



GENÉTICA MENDELIANA Y ARGUMENTACIÓN CON EL CÓMIC COMO
HERRAMIENTA DE APRENDIZAJE EN ESTUDIANTES DE GRADO NOVENO

JOHN ALEXANDER BARRERA MONTAÑA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES
FACULTAD DE ESTUDIOS SOCIALES Y EMPRESARIALES
MAESTRÍA EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS VIRTUAL
MANIZALES

2024

GENÉTICA MENDELIANA Y ARGUMENTACIÓN CON EL CÓMIC COMO
HERRAMIENTA DE APRENDIZAJE EN ESTUDIANTES DE GRADO NOVENO.

Autor

JOHN ALEXANDER BARRERA MONTAÑA

Trabajo de grado para optar por el título de Magister en Enseñanza de las Ciencias

Asesora

MG. LAURA XIMENA GIRAL RAMIREZ

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES

FACULTAD DE ESTUDIOS SOCIALES Y EMPRESARIALES

MAESTRÍA EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS VIRTUAL

MANIZALES

2024

DEDICATORIA

Al universo, por su grandeza y caminos.

La realización de este gran objetivo en mi vida va dirigido a toda mi familia y amigos quienes siempre me apoyaron, tuvieron paciencia con mis ausencias y me nutrieron con sus palabras de aliento.

A mi Chef y madre María del Carmen, por ser mi primera maestra en el aprendizaje de las primeras letras cuando era pequeño, y ahora yo, con algunas canas, ella me sigue viendo, amando y aprendiendo de los libros.

A mi hija Michell Alexandra, por ser la brújula en mi vida, quien me enseña con su disciplina y entrega en busca de la excelencia, a ser mejor persona y profesional.

A mi hermano Julio César, quien ha sido siempre mi amigo incondicional ofreciéndome su apoyo en donde me encuentre. Esa voz con la que puedo hablar de temas serios y de pasatiempos comunes.

A mi hermana Luz Dary, mis sobrinos Carlos Eduardo, Diego Ferney y Julián Ricardo, mis más profundos sentimientos de gratitud por su inmenso cariño y amistad en todo momento. A mi cuñado Luis Eduardo, por su infinito apoyo y palabras sabias de dirección en mi vida.

A mi gran amiga María Nancy, quien me apoyó y dio siempre palabras de fortaleza en los momentos en que tuve que alejarme de mi familia, y con su cariño y conversaciones bonitas todos los días, alivió mis cargas. Que desde el cielo siempre me guíe.

A mi amiga Estrellita, quien, con su don de gente, cariño, ternura y grandeza como persona, ha enriquecido mi vida con una amistad incondicional.

A mi cuñada Carolina, mis agradecimientos por su alegría, amistad y buenos deseos para mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Mis más sinceros agradecimientos a la Universidad Autónoma de Manizales por brindarme la oportunidad de realizar esta gran meta en mi vida personal y profesional, que me ha permitido comprender esta labor tan humana como lo es la docencia.

Mi gratitud infinita a mi directora de Tesis, la magister Laura Ximena Giral Ramírez por su paciencia, constancia, consejos sabios y orientaciones pertinentes en el transcurso de su pleno acompañamiento. Mil gracias por siempre redirigir mi horizonte.

Mi eterna gratitud a la profesora Ana Milena López Rúa, quien es un apoyo permanente en los momentos de duda. Muy agradecido por el magnífico ser humano y excelente persona con que contamos todos los maestrantes que tuvimos la oportunidad de compartir el encuentro por nuestros caminos en la vida.

Mi gratitud a todos mis maestros de los módulos, compañeros de estudio y personal administrativo, que posicionan a la Universidad Autónoma de Manizales en una institución de alta calidad cuyo paso por esta es inolvidable.

Mil gracias a mi gran amigo Yecith David Puerto Parra, Doctor en Biomedicina de la Universidad de Granada en España, quien, desde sus labores diarias, siempre estuvo dispuesto para apartar espacio en su agenda para aconsejarme en su gran conocimiento de la Genética.

Mis agradecimientos sinceros a todos los estudiantes de grado noveno de la I.E San Agustín, del municipio de Aguazul, Casanare, por su paciencia y gran empeño para realizar las actividades de esta investigación. Así mismo, mil gracias al señor rector Edgar Ramírez Gallego por su apoyo en todas las actividades para realizar este trabajo. De igual forma, mi gratitud al personal administrativo de la I.E. San Agustín.

RESUMEN

En los últimos tiempos los lenguajes visuales se han consolidado como un medio ágil, eficaz, dinámico y entretenido para transmitir información y comunicarse entre sí. En la educación, el comic no ha sido tomado muy en serio como una herramienta innovadora a la hora de contribuir al aprendizaje, en especial de asignaturas de línea científica. De esta forma, el comic en primera instancia se puede emplear en el aprendizaje de la genética mendeliana, que se constituye en un tema pilar de Biología, y en segunda instancia, el aprendizaje de la argumentación, tema esencial en la defensa de ideas de corte científico y cotidiano.

El objetivo de la presente investigación lo constituyó describir la forma en influye el comic en el aprendizaje y en la argumentación de la genética mendeliana. El enfoque investigativo trabajado correspondió al de tipo cualitativo con estudiantes que tomaron clase de ciencias naturales en la Institución Educativa San Agustín, ubicada en Aguazul, Casanare en Colombia.

Realizado el trabajo de investigación se encontró que el comic influye en el cambio de los modelos explicativos de la genética, el aprendizaje de la genética mendeliana, a la vez que propicia la construcción de argumentos con mejor estructura y coherencia tanto en la anatomía como en la fisiología del texto.

Palabras clave: aprendizaje, argumentación, cómic, genética mendeliana.

SUMMARY

In recent times, visual languages have established themselves as an agile, effective, dynamic and entertaining means to transmit information and communicate with each other. In education, comics have not been taken very seriously as an innovative tool when it comes to contributing to learning, especially in scientific-related subjects. In this way, the comic in the first instance can be used in the learning of Mendelian genetics, which is a pillar topic of Biology, and in the second instance, the learning of argumentation, an essential topic in the defense of cutting-edge ideas. scientific and everyday.

The objective of this research was to describe the way comics influence learning and the argumentation of Mendelian genetics. The investigative approach worked corresponded to the qualitative type with students who took natural sciences classes at the San Agustín Educational Institution, located in Aguazul, Casanare in Colombia.

Once the research work was carried out, it was found that the comic influences the change in the explanatory models of genetics, the learning of Mendelian genetics, while promoting the construction of arguments with better structure and coherence in both anatomy and text physiology.

Keywords: learning, argumentation, comic, Mendelian genetics.

CONTENIDO

1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
1.1	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	11
2	OBJETIVOS.....	18
2.1	OBJETIVO GENERAL.....	18
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3	JUSTIFICACIÓN.....	19
4	MARCO CONCEPTUAL.....	21
4.1	IMPORTANCIA DE LA ARGUMENTACIÓN.....	21
4.2	EL ARGUMENTO Y SUS FUNCIONES	21
4.3	LA ARGUMENTACIÓN EN CIENCIAS	23
4.4	ENSEÑANZA DE LA GENÉTICA Y SUS PROBLEMAS.....	28
5	METODOLOGÍA	36
5.1	ENFOQUE Y ALCANCE	36
5.2	UNIDAD DE TRABAJO	37
5.3	CONSIDERACIONES ÉTICAS	37
5.4	UNIDAD DE ANÁLISIS	37
5.5	DISEÑO METODOLÓGICO.....	42
5.6	UNIDAD DIDÁCTICA.....	44
5.7	PLAN DE ANÁLISIS	44
6	ANÁLISIS Y DISCUSION	46
6.1	IDENTIFICACIÓN DE LOS MODELOS EXPLICATIVOS DE LA GENÉTICA E INFLUENCIA DEL COMIC EN EL APRENDIZAJE DE LA GENÉTICA MENDELIANA.....	46
6.1.1	Situación Problema 1.....	54
6.1.2	Situación Problema 2.....	58
6.1.3	Situación Problema 3.....	65
6.1.4	Situación Problema 4.....	69
6.1.5	Anatomía Y Fisiología Del Argumento Escrito En El Momento De Ubicación	73

6.1.6	Anatomía Y Fisiología Del Argumento Escrito En El Momento De Desubicación	75
6.1.7	Anatomía Y Fisiología Del Argumento Escrito En El Momento De Reenfoque.....	75
6.1.8	Anatomía Y Fisiología Del Argumento En El Cómic Durante El Momento De Ubicación	78
6.1.9	Anatomía Y Fisiología Del Argumento En El Cómic Durante El Momento De Desubicación	80
6.1.10	Anatomía Y Fisiología Del Argumento En El Cómic Durante El Momento De Reenfoque.....	80
7	CONCLUSIONES	86
8	RECOMENDACIONES	89
9	REFERENCIAS	90
10	ANEXOS.....	94

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Diseño metodológico	42
Figura 2 Modelos explicativos de la genética representados a través del comic en el momento de ubicación.....	47
Figura 3 Modelos explicativos de la genética por estudiante a través del comic en el momento de ubicación.....	48
Figura 4 Modelos explicativos de la genética con respuestas escritas durante el momento de ubicación.....	48
Figura 5 Modelos explicativos de la genética por estudiante con respuestas escritas durante el momento de ubicación.....	49
Figura 6 Modelos explicativos de la genética representados a través del comic en el momento de reenfoque	50
Figura 7 Modelos explicativos de la genética por estudiante a través del comic durante el momento de reenfoque	51
Figura 8 Modelos explicativos de la genética con respuestas escritas durante el momento de reenfoque	52
Figura 9 Modelos explicativos de la genética por estudiante de forma escrita durante el momento de reenfoque	53
Figura 10 Comic del modelo explicativo de la genética del estudiante 2 en el momento de ubicación.....	54
Figura 11 Cómic del modelo explicativo de la genética del estudiante 2 en el momento de reenfoque	56
Figura 12 Comic del modelo explicativo de la genética del estudiante 5 en el momento de ubicación.....	59
Figura 13 Cómic del modelo explicativo de la genética del estudiante 5 durante el momento de reenfoque	60
Figura 14 Cómic del modelo explicativo del estudiante 6 durante el momento de ubicación	61
Figura 15 Comic del modelo explicativo del estudiante durante el momento de reenfoque	61
Figura 16 Cómic propuesto para dar inicio a la situación problema 3	65
Figura 17 Comic del modelo explicativo de la genética del estudiante 1 durante el momento de ubicación.....	66
Figura 18 Comic del modelo explicativo de la genética del estudiante 1 durante el momento de reenfoque	67
Figura 19 Anatomía y fisiología del argumento en el comic durante el momento de ubicación del estudiante 3.....	79
Figura 20 Anatomía y fisiología del argumento en el comic durante el momento de ubicación del estudiante 7.....	79

Figura 21 Anatomía y fisiología del argumento en el comic durante el momento de reenfoque del estudiante 3	82
Figura 22 Anatomía y fisiología del argumento en el comic durante el momento de reenfoque del estudiante 7	82

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Modelos explicativos de la genética.....	38
Tabla 2 Categoría de análisis argumentación escrita y en cómic	40

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El presente capítulo aborda el planteamiento del problema desde las relaciones entre la dinámica de experiencia docente en el tema y la búsqueda de antecedentes que sustentan la problemática de argumentación en genética mendeliana.

