se denomina polimorfismo de nucleótidos simples y son utilizadas para la identificación de personas.**

¿Cómo relacionar el estudio del ADN con la problemática de violencia en el norte del valle de aburrá? **La genética puede ayudar a identificar a las personas que han sido asesinadas o a determinar la paternidad de un niño. En el norte del valle de aburrá, se ha encontrado un alto nivel de violencia, lo que puede estar relacionado con la genética.**

DESARROLLO DE LA HABILIDAD

Momento 1

Reúnete con tus compañeros de equipo analiza la siguiente situación y responde.

En la zona norte del valle de aburrá, en la localidad de Niquin una pareja presenta la siguiente situación, sabiendo que, en el hombre el color café de los ojos "A" domina sobre el color azul "a". Esta pareja donde la mujer se encuentra en estado de gestación y en la que el

hombre tiene los ojos cafés y la mujer ojos azules tienen dos hijos, uno de ellos de ojos cafés y otro de ojos azules. Averiguar:

- El genotipo del padre
- La probabilidad de que el tercer hijo sea de ojos azules.

Dada la violencia del entorno donde habitan, unos de sus hijos desaparece, ellos desesperados buscan a las autoridades competentes. Se toman muestras y se anexan a la base de datos de víctimas o personas desaparecidas de la zona. Así, en la base se encuentran 200 personas que buscan a sus familiares desaparecidos. Para ayudarlos la policía debe seguir el siguiente proceso, ayúdalos.

Calcular la frecuencia de los alelos A,B,C a partir de los datos obtenidos en el estudio poblacional de los familiares de las víctimas, donde se encontraron los siguientes genotipos:

AA: 21, AB: 66, AC: 52, BB: 14, BC: 39, CC: 8

Frecuencia del alelo A: $\frac{139}{190}$

Frecuencia del alelo B: $\frac{119}{190}$

Frecuencia del alelo C: $\frac{99}{190}$ 0,52

Posteriormente se encuentra un cadáver en cierto grado de descomposición y no es posible identificarlo por reconociendo facial ni corporal, se dispone a realizar un cortejo genético. Se tiene que Juan (Presunto padre) es AC y María presunta madre es BB y la víctima BC. Calcula la probabilidad de que Juan sea el padre biológico de la víctima ¿Cuál es su opinión en relación a la probabilidad de que Juan sea el padre biológico?

$$\begin{aligned} \text{Papá y Mamá} &= 0 & A &= 0,22 \\ & & B &= 0,2 \\ \times \\ \frac{(A \cap B)}{0,07} &= \frac{0,2}{0,07} = 2,8 & \frac{0,30}{0,52} &= 0,69 \\ \frac{A \cap B}{0,32} &= \frac{0,30}{0,52} \end{aligned}$$

¿Qué otra técnica usarías para dar una respuesta con mayor certeza?

Divide la cantidad de eventos entre la cantidad de resultados posibles. En este caso la probabilidad de que ocurra un único evento, es el caso de obtener un 3 en el dado la cantidad de eventos es 1 (hay únicamente un 3 en cada dado) y la cantidad de resultados es 6 (cada relación también puede expresarse como 1/6, 1/6, 0,166 o 16,6%). Así es como se encuentra.

Momento 2

ANEXO 4. Entrevistas

ENTREVISTA CONTEXTO

Nombre: Diego F. Grado: 11º

Describe el contexto sociocultural cercano a tu entorno.

Es un contexto sociocultural el cual es algo tradicional guiado por las normas predeterminadas por el sistema educativo conservador, siendo con más acentuado por un sistema con acontecimientos capitalista.

Menciona alguna experiencia en relación con la violencia, desapariciones, homicidios, etc. Que haya ocurrido cerca a tu localidad.

Conozco algunas personas y cosas cerca de mi entorno, una de ellas es la desaparición de una niña que vivía cerca de mí, con se cree que fue un vecino que estaba observando con ella.

¿Conoces los programas propuestos por la Unidad para la Atención y la Reparación Integral a las Víctimas a nivel nacional después del acuerdo de paz? Describe.

Conozco algunos, ya que he estado en lugares donde se aplican cosas fuertemente, cuando de esto, cuando uno está en un cierto tiempo, los estudiantes y los profesores, los tratan a los afectados por la violencia.