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La argumentación se constituye en un componente principal de la comunicación porque permite respaldar una idea de manera lógica y convincente. Para Weston (1994), argumentar es importante en la vida diaria porque permite defender ideas, generar criterios de selección de información, desarrollar la tolerancia a la diversidad de juicios personales, indagar sobre la realidad y alejarse de los prejuicios.

En el caso particular de los estudiantes de grado noveno de la Institución Educativa San Agustín, estos presentan dificultades en la argumentación, debido a que dentro del pensum escolar existen pocos esfuerzos por desarrollarla, ocasionando que las estructuras argumentativas no sean las más apropiadas. Esta situación genera que los estudiantes presenten falencias a la hora de identificar, plantear y rebatir argumentos disciplinares y del diario vivir. Esta problemática presenta como antecedentes la desmotivación hacia los temas de carácter científico porque consideran que la problemática científica es lejana al contexto y se siguen buscando explicaciones etnoculturales a situaciones cotidianas, tales como atribuir las enfermedades a energías misteriosas o a la envidia de los vecinos.

Otro factor que afecta el desempeño de los estudiantes en la argumentación es el desinterés por la comprensión y funcionamiento de la ciencia, así como de su trascendencia en la sociedad reflejado en apatía a la hora de informarse, preguntar y cuestionarse sobre noticias o aspectos relacionados con la ciencia. Este desinterés por la ciencia puede deberse a la desmotivación generada desde el hogar, debido a que la mayoría de los padres no cuentan con una formación académica avanzada que permita identificar el valor e importancia de la ciencia en la solución de problemas del mundo actual. Es así como la fuerte tradición cultural llanera asociada a la construcción de imaginarios sobrenaturales

explicativos de situaciones o problemas cotidianos, ha restringido la forma en que la comunidad percibe el valor de la ciencia.

Un factor muy decisivo en el desempeño argumentativo lo constituye la escasa formación e interés por parte de los profesores para desarrollar la argumentación en las aulas; como consecuencia no se generan escenarios dialógicos y didácticos que la propicien y fortalezcan. En este sentido, desde la institución educativa se asume que la argumentación solo la pueden explicar los profesores de lenguaje o filosofía, perdiendo de esta forma otros matices argumentativos vistos desde otros enfoques disciplinares.

Del mismo modo, desde la escuela se presentan dificultades para implementar metodologías alternativas que motiven al estudiante a relacionarse de mejor forma con el aprendizaje. Las clases magistrales se han constituido en un factor que distancia al estudiante de la posibilidad de acceder de una forma más activa y significativa al conocimiento; por lo tanto, el comic es una herramienta poco empleada en el aula para estimular capacidades cognitivas que resignifique el valor del aprendizaje.

Por lo tanto, el aporte del presente trabajo de investigación consiste en propiciar la argumentación en los estudiantes de grado noveno para que sean capaces de construir argumentos, defender sus ideas, ser tolerantes ante los argumentos de sus compañeros y aprendan genética mendeliana a través del comic.

Desde esta perspectiva, con respecto al desarrollo de la argumentación y la enseñanza de la genética mendeliana, como antecedentes se hará referencia a dos trabajos de orden internacional y dos estudios nacionales. Referentes locales e incluso institucionales no lograron ubicarse. A través de los trabajos hallados se resaltan elementos importantes para tener en cuenta en la presente investigación, como los referidos a los modelos explicativos de la genética y los empleados como criterios relevantes para la generación de la unidad didáctica. Las investigaciones distan del presente trabajo por el contexto de los estudiantes, así como por la incorporación de cómic.

A nivel internacional se tiene como base el trabajo realizado por Sardá y Sanmartí (2000) en cuanto a un trabajo realizado para enseñar a argumentar en clase de ciencias. Se analizó la anatomía y fisiología del argumento de textos escritos y orales en marco de un juego de rol en 14 estudiantes del Instituto Pere Calders de Cerdanyola del Vallés

(Barcelona). Los resultados indicaron que la anatomía del texto se presentó de forma completa o casi completa, en cuanto que las principales dificultades se presentaron en la fisiología.

Internacionalmente también se resalta el trabajo de Leitão, Ramírez y Souza (2013), en donde se realizaron dos estudios de forma independiente para comprobar el desarrollo de las habilidades argumentativas en la enseñanza y aprendizaje de contenidos curriculares de estudiantes universitarios del programa de psicología, de la Universidad Federal de Pernambuco, en Brasil, en donde los datos de los dos grupos se obtuvieron mediante una intervención pedagógica empleando el modelo Debate Crítico como modelo en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

El análisis de este trabajo a nivel micro analítico del estudio (1) examinó aspectos de la estructura de los argumentos, mientras que en el estudio (2) se analizaron los criterios empleados para evaluar la calidad de los criterios de argumentación de los pares. El análisis a nivel macro analítico buscó evidenciar las transformaciones de la estructura argumentativa, así como de los criterios de evaluación de los argumentos durante la intervención. Como resultado de la investigación se concluye que el modelo de debate Crítico como herramienta pedagógica de intervención, favorece el desarrollo del pensamiento reflexivo si son tomados como indicadores de la transformación la evolución en la calidad de los argumentos y el mejoramiento de la enseñanza-aprendizaje. Así mismo, el desarrollo del pensamiento crítico reflexivo es favorecido cuando se propician ambientes pedagógicos en donde se estimula la argumentación.

Amaya y Pulido (2017), presentan una investigación de enfoque cualitativo-descriptivo que tenía como principal objetivo analizar, comparar y evaluar el progreso de la competencia argumentativa aplicadas en la genética mendeliana en estudiantes de Agua Clara en Tuluá, Valle del Cauca. Estos estudiantes presentaban dificultades a la hora de estructurar y argumentar ideas coherentemente, por lo que se tomó la argumentación como categoría central y como subcategorías se analizaron la estructura, anatomía, y fisiología de los textos, además de las leyes de Mendel. La metodología empleada fue la identificación de los modelos explicativos empleados por los estudiantes a la hora de solucionar situaciones problema en la genética mendeliana; a continuación, se diseñó y aplicó la

unidad didáctica con los objetivos de mejorar la comprensión conceptual del tema y desarrollar la argumentación.

El instrumento para la recolección de la información consistió en el diseño de una herramienta para identificar los modelos explicativos cuando se formulaban siete preguntas relacionadas con la problemática de la genética mendeliana. Como resultado de esta investigación se logró el desarrollo de la argumentación en concordancia con el modelo adaptado por Sarda y Sanmartí, cuando los estudiantes abordan situaciones problemáticas relativas a la genética mendeliana; además, los estudiantes lograron justificar sus respuestas y explicar elecciones desde sus percepciones, incluso desde teorías o procedimientos que se podían comprobar.

Según Martínez et al. (2006), una estrategia didáctica que involucre cognitiva y afectivamente a los estudiantes puede generar un cambio de actitud frente a la ciencia en general y de forma específica al aprendizaje de la genética. Además, un estudio realizado por Giordan (1982) citado por Martínez et al. (2006) para analizar los comportamientos de los estudiantes entre 12 y 14 años plantea situaciones de investigación sobre temas de ciencias naturales. Se indica que en estas edades la curiosidad ha disminuido, como consecuencia de metodologías escolares carentes de procesos de investigación. Esta situación incide en nuevas propuestas y determina que los estudiantes se sientan abandonados en su formación promoviendo una mera búsqueda de respuestas en los libros de texto. Por tal razón, no solo es un obstáculo la dificultad innata de los contenidos de la genética, sino que además los métodos de enseñanza convencionales terminan por desestimular la naturaleza investigadora de los estudiantes.

Para Martínez et al. (2006), un factor a favor del estudio de la genética es desarrollar temas interesantes de la vida cotidiana, como, por ejemplo, el trabajo con flores, cobayas, temas de actualidad científica y situaciones problemáticas relativas a la herencia humana como es el caso de saber si hay probabilidades de padecer Alzheimer pensando en la posibilidad de que sus abuelos o padres puedan padecerlo. Sumado a lo anterior, los avances en biotecnología han permitido el trabajo en simuladores.

Finalmente, Cardona (2008), establece una investigación con el objetivo de caracterizar los modelos argumentativos (como categoría central) que emplean estudiantes de universidad en la solución de problemas de genética en los componentes de la categoría del modelo conceptual, la estructura argumentativa y el comportamiento discursivo en una población de estudiantes de un programa de salud en una institución privada en la ciudad de Manizales. Esta investigación correspondió a un enfoque de tipo cualitativo con un alcance descriptivo. Desde los resultados se analizaron las respuestas orales y escritas para identificar los modelos de los estudiantes. El diseño de la investigación se fundamentó en los siguientes tres momentos:

- La fase teórica que consistió en la revisión de documentos sobre la argumentación generalizada y aplicada en las ciencias, para configurar el objeto de investigación y la aproximación al objeto de estudio.
- La fase metodológica consistió en la intervención del maestro con la finalidad que los estudiantes resolvieran problemas de genética, desde los modelos de herencia más frecuentes en clases de genética.
- La fase de descripción o interpretación: se analizaron las respuestas escritas, lo que permitió con el marco teórico construir un modelo de argumentación entorno al conocimiento científico de la genética.

Los resultados demostraron que los estudiantes emplean diferentes modelos conceptuales en genética, además de que sus estructuras argumentativas predominantes fueron la conclusión – justificación y datos conclusión. Referente al componente comportamiento discursivo, correspondió al uso de expresiones oracionales que denotan posibilidad y conectores de causalidad. Finalmente, se generó el modelo argumentativo en el aula.

Las anteriores investigaciones son apoyo a la presente tesis porque corresponden a trabajos en las que se emplean metodologías de tipo investigativo-cualitativo, dos están enfocadas en la identificación y desarrollo de procesos argumentativos en genética mendeliana, presentan como categoría central la argumentación, elaboran herramientas para identificar los modelos explicativos de la herencia, analizan las estructuras argumentativas

y evalúan el desarrollo de la argumentación, permitiendo obtener información y sustentar las acciones que se realizarán en el presente trabajo de investigación.

Desde el análisis de estas investigaciones con relación a la argumentación en el aprendizaje de la genética mendeliana, se determina la necesidad de consolidar un instrumento que contenga espacios en vínculo con la realidad del estudiante. Para efectos de la presente investigación se tomará como guía de orientación el instrumento de Amaya y Pulido (2017), y la investigación de Cardona (2008).

En lo que respecta al uso del cómic para incidir en el aprendizaje y el desarrollo de la argumentación, es crucial destacar que producto de la pandemia generada por el SARS-CoV-2, la experiencia actual ha demostrado que los estudiantes se identifican más con los lenguajes visuales. Estos les posibilitan interactuar de manera activa, dinámica y entretenida con la información. Desde un lenguaje plenamente escrito, se evidencia que los estudiantes manifiestan apatía al relacionarse con textos escritos y con la extensión de estos. Por consiguiente, las formas de lenguaje que presenta el cómic corresponden a una alternativa para establecer una conexión con el aprendizaje de la genética mendeliana y la argumentación acorde a las nuevas tendencias.

Aunque no se logró el rastreo de estudios que vincularán directamente el cómic como herramienta para desarrollar o fortalecer la argumentación desde el conocimiento científico escolar genética mendeliana, se dio lugar a una recopilación de investigaciones que integran al cómic o la historieta como estrategia de aprendizaje desde conocimientos científicos.

Para Viau et al. (2015), la utilización del cómic como recurso alternativo didáctico para favorecer la apropiación de contenidos físicos, permite abordar temáticas de difícil comprensión porque genera empatía con el lenguaje gráfico cuando además es ayudado de cierta dosis de humor. El cómic permite la estructuración y organización de actividades relacionadas con los procesos de investigación como son consultar fuentes bibliográficas, elaborar preguntas, organizar la información recolectada y presentar resultados.

Según Beltrán y Marín (2017), cuando se emplea la historieta como material didáctico en la formación de actitudes relacionadas con la ciencia desde el abordaje de asuntos sociocientíficos, se cuenta con un material de apoyo prometedor porque permite

cambiar las actitudes frente a la ciencia cuando se enfoca en los objetivos de la formación de esta disciplina. La historieta permite desarrollar aprendizajes validos en la educación científica como son la selección de fuentes de información, el pensamiento alternativo, las valoraciones éticas, la argumentación y la toma de decisiones. Por tal razón, el aprendizaje es favorecido cuando es mediado por el llamativo lenguaje visual, en la medida en que se ajusten los contenidos temáticos a la historieta y se definen las competencias a desarrollar.

Ortega y Vizcaya (2019), integran el cómic en el aprendizaje de la tabla periódica al ser una estrategia alternativa para aprender diferentes temas y desarrollar habilidades de pensamiento crítico, comunicativo y de creatividad, reflejadas por un mayor interés y motivación en la asignatura. Los autores consideran que el recurso gráfico del cómic es muy dinámico para las habilidades mentales porque refuerzan la información y la amplían a tal punto que es necesario recrear secuencias, sonidos y lapsos de tiempo que estimulan el orden lógico de las temáticas; además, permite una mayor interacción entre el tema y el lector, favoreciendo una relación integral del conocimiento y la cooperación entre estudiantes.

Las anteriores investigaciones, constituyen un aporte significativo al presente trabajo porque ponen de manifiesto que el cómic apoya al aprendizaje y a la argumentación, ya que integra lenguajes llamativos para aprender temas de difícil comprensión, favorecer el desarrollo del pensamiento, motivar el interés en el aprendizaje y estructurar actividades muy relacionadas con el quehacer científico, como lo es la selección de fuentes bibliográficas, las valoraciones éticas, la toma de decisiones, la exposición de resultados y la generación de conclusiones.

A razón de lo anterior, en el presente estudio se tomará como guía de orientación respecto al cómic los instrumentos de Viau et al. (2015), Beltrán y Marín (2017), Ortega y Vizcaya (2019) como investigaciones que pueden apoyar a la argumentación cuando se emplea el cómic en el aprendizaje.

Ante la anterior panorámica, la pregunta de investigación planteada es la siguiente:
¿Cómo influye el cómic en el aprendizaje de la genética y la argumentación en estudiantes de grado noveno?

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Describir la influencia del uso del cómic en el aprendizaje y en la argumentación de la genética mendeliana en estudiantes de grado noveno.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los modelos explicativos que poseen los estudiantes de la genética.
- Reconocer la anatomía y fisiología de los argumentos desde la genética.
- Describir los cambios en los modelos explicativos y en la argumentación desde la genética mendeliana integrando el cómic como herramienta de aprendizaje.

3 JUSTIFICACIÓN

La importancia de la argumentación en la presente investigación radica en su capacidad para fomentar el desarrollo cognitivo de los estudiantes. Permite evaluar la información presente en el entorno, discernir sus fuentes, defender ideas, analizar situaciones cotidianas, formar posturas ante otros argumentos, estimular los procesos lingüísticos y transitar de la mera opinión a argumentos fundamentados. Estas cualidades generan que el estudiante esté más preparado para leer el mundo, comprender sus problemáticas y tomar decisiones acertadas en un entorno cambiante, en donde adquiere relevancia los criterios para seleccionar la información confiable que se encuentra sumergida en información superflua o falsa y con ello asumir posturas que incidan en la dinámica social y cognitiva.

Además, el presente trabajo permite generar alternativas metodológicas al modelo tradicional de enseñanza que desmotiva al estudiante frente al aprendizaje, da importancia a la repetición memorística, establece la comunicación unidireccional y no promueve la creatividad en el aula. Sumado a lo anterior, desde la institución se están consolidando espacios que evidencian la importancia de desarrollar el aprendizaje y la argumentación, mediante la relación entre lo que abordan en el aula y su significancia en la realidad. Al romper estas brechas es posible comprender aspectos básicos relacionados con la citogenética, la herencia de características de los padres, la transmisión de ciertas enfermedades y la interpretación numérica de resultados.

El empleo del cómic como alternativa a la forma tradicional de enseñanza fortalece el aprendizaje en la genética mendeliana y la argumentación, dado que el estudiante durante el desarrollo de la unidad temática elabora argumentos y hace uso de juicios razonables para demostrar el aprendizaje en el tema.

Por tal motivo, el aporte innovador de este trabajo a la didáctica de las ciencias es aplicar estrategias alternativas de aprendizaje en el aula que propicien acciones que favorecen los procesos argumentativos de la genética mendeliana, contribuyendo a procesos tales como la transversalidad de áreas del Proyecto Educativo Institucional P.E.I, al mejor interés en las dinámicas de aprendizaje, a culminar con éxito el ciclo de la biología

de la educación básica, a generar una postura frente a las implicaciones de la ciencia en la sociedad y al ejercicio de la argumentación en la vida diaria. Simultáneamente, el uso del cómic genera oportunidades fundamentales para que el estudiante entrelace diversos modos de expresión, en los que se potencia su proceso de comunicación, la transformación de la práctica de aula y el fortalecimiento de saberes en el área de biología, en especial la comprensión de la genética mendeliana.

4 MARCO CONCEPTUAL

4.1 IMPORTANCIA DE LA ARGUMENTACIÓN

La argumentación desde un concepto elaborado es un proceso dialógico que gira alrededor de un tema en el desarrollo de una conversación en donde se emplean unidades intencionales de gramática de una lengua para comunicar afirmaciones declarativas, imperativas, interrogativas y desiderativas a través de oraciones y del habla (Vega, 2015) o en palabras de Van Eemeren, Grootendorst y Snoeck (2006), “la argumentación siempre es un intento de justificar o refutar algo” (p.37). Desde un concepto más cotidiano, argumentar es una forma de conversación oral o escrita, en donde se exponen razones a favor o en contra de una idea, para confirmar una opinión o ponerla en juicio, o para generar un nuevo problema. La argumentación también permite inclinar al público hacia cierta dirección, convencer al individuo de ciertas ideas o actitudes o prevenirlo de otras tantas (Vega, 2015). Por tal razón, la argumentación es muy importante en la comunicación para defender ideas o conceptos de forma justificada favoreciendo el cambio de ideas de los demás.

4.2 EL ARGUMENTO Y SUS FUNCIONES

Un argumento como elemento fundamental de la argumentación es una unidad discursiva con la pretensión de prueba o de contraprueba en donde su mayor atributo lo constituye su validez o invalidez (Vega, 2015). Corcoran citado por Vega (2015), lo define como un sistema conformado por un conjunto de premisas, una conclusión y una secuencia de razonamientos entre los dos extremos en donde se hila un entramado semántico (discursivo) y otro pragmático-epistémico (cognitivo). Para Jiménez (1998), cuando un estudiante confecciona un argumento no solo está hablando de ciencias, sino que, además, se hace partícipe del discurso de las ciencias.

Para Toulmin (2007), los argumentos se construyen con diferentes intencionalidades de acuerdo con el cargo, función o idea que un sujeto pretenda defender. Los argumentos pueden estar apoyados por datos, pruebas, aseveraciones y componentes, los cuales permiten validar la afirmación. Además, para Vega (2015), los argumentos son “medios para transformar nuestras creencias u opiniones en conocimientos y de establecer a partir de

lo que ya conocemos nuevos conocimientos, en particular por la vía de la deducción” (p. 89).

En cuanto a la evaluación de la solidez de un argumento, Van Eemeren, Grootendorst y Snoeck (2006), sostienen que la argumentación debe ser consistente dentro de su contexto completo y posteriormente evaluarse los argumentos individuales para detectar inconsistencias lógicas o pragmáticas, en tanto que, la aceptabilidad de los enunciados argumentativos se determina de una forma más fácil y verificable.

Con relación a la forma en que se puede estructurar y analizar un argumento, Toulmin (2007), asemeja esta disposición con la que se presenta en un organismo en cuanto a sus componentes anatómicos y fisiológicos. De esta forma, la estructura anatómica – macroargumento - (como los órganos), representan una composición más tosca y grande, mientras que la estructura fisiológica – microargumento- (lógica) estará referida a su composición más delicada. Al final, la validez del argumento debe ser sometido a su aprobación o refutación. Según Sanmartí (2000), la adopción del modelo de Toulmin en la práctica escolar permite hacer la reflexión sobre cómo se estructura el texto argumentativo, identificar y aclarar sus partes destacando las relaciones lógicas entre sus componentes permitiendo la meta reflexión sobre coordinaciones y subordinaciones entre conectores y la no linealidad de los razonamientos.

Un argumento debe contener elementos en concordancia que le permiten asegurar su coherencia y veracidad. Según Toulmin (2007), los argumentos están conformados por elementos como los datos y la conclusión, y la inexistencia de alguna de estas partes incide en el argumento. No obstante, para que exista un argumento, Toulmin (2007) propone que se debe contar con elementos constitutivos en su morfología como lo son:

- Los datos (D): corresponden a las justificaciones de las afirmaciones.
- La conclusión (C): es el elemento del que se trata de establecer su validez.
- Las garantías (G): son proposiciones que permiten generar inferencias aumentando la información y se presentan en forma de reglas, principio y enunciados.
- Los calificativos o matizadores modales (M): es un comentario que se expresa en forma implícita a la importancia de la garantía. Indican la fuerza de respaldo de la garantía

- Las condiciones de excepción o de refutación (E): Indican las circunstancias en las cuales se hace excepción a la autoridad general.

En síntesis, un argumento es una estructura gramatical que pretende a través de una organización de elementos propios de esta clase de texto, defender una idea o postura de manera justificada.

4.3 LA ARGUMENTACIÓN EN CIENCIAS

La ciencia representa una de las disciplinas humanas que ha logrado orientar sus esfuerzos al bienestar general y constituye un motor fundamental en la transformación y desarrollo social. Sutton (1997), citado por Sardá (2000), afirma que es muy importante el proceso de mediación entre los integrantes de la misma comunidad científica en la construcción del conocimiento científico, en el desarrollo y uso de modelos y en la validación de teorías sobre las nuevas formas de comprender el mundo.