¿Qué ciencias matemáticas? ¿Cuáles de ellas matemáticas consideras más relevantes a nivel académico? Justifica tu respuesta.

Las matemáticas son un idioma el cual se aplica en muchas situaciones, esto también es descubiertas y utilizadas a nuestro favor. Si es un contexto a nivel académico ya que de esta, podemos encontrar la parte de todo lo que se aprende académico.

¿Qué son las ciencias naturales? ¿Cuáles de ellas matemáticas consideras más relevantes a nivel académico? Justifica tu respuesta.

Las ciencias naturales son aquellas ciencias que tratan de explicar procesos biológicos y físicos de nuestro entorno que son un contexto a nivel académico ya que todo lo que se ve con lo natural, es estudiado.

¿Qué son las ciencias forenses? ¿Consideras las ciencias forenses apropiadas para la enseñanza a los estudiantes, de su nivel académico? Justifica tu respuesta.

Las ciencias forenses, son aquellas ciencias aplicadas a la solución de problemas y casos forenses. Obvia son apropiadas para el nivel académico, se usan matemáticas aplicadas, biología, etc. Además se plantean problemas más fáciles.

Si se encuentran, las matemáticas están en todo, física, química, biología, etc.

¿Qué son las ciencias exactas? ¿Cuáles de ellas matemáticas consideras más relevantes a nivel académico? Justifica tu respuesta.

Se ven aprendiendo, pero es posible, ya que hay gente que da un estudio temprano e incluso de personas matemáticas fuertemente activas.

¿Qué son las ciencias de la vida? ¿Cuáles de ellas matemáticas consideras más relevantes a nivel académico? Justifica tu respuesta.

Si para esto están los estudiantes, son estudiados y por tanto se pueden hacer matemáticas fuertemente activas, así nos podemos basar en datos reales y precisos.

ANEXO 5

5.1 Análisis encuesta: contexto

Estudiante	Descripción de Contexto sociocultural
Estudiante A	(...) Algo tradicional, guiado por normas predeterminadas por un sistema educativo conservador (...) [En este caso la Institución xxxxx]. (Entrevista 10/02/19)
Estudiante B	Sano vivir, mucha naturaleza, no se ve mucha violencia.

Estudiante C Últimamente ha estado calmado, pero ha habido tiempos donde no.

Estudiante Narración de experiencias en relación con la violencia ocurridas cerca a tu localidad

Estudiante A Ocurren con frecuencia cerca de mi entorno, un caso es la desaparición de una niña que vivía cerca de mi casa, al parecer por un vecino obsesionado con ella.

Estudiante B En la basura se encontró dos cuerpos en estado de descomposición.

Estudiante C La muerte de un señor por los lados de una cañería.

Estudiante Matemáticas como un contexto a nivel académico

Estudiante A Si es contexto académico ya que a partir de esa podemos encontrar la raíz de todo lo que se concibe académico

Estudiante B Está en nuestra naturaleza, principal reto es comprenderlas y aplicarlas en nuestra vida diaria.

Estudiante C Es una ciencia que permite resolver problemas.

Estudiante Ciencias naturales como un contexto académico

Estudiante A Si es contexto académico ya que todo lo que tiene que ver con lo natural, es estudiable.

Estudiante B Si ya que todo lo que rodea trabaja para realizar su ciclo de vida y poder mantener la cultura y la vida preservadas para un futuro estable dentro del mundo.

Estudiante C Si, ya que nos está enseñando el ciclo y conceptos de todo lo que nos rodea.

5.2 Análisis encuesta interdisciplinariedad

Estudiante Relación entre matemáticas y ciencias forenses.

Estudiante A Si, las matemáticas están en todo, procesos, pensamientos, fórmulas. Etc.

Estudiante B Si, por ejemplo, tamaño de larva utilizas las matemáticas, para saber cuánto miden. O también para saber cuánto tiempo un ser vivo lleva muerto utilizas las matemáticas para saberlo

Estudiante C Sí, hay relaciones. Como por ejemplo en la naturaleza se encuentran figuras geométricas, y hay más relaciones.

Estudiante Las matemáticas pueden ayudar a orientar las investigaciones y buscar estrategias que reduzcan los índices de delincuencia

Estudiante A Si, para esto están las estadísticas, son estudiables y por tanto se pueden hallar mecanismos realmente efectivos....