El aprendizaje de la ciencia escolar apoyado desde la argumentación no solo debe estar dirigido hacia la comprensión de contenidos propios de la disciplina, sino, además, a la forma de pensar racionalmente acerca de cuestiones y problemas científicos (Jiménez, 1998). Por esto mismo, para Erduran y Jiménez (2007), la argumentación en ciencias es muy importante y debe integrarse en la enseñanza.

De acuerdo con Driver y Newton (1997) citado por Sardá (2000), los objetivos que se pretenden con la enseñanza y el aprendizaje de la argumentación o razonamiento científico son desarrollar la comprensión de los conceptos científicos, en la medida en la que la ciencia escolar se abre espacios de discusión para evaluar las teorías científicas desde las relaciones entre las hipótesis, los fenómenos, los experimentos, los modelos teóricos y el desarrollo de las teorías. Además, ofrece la visión de comprender la racionalidad propia de la ciencia, teniendo en cuenta su proceso de construcción desde el contexto del descubrimiento y desde el contexto de la justificación para comprobarla y darle validez. Esto conlleva a formar estudiantes capaces de decidir entre diferentes argumentos, con el fin de tomar las mejores decisiones en sus vidas.

Para Erduran y Jiménez (2007), existen al menos cinco dimensiones entrelazadas a través de las cuales la argumentación aporta en el aula de ciencias. La primera se relaciona

con el apoyo a los procesos cognitivos y metacognitivos necesarios para la apropiación del conocimiento, que permiten la modelación en los estudiantes. La segunda está relacionada con el desarrollo del pensamiento crítico y de las competencias comunicativas en la sociedad. La tercera compete al apoyo en la alfabetización científica y el desarrollo de habilidades de los estudiantes para escribir y hablar en el lenguaje de ciencias. La cuarta apoya el proceso de inculturación de las prácticas de la cultura científica y el desarrollo de criterios epistémicos de la ciencia para evaluar el conocimiento que puede sustentarse en la argumentación. Finalmente, la quinta corresponde el desarrollo del pensamiento, para elegir teorías o posiciones que se basen en criterios de racionalidad como compromiso con la evidencia.

En este sentido, Sardá (2000), sostiene que “para aprender ciencia es necesario aprender a hablar y escribir (y leer) ciencia de manera significativa” (p.407). Es así, como se aprende a argumentar escribiendo y hablando en las clases de ciencias, creando espacios dialógicos donde se discuten razones, justificaciones y criterios para elaborarlas. No obstante, para que un estudiante esté hablando de ciencias no se limita al mero empleo del vocabulario especializado de las ciencias, sino que también debe incorporar la forma de pensar y razonar de las mismas (Jiménez, 1998).

Además de las ya mencionadas ventajas de la argumentación en el desarrollo del pensamiento científico en el estudiante, según Erduran y Jiménez (2007), ésta posibilita las habilidades comunicativas y democráticas, porque son mediadas socialmente a través del lenguaje y el discurso. Mediante la argumentación puede apropiarse y comprenderse la instrucción.

Según Sardá (2000) los profesores se enfrentan constantemente con dificultades presentes en sus estudiantes asociadas al aprendizaje y argumentación de las ciencias, posiblemente por la comprensión errónea de conceptos necesarios en su formación o por una deficiencia en la formación académica para elaborar argumentos. Para Erduran y Jiménez (2007), la argumentación puede ser una solución a los problemas de aprendizaje cuando se utiliza para facilitar la comprensión de temas complejos que solo pueden ser dominados mediante la argumentación, y cuando se respalda el proceso de aprendizaje en el aula.

Para comprender los procesos involucrados en la argumentación y su desarrollo, se parte de las definiciones de Moshman (1998), en los conceptos “inferencia”, “pensamiento” y “razonamiento”. Para Moshman (1998), la “inferencia” es: “la generación de nuevos conocimientos a partir de los antiguos (p.952)”, este proceso es instintivo y automático y se presenta en muchas áreas de la cognición humana. En tanto, para el mismo autor, el “pensamiento” es la coordinación voluntaria de las inferencias propias para su propia conveniencia, para comprobar una información o una hipótesis. El “razonamiento” se desarrolla cuando el individuo realiza más evaluaciones de sus propósitos, mejoran su cuerpo de inferencias elaborando más estándares de racionalidad y lo aplican a su propio conocimiento.

Según Moshman (1998), cuando un individuo tiene dos opciones, y de forma consciente elige una, en ese momento el sujeto realiza un acto de pensamiento. Algunas personas pueden mejorar su proceso de toma de decisiones, al menos durante la adolescencia. Estos individuos tienen éxito al limitar sus inferencias para ajustarse a normas cada vez más justificables y específicas para la toma de decisiones o para aplicar otros tipos de pensamiento. Una inferencia lógica, da lugar a un pensamiento lógico, en la medida en que el individuo se vuelve más decidido a aplicar las reglas de la lógica. El pensamiento lógico genera razonamiento lógico en la medida en que se comprende mejor las propiedades epistémicas de la lógica.

El modelo argumentativo que se aplicará en el presente trabajo corresponde al empleado por Sardá y Sanmartí (2000), adaptado al contexto del aula, incorporando aspectos en los cuales los estudiantes presentaban dificultades en la elaboración de textos argumentativos. La anatomía del argumento, para efectos del presente trabajo, estará conformada por los siguientes elementos:

- ✓ **Validez formal** del texto: se considera que un argumento está completo cuando presenta como mínimo los componentes esenciales como son el hecho o dato, la justificación y la conclusión.
- ✓ **Secuencia textual**: corresponde a una secuencia progresiva que parte de las premisas para llegar a la conclusión.

✓ **Conectores:** son palabras que permiten establecer relaciones de coordinación y subordinación que afectan la microestructura del argumento, así como la macroestructura, haciendo difícil la lectura y reconocimiento de la estructura lógica. Un texto argumentativo en la medida en que posee más conectores, el argumento es más estructurado.

Con relación a la fisiología del texto argumentativo, el presente trabajo de investigación tomará los siguientes elementos constitutivos:

✓ **Concordancia:** entre los hechos y la conclusión: es la relación epistémica o conexión racional entre los hechos y la conclusión final que permite validar el argumento. En este apartado es importante no perder de vista las tautologías.

✓ **Aceptabilidad** de la justificación principal: se establece cuando existe la pertinencia con relación al razonamiento central que permita realizar las inferencias adecuadas.

Para analizar los conectores, Zorraquiño y Portolés (1999), los denominan marcadores del discurso y corresponden a palabras que son “unidades lingüísticas invariables que no ejercen ninguna función sintáctica en el marco de la oración proposicional, son elementos marginales que guían, de acuerdo con sus distintas propiedades morfosintácticas, semánticas y pragmáticas, las inferencias que se realiza en la comunicación” (p.4057). Por lo tanto, los marcadores del discurso permiten las inferencias en el texto y sus propiedades se relacionan con la manera en que se usan y su significado en relación con el texto.

Para Zorraquiño y Portolés (1999), las principales propiedades de los marcadores discursivos son: en primera instancia está la gramaticalización, que diferencia a los marcadores de los sintagmas, ya que estos últimos si tienen función en la oración. Están las posiciones sintácticas, que se refiere a la movilidad de los marcadores del discurso. Las marcas de entonación son las pausas que se realizan antes y/o después del marcador. La coordinación es que dos marcadores del discurso no pueden ir seguidos. Finalmente, la negación, se refiere a que los marcadores no pueden ser negados.

La clasificación de los marcadores del discurso que propone Zorraquiño y Portolés (1999), está basada en la función discursiva que cumplen en la comunicación. De este

modo, un grupo de marcadores corresponderá a los “estructuradores de la información”, que indican la organización informativa del argumento y no presentan significado aumentativo. A este grupo de marcadores lo integran los “comentadores”, que ingresan un nuevo comentario al texto. Los “ordenadores” que integran secuencias al texto como un único comentario. Los “disgresores” introducen un comentario en forma paralela al discurso anterior.

El segundo grupo de marcadores del discurso corresponde a los “conectores” que unen semántica y pragmáticamente las partes del discurso guiando las inferencias que se realizan cuando se integran un miembro del discurso con otro anterior. El grupo de conectores pueden ser “aditivos”, que añaden información al discurso. Los “conectores consecutivos” indican contigüidad del consecuente con su antecedente. Los “conectores contraargumentativos” eliminan alguna de las conclusiones que pudieran inferirse de un miembro anterior.

El tercer grupo de marcadores del discurso comprende los “reformuladores” que presentan el miembro del discurso con una expresión más adecuada de lo que se había planteado. Se encuentran los reformuladores “explicativos” que integran un miembro explicativo a la discusión. Los “reformuladores rectificativos” corrigen un miembro del discurso. Los reformuladores de “distanciamiento” privan de pertinencia al miembro discursivo anterior; y, los reformuladores recapitulativos introducen una recapitulación o conclusión de un miembro del discurso anterior.

El cuarto grupo son los “operadores argumentativos” que por su significado condicionan las posibilidades argumentativas. Comprende los “operadores de refuerzo argumentativo” que su significado refuerza el argumento. Los “operadores de concreción” muestra al miembro del discurso como concreción.

El quinto y último grupo lo integran los “marcadores conversacionales” que comprenden las partículas discursivas más presentes en la conversación. Estos marcadores están integrados por los “marcadores de modalidad epistémica” que integran grado de evidencia o certeza del discurso. Los “marcadores de modalidad deóntica” que muestran actitudes volitivas del hablante. Los “enfocadores de alteridad” indican la forma en que el

hablante se comunica con el otro. Finalmente, los “metadiscursivos conversacionales” estructuran la conversación para presentarla como bloques informativos.

Para el presente trabajo los términos conectores y/o marcadores de discurso, se emplean en el mismo sentido.

4.4 ENSEÑANZA DE LA GENÉTICA Y SUS PROBLEMAS

La genética es una de las ciencias que en los últimos cien años ha sido determinante en la comprensión de la mecánica celular de la expresión de la información en forma de proteínas. La genética permite la generación de un amplio espectro en las posibilidades revolucionarias que se presentan en la modificación de los genes para solucionar problemas de salud, alimentación, el medio ambiente y otros procesos que impactan en el planeta y en el bienestar de sus habitantes. Siendo un tema muy importante por sus implicaciones en la sociedad, demanda que desde la escuela se diseñen y apliquen metodologías que permitan la adopción de los conceptos, mecanismos celulares e implicaciones en la vida diaria, para sensibilizar al individuo frente a realidades que se hacen más visible en la sociedad tales como la incursión de la ingeniería genética en los aspectos cotidianos de la vida. Por lo tanto, será importante concientizar sobre la toma de decisiones respecto a esta tecnología y las consecuencias que puede traer su incorporación en la salud y el cuidado del planeta.

Para Smith y Sims (1992) citado por Bugallo (1995), el estudio de la genética además de ser fundamental para la comprensión de esta es muy importante para el entendimiento de la biología y evolución de los organismos. Para tal efecto, estudios realizados en la época afirmaban que “los resultados de los trabajos realizados en la enseñanza de la genética han mostrado la necesidad de investigar con mayor profundidad sobre la enseñanza de la biología en general y de la genética en particular (Bugallo, 1995. P. 379)”. Ya desde la época de los 70 se vislumbraba la necesidad de implementar estrategias pedagógicas en el aprendizaje de la genética para comprender temas más profundos y que de por sí están íntimamente relacionados con el ser humano.

Frente a la formación en genética, Buske y Bartholomei (2021), en un estudio realizado a estudiantes de último año de secundaria en Brasil, afirman que este conocimiento debe incorporar la genética mendeliana, así como otros tipos de contenidos

que son básicos para ampliar el estudio de la genética a otros tipos de herencia y saberes que exigen un saber más profundo. Por ejemplo, el común de la gente se interesa por conocer cómo heredaron sus caracteres de familia. Para estos autores, cuando un conocimiento es correcto, puede ser subsumidor de otro conocimiento. Por lo tanto, si estos subsumidores son conceptos erróneos, sus conocimientos derivados e integrados serán erróneos o carecen de precisión científica. Razón por la cual, las dificultades dadas en niveles básicos de la educación se continúan presentando en diversos niveles educativos

Otras dificultades según Buske y Bartholomei (2021), se relacionan con la falta de capacidad de interpretación, manifestada en los conflictos que se generan a la hora de interpretar datos, ya sea en gráficos o de manera textual. El no fortalecer la interpretación de la información, puede resultar más grave que el desconocimiento específico de contenidos. En ámbitos como el cálculo de probabilidad, las dificultades se presentan por que se requiere una mayor necesidad de razonar e interpretar las probabilidades para la elaboración del cuadro de Punnet. Un problema permanente en toda la educación consiste en la separación durante todos los niveles escolares de los temas de la genética mendeliana con los de mecánica y reproducción celular, por lo cual no permite un aprendizaje a largo plazo.

Según la revisión bibliográfica realizada por Bugallo (1995), los siguientes aspectos generan dificultades y concepciones alternativas en los estudiantes:

- a. El uso de la terminología.
 - Confusión de términos, como por ejemplo entre mitosis y meiosis, cada uno con funciones diferentes.
 - Ambigüedad de conceptos en los libros, como por ejemplo entre gen y alelos.
 - Confusión por uso del lenguaje coloquial, como por ejemplo entre conceptos como mutation y mutación.
- b. La relación entre conceptos.
 - Temas relacionados con la meiosis: en especial cuando debe relacionarse con procesos tales como la fertilización, los ciclos de vida y alternancia de generaciones haploides y diploides.

- Falta de establecimiento de relaciones entre conceptos tales como separación cromosómica y replicación del ADN, par alélico y expresión del rasgo, separación cromosómica y transmisión del rasgo”.

- Falta de claridad entre relaciones de conceptos, por ejemplo, alelo, gen, ADN, cromosoma, rasgo, gameto, cigoto.

c. Resolución de problemas.

- La enseñanza de la genética solicita un nivel mayor de razonamiento matemático y capacidad de análisis, en especial para la resolución de problemas.

- Solución de problemas sin el contexto de la genética en donde los estudiantes pueden resolver los problemas con bastante eficacia y éxito, pero sin necesariamente vincularlo al contexto y comprensión de los mecanismos subyacentes de la genética.

d. El trabajo práctico.

- Tiempos muy largos para realizar prácticas experimentales: los experimentos clásicos de la genética requieren de un tiempo extenso para realizarse (semanas o meses), que no coincide con los tiempos de dinámica escolar.

Para solucionar la anterior problemática, Bugallo (1995), propone apoyar los procesos que permitan solucionar la enseñanza de la genética de la siguiente forma:

- Reforzar las prácticas de aprendizaje con experiencias que fortalezcan los procesos de raciocinio de los estudiantes con respecto al tema de genética.

- Desarrollar estrategias de tipo didáctico que permitan el desarrollo mental del estudiante para que puedan comprender temáticas de genética más avanzadas.

- Diseñar secuencias didácticas que mejoren la capacidad de los estudiantes para aplicar modelos de pensamiento a situaciones problemáticas de la genética de Mendel.

Un estudio realizado por Lewis y Wood (2001), sobre la comprensión y actitudes acerca de la tecnología genética, dirigida a jóvenes de escuelas integrales de West Yorkshire, Inglaterra, que llegaban a su fase final de educación científica obligatoria, permitieron identificar varios resultados relacionados a aspectos como la comprensión de la naturaleza de la información, pues se presenta una confusión generalizada en la relación

entre genes, cromosomas e información genética. Otro aspecto lo constituyó la comprensión de la transferencia de información (entre células, entre generaciones) vinculadas a la división celular y reproducción, pues se presenta una incertidumbre generalizada sobre la forma en que se transfiere la información genética entre células. También se presentan confusiones comunes entre las relaciones entre genes y cromosomas, el concepto de célula, el papel de los cromosomas, la terminología de la división celular, y dificultad para diferenciar entre procesos de división celular y fertilización.

En el mismo estudio se detectaron dificultades en cuanto a las concepciones alternativas relacionadas a que el número de cromosomas está vinculado con la condición de la célula, porque el número de cromosomas en la célula depende de la salud o la edad de la célula. Otra concepción la constituye el hecho que, en la división celular, los cromosomas y/o la información genética se comparten, pero no se copia. Persiste la dificultad en la forma como se comprende e interpreta la información, pues ningún estudiante indica la presencia de un producto asociado a un gen. Según los autores una posible causa de los anteriores inconvenientes se debe a la dificultad para definir un currículo apropiado de “ciencia para todos”, en términos de contenido y propósito.

Los anteriores hallazgos permitieron plantear el proporcionar a los estudiantes conocimientos básicos de las estructuras y conceptos, con la probabilidad de aplicarlos en su contexto diario, permitiendo que el estudiante aplique y valore la ciencia en su vida diaria.

Una investigación realizada por Knippels, Waarlo y Boersma (2010), se dirigió a desarrollar una estrategia orientada a aportar soluciones a las dificultades del aprendizaje y enseñanza de la genética tanto en estudiantes como docentes. Dentro de las principales dificultades se encuentran la naturaleza abstracta de la genética, que no permite la conexión conceptual entre la herencia genética, la reproducción sexual y la meiosis particularmente. Además, los temas están separados en el espacio y tiempo de los temas. Otro inconveniente lo constituye la complejidad para relacionar todos los niveles de organización biológica y desplazarse conceptualmente desde los niveles molecular, celular, orgánico y de poblaciones. La imagen de la herencia es percibida como un tema de difícil comprensión, además que su terminología es variada y no se expresa de forma clara y explícita.

Los estudiantes presentan dificultades para diagramar, emplear y leer símbolos propios de la genética, como lo son los pedigrees, diagramas cuadrados y simbolización. Los estudiantes carecen de capacidades para comprender la lectura, representar y resolver problemas. Una última dificultad la representa los procesos ligados a la división celular, pues los estudiantes no identifican diferencias entre mitosis y meiosis. Ante la problemática expuesta, los autores sugirieron como estrategia, secuenciar adecuadamente el tema de acuerdo con los niveles de organización biológica, resolver problemas que interconecten la reproducción sexual, la meiosis y los rasgos genéticos, partir de lecciones que se centren en las similitudes y diferencias de los rasgos familiares, tratar explícitamente los procesos relacionados con mitosis y meiosis, y finalmente, no apoyarse en libros de texto estándar de biología.

Del mismo modo, un estudio realizado por Machová y Ehler (2023), en estudiantes del sistema educativo checo de educación secundaria inferior y superior sobre conceptos básicos de genética basadas en el currículo nacional y los libros de texto, permiten evidenciar ideas generales sobre la naturaleza de la información genética, pero desconectadas del contexto del cuerpo vivo. Este trabajo coincide con las mismas dificultades a nivel mundial en cuanto a la imagen de la genética como una ciencia difícil de comprender, especialmente cuando se relaciona con procesos como la mitosis, meiosis, síntesis de proteínas, genética mendeliana y cuadros de Punnet. Los temas tratados sobre genética contienen leyes de la genética mendeliana.

Cabe anotar que para Machová y Ehler (2023), el orden incorrecto en los temas de biología, generan dificultades en el aprendizaje al intentar explicar temas muy abstractos como la biología celular a temprana edad. Los resultados del estudio muestran una enseñanza tradicional de la genética de currículos poco claros y orden inadecuado. Se describen procesos sin explorar los conceptos de la genética, además de presentarse insuficientes conexiones lógicas entre conceptos básicos como la síntesis de proteínas y la herencia. No hay conexión entre temas de biología celular y reproducción.

Ante la anterior situación, los autores sugieren que desde las políticas y prácticas educativas se establezcan los principios fundamentales de la genética en el currículo nacional, que se conecten los temas relacionados con la genética en los currículos y en los

libros de texto, así como la promoción de habilidades de pensamiento sistémico y uso de métodos activos de enseñanza y aprendizaje.

Las diferentes líneas de pensamiento sobre la forma como se concebía la naturaleza y la explicación de los fenómenos hereditarios en determinada época se explican a través de los modelos de genética. El modelo explicativo se refiere a la forma como corresponde la percepción del estudiante sobre genética, comparada con un modelo de genética divulgado desde los entornos científicos.

En cuanto se refiere a la temática del cómic trabajada en el presente proyecto, para Akcanca (2020) los desarrollos presentes en el campo de la educación han conllevado a un cambio en la forma en que se comprende la educación, trayendo consigo la necesidad de elaborar nuevos materiales didácticos acordes a las nuevas prácticas docentes. En este contexto, menciona que los materiales didácticos más empleados por estudiantes y profesores lo constituyen los libros de texto que, aunque permiten tener acceso ágil a la información, presentan una difícil comprensión de conceptos abstractos. Para Tilley (2008), citado por Toh et al. (2016), el leer cómics no alcanza el nivel complejo de la lectura de textos; sin embargo, leer cómics parece ser una labor fácil en comparación con los libros de texto.

De esta forma, el cómic se constituye en un lenguaje complejo que favorece las lecturas mentales del sujeto desarrollando la capacidad de síntesis e integración de diversos lenguajes. Para Morel (2019), la narrativa y las imágenes del cómic facilitan el aprendizaje, estimulan la imaginación y favorecen el desarrollo del pensamiento lógico.

Teniendo en cuenta que la imagen es tan importante como la historia y la relación entre imágenes es más importante que una sola imagen, Akcanca (2020) define las siguientes características más comunes de los cómics:

- La secuencia de imágenes se apoya entre sí y forman una historia secuencial en una línea de tiempo.
- Los dibujos e imágenes expresan relaciones, modos, emociones pensamientos, lugares y tiempos.

- El lenguaje oral o el texto son incluidos en la imagen, y la imagen y el texto conforman una unidad o un todo. En algunos puede predominar más la imagen que el componente escrito o viceversa.