Estudiante Bconsidero que si ya que se pueden proponer ciertos conocimientos que nos ofrecen las matemáticas para empezar a utilizarlas en la vida

diaria....hacer programas y prevenir la delincuencia por medio de las matemáticas.

Estudiante C Si ayudan a investigar para tener una exactitud a cerca de ello, pero no sé si ayudarán a reducirlo

5.3 Análisis de las guías.

Estudiantes Relación del estudio de ADN con la problemática de violencia en el valle de ABURRÁ.

Estudiante Acuerpos no son reconocidos a simple vista, en este punto es donde entra el estudio del ADN....

Estudiante B La genética violenta....la probabilidad de ser familia, crea un vínculo, entre persona.

Estudiante C Nos ayuda mucho el estudio del ADN, puesto que nos permite identificar los cadáveres.....

Estudiante Porqué entra en juego las matemáticas en el estudio de las estructuras moleculares del ADN

- Estudiante A Entra en juego las matemáticas ya que es necesaria una explicación y método formal que proporciona las matemáticas, además hay conceptos como código, forma, estructura que se explican con matemáticas....
- Estudiante B Se encuentra presente en la formación del ADN,.... comparan que las ecuaciones algebraicas de un código corrector de errores con ciertas secuencias del ADN, atribuyendo una lógica de los nucleicos que conforman el genoma....
- Estudiante C En el estudio, ellos compararon las ecuaciones algebraicas de un código corrector de errores con ciertas secuencias del ADN

5.4 Consentimiento padres de familia para la realización de la investigación estudiantes grado 10°

COMPROMISO PADRES DE FAMILIA, ASISTENCIA A FORMACIONES Y DEMAS.

Yo como padre de familia y/o acudiente, del estudiante _____, del grado _____ para el año 2019, me comprometo a participar activamente en la escuela de padres, actos culturales y recreativos, conferencias y demás actividades que el colegio programe en beneficio de mi formación y la de mi hijo y/o estudiante a mi cargo. En caso contrario conozco que para el siguiente año escolar el Colegio San Rafael podría No renovar la matrícula al estudiante mencionado.

Firma del Padre c.c. No.

Firma de la Madre c.c. No.

Firmado a los ____ días del mes de _____ del _____

CONSENTIMIENTO INFORMADO

yo, _____ identificado con c/c _____ expedida en _____ y yo, _____ identificado con c/c _____ expedida en _____, padres y/o acudientes responsables del menor _____ y en pleno uso de nuestras facultades mentales, SI ____ NO ____ autorizamos la toma de fotos, videos, datos e información requerida por la institución para fines investigativos a nivel didáctico y pedagógico, además la publicación de éstas en la página o red social del Colegio San Rafael de Copacabana Antioquia, únicamente con fines educativos.

Este consentimiento informado se firma a los ____ días del mes de _____ del 201____

Rectora
Astrid María Zapata

Firma del Padre c.c. No.

Firma de la Madre c.c. No.

AUTORIZACION DE SALIDA PEDAGOGICA PARA EL AÑO 2019

Nosotros: _____ y, _____ Identificados con la cédula de ciudadanía como parece en nuestras firmas, padres de familia del (la) estudiante _____, matriculado (a) en el grado: _____.

Somos conscientes de la propuesta que hace el Colegio San Rafael de implementar como herramienta formativa con los estudiantes las salidas pedagógicas, a su vez, que posibilita un aprendizaje significativo estimulando la creatividad, el interés y las ganas de aprender a partir de sus propios cuestionamientos. Igualmente, la posibilidad de interactuar con diferentes ambientes a los encontrados en la Institución.

Por lo tanto: Autorizo a mi acudido para asistir a todas las salidas pedagógicas realizadas durante el año 2019, las cuales tienen como objetivo el fortalecimiento y desarrollo de las competencias científicas, ciudadanas y laborales, orientadas al ejercicio permanente de la investigación, la convivencia y la participación crítica responsable.

Se solicita su autorización e información adicional para garantizar la seguridad de su hijo(a).

Números de celular de padres y/o acudientes: _____ Eps del estudiante: _____

Dado en Copacabana-Antioquia Colombia a los ____ del mes ____ del ____

Firma del Padre c.c. No.

Firma de la Madre c.c. No.