No obstante, en la actualidad el cómic es un arte valorado y con un enorme potencial de diversión y educativo, sin embargo, en el pasado sobrevivió a los ataques del tiempo, la sociedad y el olvido.

El cómic está conformado por elementos gráficos que le proporcionan sus características como herramienta comunicativa empleada con fines educativos. Según Akcanca (2020), el cómic presenta los siguientes elementos:

- **Los personajes:** son aquellos quienes procesan y desarrollan la narración. Pueden estar a favor o en contra de una situación y los lectores se identifican o no con lo que dicen, piensan o hacen. Pueden ser personas, animales, vegetales o cosas.
- **El lenguaje:** se usa de tipo visual gráfico (dibujos y grafías) cautivando al lector. Corresponde a la forma en que se comunican los personajes entre los cuadros o viñetas. Es muy recurrente acudir a los bocadillos o cuadros de texto y las onomatopeyas.
- **El tiempo:** es ilimitado y flexible pudiendo dirigirse hacia el presente, pasado o futuro, de tal modo que puede apreciarse el vestuario, la vida cotidiana, la arquitectura, la tecnología y el primitivismo o modernidad.
- **El tema:** Corresponde a la trama o contenido y el mensaje principal del cómic. Este debe ser muy conciso y concreto.
- **Elementos gráficos:** Presentan un fuerte efecto en lograr la permanencia y viva la atención del lector en la historia, permiten establecer relaciones entre el espacio donde ocurre la historia y el contexto de desarrollo determinado.

Ante la potencial perspectiva del cómic como una poderosa herramienta en la educación, Akcanca (2020) afirma que el uso de imágenes mejora la habilidad de los estudiantes en la construcción alternativa y complementaria de información. Emplear dibujos animados, cómics y narraciones permiten el acercamiento de los estudiantes que no

se consideran buenos en materias de difícil comprensión y que se encuentran desmotivados frente a su rendimiento académico.

Según Morel (2019), los cómics son muy eficaces para acercar y moldear las actitudes de los estudiantes de forma positiva hacia las ciencias generando su aprendizaje y comprensión, además que permiten entregar una gran cantidad de información de forma breve, apropiada y efectiva. Según Toh et al. (2016), un ingrediente característico del cómic como lo es el humor permite mostrar el lado humano de las asignaturas, además que sirve para mejorar la alfabetización académica de los estudiantes.

En cuanto a la educación científica, Morel et al. (2019) y Toh et al. (2016) afirman que el cómic se convierte en una herramienta de mucha utilidad en materias científicas de difícil comprensión puesto que permite explicar de forma eficaz, adecuada y breve un compilado de conceptos muchas veces abstractos, lo que ayuda a prevenir en los estudiantes conceptos errados. De esto modo, y para la presente investigación se puede establecer que el uso del cómic como herramienta cuenta con el potencial de aportar al aprendizaje de la genética mendeliana y la argumentación al ampliar las oportunidades para que se lea y discuta en ciencias, esto al disminuir la tensión emocional y conceptual en el aula, acompañado por procesos de motivación. Los cómics serán elaborados por los estudiantes, mientras otros serán propuestos por el maestro.

5 METODOLOGÍA

A continuación, se explican los fundamentos de la investigación y las diferentes etapas de desarrollo. En estas se incluyen generalidades sobre el enfoque cualitativo de investigación, la unidad de trabajo, la categoría y subcategorías a estudiar, así como la secuencia didáctica, con los diferentes objetivos y actividades aplicadas.

5.1 ENFOQUE Y ALCANCE

La investigación es un proceso continuo y sistemático que se emplea para profundizar acerca de un fenómeno. Para Hernández et al (2014), el enfoque investigativo cualitativo se caracteriza porque no lleva una secuencia lineal o demasiado rigurosa entre las interacciones de sus etapas. Este enfoque se fundamenta en la exploración y descripción de un problema o situación problematizadora, en donde se puede realizar una retroalimentación permanente y realizar los ajustes pertinentes sobre la marcha del proyecto; además, permite ir generando nuevos interrogantes que alimentan la dinámica investigativa y a la vez ir encontrando respuestas a través de herramientas muy flexibles, como las preguntas abiertas empleadas en el presente proyecto.

La flexibilidad durante la investigación cualitativa permite la dinámica entre los eventos y su respectiva interpretación, además de posibilitar que la realidad sea reconstruida desde los participantes. Esto conduce a que los datos e información se expandan, generando una gama más variada de datos recolectados.

El presente trabajo de investigación correspondió al de enfoque cualitativo, porque describe la forma en que el aprendizaje de la genética mendeliana y la argumentación influyen en el aprendizaje de este tema biológico a través del cómic. Durante la investigación se realizaron retroalimentaciones para realizar los ajustes pertinentes al aprendizaje de la genética mendeliana y la argumentación, así como del diseño y estructura del comic. La flexibilidad en esta investigación cualitativa permitió la interpretación del investigador desde las respuestas iniciales de los estudiantes, hasta la reconstrucción de una nueva realidad en el momento final de la unidad didáctica.

5.2 UNIDAD DE TRABAJO

La población total de estudiantes de grado noveno de la Institución Educativa San Agustín de Aguazul, en el departamento de Casanare fue de 63 estudiantes quienes tomaron la clase de Ciencias Naturales (Biología), de los cuales 8 conformaron la unidad de trabajo fueron escogidos a conveniencia por sus habilidades académicas, lingüísticas y de dibujo, además que participaron durante la mayor parte de la investigación.

Los estudiantes se encontraron entre los 14 y 16 años de edad, en diversos niveles de estratificación según el informe del SISBEN, pertenecientes a diversas tipologías de familias.

5.3 CONSIDERACIONES ÉTICAS

Dentro de este trabajo se toma como directriz la Resolución 8430 de 1993 del ministerio de Salud para trabajos de investigación y que se considera que también pueden ser la línea base para contextos similares. Dentro de las consideraciones éticas se tienen en cuenta el respeto por el individuo preservando a toda costa su privacidad, dignidad y la protección de sus derechos, bienestar y seguridad. Se informó al Rector de la I.E. sobre la investigación que se realizó, sus objetivos además de sus alcances y se le dio a conocer el consentimiento de forma escrita para realizar los debidos ajustes y aprobación. Después de algunas correcciones realizadas al consentimiento informado, los estudiantes lo llevaron a los padres de familia o representante legal quienes autorizaron la participación de sus hijos.

5.4 UNIDAD DE ANÁLISIS

Se describen las categorías principales aprendizaje de la genética mendeliana y argumentación cuando se emplean en el comic como herramienta de aprendizaje, en las múltiples relaciones entre la anatomía y fisiología de texto del argumento tanto escrito como gráfico. En la tabla 1 en cuanto a la categoría de análisis aprendizaje de la genética mendeliana, se analizó la subcategoría de los modelos explicativos de la genética, para identificar los aprendizajes de los estudiantes con respecto a las ideas iniciales y finales aplicadas, además del tránsito de modelos genéticos no mendelianos a mendelianos.

Tabla 1 Modelos explicativos de la genética

Modelo de genética	Concepto	Modelo Explicativo
Preformismo y Epigenismo	Para Cardona (2008), el preformismo proviene de la teoría de Leibniz sobre los “Animálculos Espermáticos”. El preformismo da predominancia a uno de los sexos: el preformismo animalculista origina el sexo y características masculinas, mientras que el preformismo ovista origina el sexo femenino y sus características. El epigenismo postula la formación gradual del embrión y el papel del sexo masculino y del femenino.	El padre o la madre es quien transmite las características heredadas y el sexo. La característica que domina es la del padre y la característica que se oculta o que se expresa poco es la heredada por la madre.
Mezcla o fusión de caracteres	Según Cardona (2008) esta idea fue apoyada en el siglo XIX por Charles Darwin, y se debe a los hibridadores del siglo XVIII que postulan la existencia de dos principios, el masculino y el femenino que se mezclan en la descendencia; por esto, la presencia de rasgos intermedios entre los dos pares. Según Curtis et al. (2008), el material genético se mezcla cuando los óvulos y espermatozoides se combinan, a manera semejante cuando se combinan dos colores.	Las características hereditarias de los padres se mezclan y los hijos nacen con las características físicas mezcladas de los padres.
Lamarckista o herencia de caracteres adquiridos	Para Curtis et al. (2008), la herencia está determinada por los cambios ambientales constantes que modifican permanentemente a los individuos y estos tratan de adecuarse a los cambios. Según Amaya y Pulido (2017), el uso y desuso de órganos y los hábitos repetidos originan cambios que son transmitidos de padres a hijos.	El medio ambiente y las costumbres son capaces de originar cambios en los organismos y en su material genético que se heredan también a la descendencia.
Atavismo o reversión de tipo	Según Cardona, se refiere a la presencia de características atávicas (de los abuelos) en los hijos, que no parecen haber pertenecido a algún antepasado.	Las características provienen de los abuelos, aunque esa característica no estaba en los padres ni en los tíos.
Herencia mendeliana y pos mendeliana	Según Cardona (2008), los caracteres se heredan de forma independiente de generación en generación sin mezclarse a través de los factores hereditarios.	La herencia se transmite de generación en generación. Los caracteres no se mezclan. Los caracteres pueden

	Esta herencia es explicada por Curtis et al. (2008), a través de los siguientes postulados: Principio de uniformidad (Primera ley de Mendel): todos los miembros de la progenie de la primera generación muestran una sola de las variantes alternativas, mientras la otra variante parece haber desaparecido. Principio de segregación (Segunda ley de Mendel): Para cada característica, los individuos poseen un par de factores hereditarios que en la meiosis se separan. Según la presente investigación, solo se tienen en cuenta las dos primeras leyes de Mendel.	permanecer ocultos sin manifestarse hasta cuándo se encuentran las condiciones para manifestarse.
Popular	Para Amaya y Pulido (2017) se basa en los conocimientos y apreciaciones adquiridos de experiencias y observaciones del entorno, pero no cuenta con respaldo científico. Ejemplo de esto es que los caracteres se heredan a través de la sangre o que los hijos son más parecidos al padre porque tiene genes más fuertes.	La herencia es transmitida por la sangre. Los genes fuertes son los del padre y por eso se manifiestan en los hijos.

Fuente: Tabla basada en Cardona (2008). Amaya y Pulido (2017).

En relación a la categoría argumentación, en la tabla 2 se exponen los indicadores relacionados a las subcategorías anatomía y fisiología del texto escrito y en comic.

Tabla 2 Categoría de análisis argumentación escrita y en cómic

Categoría	Subcategoría	Indicador del texto argumentativo	Indicadores de argumentación escrita	Indicadores de argumentación en el cómic
Argumentación	Anatomía del texto	Validez formal (Presencia del hecho, la justificación y la conclusión).	Presenta el hecho, la justificación y la conclusión.	En la secuencia grafica aparece el hecho, la justificación y la conclusión.
			Expresa el hecho y la conclusión (o la justificación).	En la secuencia grafica aparece el hecho y la conclusión (o justificación).
			Solo presenta el hecho, o no presenta ningún otro elemento	En la secuencia grafica no aparece ni el hecho, ni la justificación, ni la conclusión.
		Secuencia (Orden progresivo de las premisas para llegar a la conclusión).	Expresa el orden permanente en la secuencia que permite llegar a la conclusión	Existencia de orden en la secuencia gráfica y en las premisas que llevan a la conclusión.
			Expresa algún orden en la secuencia argumentativa para llegar a la conclusión.	Existencia de algún orden en la secuencia gráfica y en las premisas que permiten llegar a la conclusión.
			No se evidencia orden en las premisas para llegar a la conclusión.	No hay orden en la secuencia gráfica ni en las premisas que permiten llegar a la conclusión.
		Conectores (Uso de conectores gramaticales estructurados que permiten relacionar ideas y conceptos	Emplea conectores estructurados durante todo el argumento.	Existencia de conectores estructurados en la secuencia gráfica.
			Emplea para usar conectores de alguna influencia en la secuencia.	Presenta conectores de poca influencia en la secuencia gráfica.

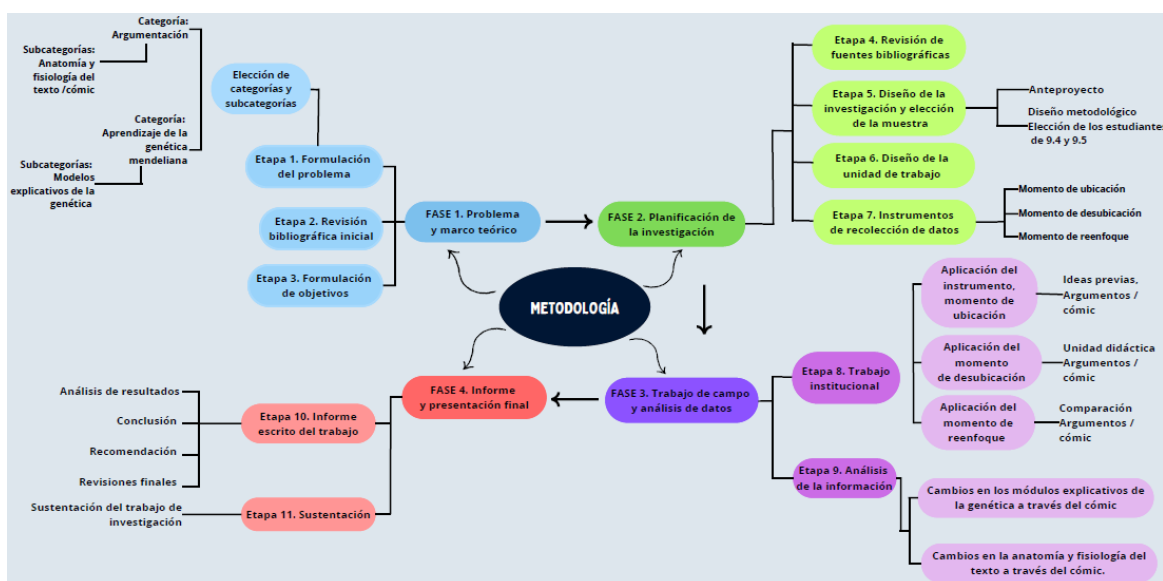
	buscando la coherencia y lógica del argumento).	No emplea conectores.	No existen conectores en la secuencia gráfica.
Fisiología del texto	Concordancia (entre los hechos y la conclusión) (Relación entre la tesis inicial y la conclusión final que permita validar toda la argumentación).	Expresa completa relación entre la tesis inicial y la conclusión.	Existencia de concordancia entre el hecho, la justificación y la conclusión en la secuencia gráfica.
		Demuestra alguna relación entre la tesis inicial y la conclusión.	Presenta alguna relación entre la tesis inicial y la conclusión en la secuencia gráfica.
		No existe conexión entre los hechos y la conclusión.	No existe relación entre la tesis inicial y la conclusión en la secuencia gráfica.
	Aceptabilidad (Pertinencia y coherencia del tema de la herencia con la aplicación en el diario vivir)	Expresa totalmente la relación del papel de la ciencia en la vida diaria.	Existencia de la relación del papel de la ciencia en la vida diaria en la secuencia gráfica.
		Establece alguna relación entre la ciencia y la vida diaria.	Presenta alguna relación entre la ciencia y la vida diaria en la secuencia gráfica.
		Inexistencia de relación entre la ciencia y el contexto cotidiano.	No existe relación entre la ciencia y el contexto cotidiano en la secuencia gráfica.

Fuente: Tabla realizada con base en Sardá y Sanmartí (2000) y Romero (2020).

5.5 DISEÑO METODOLÓGICO

Es la ruta en que se conduce la investigación en sus diferentes fases. En la figura 1 se observa que la investigación se encamina por 4 vías que se relacionan con el planteamiento del problema, la planificación del trabajo investigativo, el trabajo realizado directamente en el aula junto con el análisis de resultados y para terminar, la presentación del informe final.

Figura 1 Diseño metodológico



Fuente: Modelo basado en Romero (2020).

El proceso de investigación tiene como horizonte el siguiente proceso investigativo conformado por 4 fases con sus respectivas etapas:

Fase 1. Problema de investigación y marco teórico.

- Etapa 1: Formulación del problema. Se eligen las categorías y subcategorías a investigar. La categoría argumentación comprendió las subcategorías anatomía y fisiología del texto/cómic. La otra categoría correspondió al aprendizaje de la genética mendeliana y como subcategorías se presentaron los modelos explicativos de la genética

- Etapa 2: Revisión bibliográfica inicial.
- Etapa 3: Formulación de objetivos.

Fase 2. Planificación de la investigación.

- Etapa 4: Revisión de fuentes bibliográficas.
- Etapa 5: Diseño de la investigación y elección de la muestra (unidad de trabajo), que comprende la elaboración del anteproyecto y el diseño metodológico.
- Etapa 6: Diseño de la unidad de trabajo.
- Etapa 7: Instrumento de recolección de datos, con los momentos de ubicación, desubicación y reenfoque.

Fase 3. Trabajo de campo y análisis de datos.

- Etapa 8: Trabajo in situ. Aplicación del instrumento. Recolección de ideas previas, aplicación de la unidad didáctica (Anexo 3).
- Etapa 9: Análisis de la información. Triangulación de la información. Se observa si hay cambios en los modelos explicativos de la genética mendeliana a través del cómic. También, se observó si hubo cambios en la anatomía y fisiología del texto a través del cómic.

Fase 4. Informe y presentación final.

- Etapa 10: Informe escrito del trabajo de investigación.
- Etapa 11: Sustentación oral del trabajo.

Para la recolección de la información se empleó un instrumento de lápiz y papel, como aparece en el anexo 1, el cual constó de 14 sesiones con preguntas abiertas, en donde se recopiló información sobre la genética mendeliana, la argumentación y el cómic, como se observa en el anexo 3. La unidad didáctica fue validada por un experto en genética.

Los escenarios argumentativos estuvieron conformados por dos sesiones en las que el grado se dividió en 2 grupos, y de cada equipo salió un estudiante en representación del equipo para elaborar en el tablero un argumento con el dato, la justificación y la conclusión. Los equipos leyeron y criticaron los argumentos del equipo adversario, al tiempo que los equipos trataban de apoyar la veracidad de los argumentos. Al final de la actividad se realizó la retroalimentación de los aspectos positivos, negativos y a mejorar en la argumentación y en el aprendizaje de la genética mendeliana.

5.6 UNIDAD DIDÁCTICA

La unidad didáctica se aplicó en las clases de biología con estudiantes de grado noveno, en donde se empleó el instrumento de lápiz y papel, con preguntas abiertas de genética mendeliana en donde se aplicaron varias actividades para argumentar tanto en forma escrita como en forma gráfica. La aplicación del instrumento inicial se realizó con la previa autorización firmada del padre o acudiente a través del consentimiento escrito, que aparece en el anexo 2. En la unidad didáctica se emplearon los momentos de ubicación, desubicación y reenfoque.

- **Momento de ubicación:** Momento en el cual el estudiante comunica sus saberes iniciales tratando de explicar una situación problema. Permite identificar el nivel de conocimiento, las fortalezas y debilidades con que el estudiante llega al aula.
- **Momento de desubicación:** Es el momento en el que el estudiante confronta los saberes con que llega al aula, con un marco referencial. Se pretende que el estudiante logre realizar una transición hacia un modelo conceptual más estructurado.
- **Momento de reenfoque:** Corresponde al momento en el que el nuevo marco conceptual se incorpora, enriquece, transforma o cambia los esquemas de conocimiento iniciales con los que el estudiante llega al aula.

Para la validación se realizó una prueba piloto antes de la aplicación de todas las actividades incluidas en la unidad didáctica, donde se pudo corregir elementos como la cantidad de viñetas para emplear, términos, así como la extensión de las situaciones problema.

5.7 PLAN DE ANÁLISIS

Como la investigación es de tipo cualitativo, se analizó la información obtenida en las preguntas de la unidad didáctica que aparece en el anexo 3, teniendo en cuenta las categorías de análisis y la forma en que se comunica normalmente el estudiante.

La recolección, organización y análisis de datos se llevó a cabo según el siguiente protocolo:

1. Aplicar la herramienta inicial de lápiz y papel para identificar ideas previas, anotaciones y observaciones.

2. Organizar la información por estudiante, categorías y desenvolvimiento de acuerdo con sus respuestas.
3. Revisar el material original resuelto por los estudiantes.
4. Transcribir las respuestas de los estudiantes.
5. Analizar las respuestas durante los momentos de ubicación y reenfoque para identificar el modelo explicativo de herencia y los indicadores donde se ubican las respuestas en la argumentación tanto escrita como en el comic.
6. Proponer explicaciones a las respuestas de los estudiantes.

6 ANÁLISIS Y DISCUSION

6.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS MODELOS EXPLICATIVOS DE LA GENÉTICA E INFLUENCIA DEL COMIC EN EL APRENDIZAJE DE LA GENÉTICA MENDELIANA

Para el análisis de los resultados de la totalidad de la presente investigación, se priorizaron el **momento de ubicación** (inicial) y el **momento de reenfoque** (final), mientras que para el momento de **desubicación** (intermedio) se presenta una descripción general de los resultados obtenidos en ese momento. En el desarrollo de la unidad didáctica se plantearon cuatro situaciones problema, cada una, con dos preguntas problematizadoras con las que se pretendían identificar los modelos explicativos de la genética aprendidos por los estudiantes, su relación con la primera y segunda ley de Mendel, además del aprendizaje de la genética mendeliana.

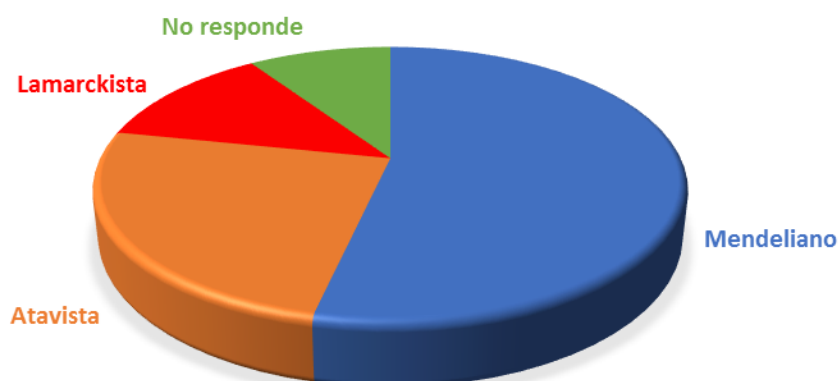
De las cuatro situaciones problema, tres se solucionaban en un primer momento a través de un cómic de 4 viñetas (o dibujos), y una segunda parte se respondía a través de un argumento escrito de libre extensión para fortalecer el proceso argumentativo en la estructura grafica del comic. Las preguntas problematizadoras estaban relacionadas. La cuarta situación problema se contestó totalmente escrita.

Para la lectura del cómic, la viñeta (recuadro) extrema de la izquierda corresponde a la viñeta 1, y a medida que se desplace hacia la derecha, el numero de la viñeta sigue aumentando. No se escribe el número para no interferir con el diseño original. La letra E significa estudiante y el número corresponde al asignado a cada estudiante dentro del estudio. Se respeta la forma original en que el estudiante escribe.

El análisis se realizó leyendo todas las respuestas de los 8 estudiantes correspondientes al cómic en las tres primeras situaciones problema, comparando sus respuestas, con el modelo conceptual y explicativo de la genética según la Tabla 1. También se analiza si los estudiantes identificados con el modelo mendeliano generan sus respuestas basados en la primera y segunda ley de Mendel. Finalmente se analiza si el instrumento favoreció el tránsito del estudiante hacia el modelo mendeliano.

Durante el **momento de ubicación** con las preguntas problematizadoras para desarrollar a través del comic, los estudiantes alternan varios modelos explicativos de la genética como se observa en la figura 2. Los modelos explicativos de la genética más presentes correspondieron al mendeliano seguidos del atavista y lamarckista, a la vez, que la mayoría de sus respuestas se enmarcaron en la primera ley de Mendel.

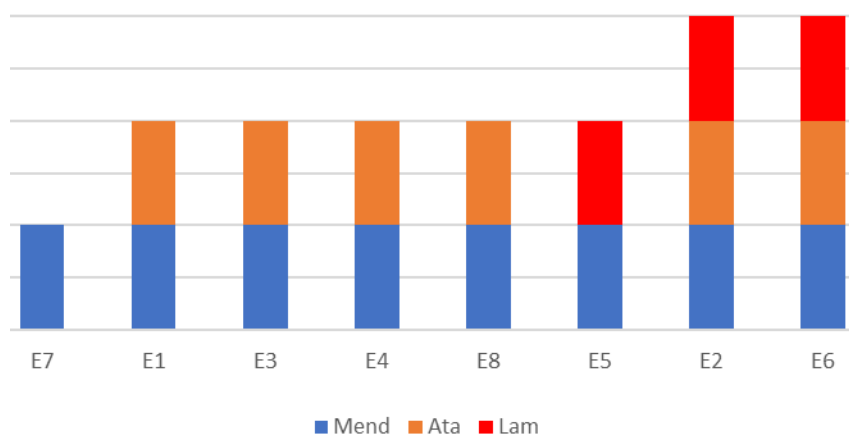
Figura 2 Modelos explicativos de la genética representados a través del comic en el momento de ubicación



Fuente: Elaboración propia

Es así, como de acuerdo con el contexto de las preguntas, 1 estudiante responde todas las preguntas en el modelo explicativo mendeliano, 5 estudiantes alternan dos modelos explicativos en sus respuestas (4 mendeliano-atavista, 1 mendeliano-lamarckista), mientras 2 estudiantes respondieron basados en 3 modelos diferentes (mendeliano-atavista-lamarckista) como se observa en la figura 3.

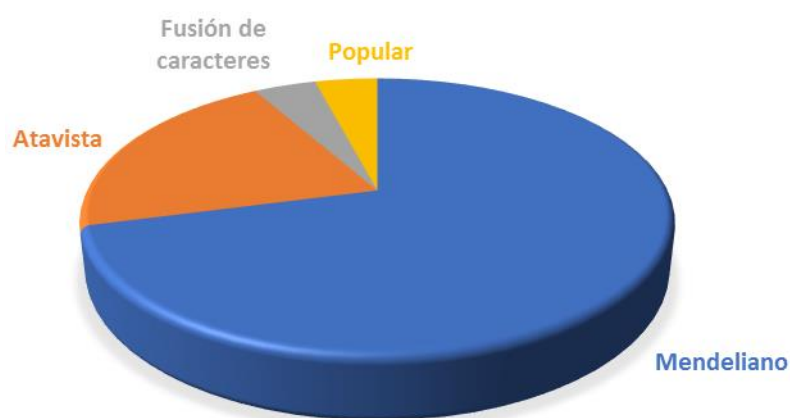
Figura 3 Modelos explicativos de la genética por estudiante a través del comic en el momento de ubicación



Fuente: Elaboración propia

En el mismo **momento de ubicación** con la actividad para desarrollar de forma solo escrita, se observó que también los estudiantes alternan diferentes modelos explicativos, siendo los más frecuentes el mendeliano, atavista, fusión de caracteres y popular como se observa en la figura 4.

Figura 4 Modelos explicativos de la genética con respuestas escritas durante el momento de ubicación

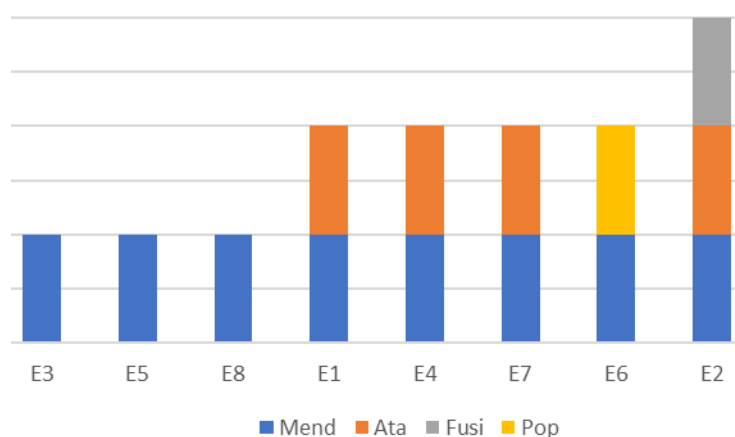


Fuente: elaboración propia.

Tres estudiantes responden todas las preguntas solo con el modelo mendeliano, 4 estudiantes alternan dos modelos (3 mendeliano-atavista, 1 mendeliano-popular), y 1 alterna 3 modelos (mendeliano, atavista, fusión de caracteres) como se observa en la figura

5. Las respuestas en marco del modelo mendeliano se alinearon en perspectiva de la primera ley de Mendel.

Figura 5 Modelos explicativos de la genética por estudiante con respuestas escritas durante el momento de ubicación



Fuente: Elaboración propia.

En la estructura grafica del comic en cuanto al **momento de ubicación**, se observó que 3 de los 8 estudiantes emplean bocadillos o globos de dialogo, ninguno emplea onomatopeyas, todos emplean gestos en los personajes, ningún estudiante emplea líneas cinéticas y todos tratan de representar de alguna forma la situación problema. Estos aspectos se enseñarán en la unidad didáctica y hacen parte importante de la comunicación a través del comic, porque representan elementos propios de este lenguaje. En la siguiente imagen se pueden identificar algunos elementos del comic:

Durante el **momento de desubicación** en la actividad realizada a través del comic, se observó el afianzamiento en los estudiantes del modelo explicativo mendeliano basado en la primera y segunda ley de Mendel, además del empleo de términos como genotipo, fenotipo, carácter recesivo, carácter dominante, primera generación, segunda generación, heterocigoto dominante, F2, gameto, homocigoto y alelos. En la estructura del comic se observó que los bocadillos o globos de texto más usados fueron en su orden el de dialogo, pensamiento, grito y voz baja. Mientras que los gestos más dibujados correspondieron a expresiones de alegría, sin gestos, indiferencia y enfado. Solo un estudiante empleó una

onomatopeya de explosión y ningún estudiante empleó líneas cinéticas (de movimiento). A través del comic los estudiantes trataron de representar la situación que se exigía en cada caso.

En el **momento de reenfoque** en la pregunta problematizadora para resolver con comic, los modelos explicativos más presentes fueron el mendeliano, lamarckista y popular como se observa en la figura 6.

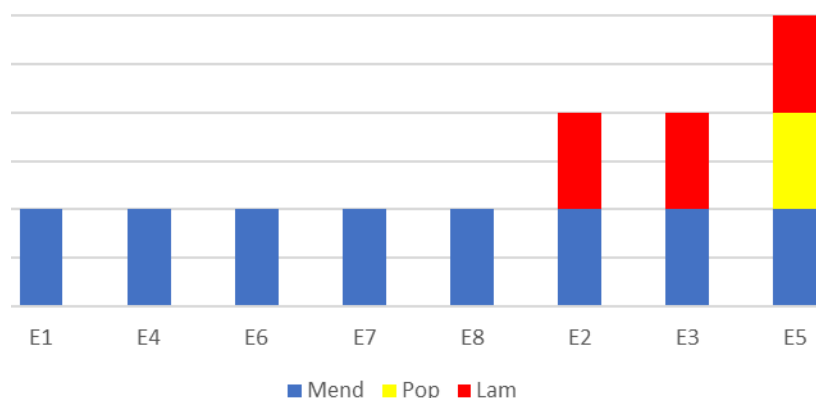
Figura 6 Modelos explicativos de la genética representados a través del comic en el momento de reenfoque



Fuente: Elaboración propia.

La distribución de estos modelos estuvo conformada por 5 estudiantes que respondieron en base al modelo explicativo mendeliano, 2 estudiantes alternaron respuestas en los modelos mendeliano y lamarckista, mientras que 1 estudiante alternó respuestas mendelianas, lamarckista y popular como se observa en la figura 7.

Figura 7 Modelos explicativos de la genética por estudiante a través del comic durante el momento de reenfoque



Fuente: Elaboración propia.

Los estudiantes que se identificaron con el modelo mendeliano emplearon respuestas basadas en los postulados de la primera y segunda ley de Mendel, empleando términos como gen dominante, gen recesivo, siguiente generación, homocigoto, condición, genes y herencia.

Como resultado final de la intervención a través del comic en cuanto a los modelos explicativos de la genética, se observó que 5 estudiantes que habían contestado preguntas basadas en el atavismo, ahora las contestaron en marco del modelo explicativo mendeliano, ya que en el momento de ubicación respondieron con fundamento en la información heredada de los abuelos, pero en el momento de reenfoque, emplearon términos que explican la transmisión de caracteres en la genética mendeliana, como son información genética dominante y recesiva.

Un solo estudiante que contestó en marco del lamarckismo hizo el transito al modelo mendeliano, porque reconoció que el ambiente genera cambios externos, pero no cambios en la genética. Dos estudiantes permanecen en el modelo lamarckista en el momento de ubicación y reenfoque, porque persisten en el concepto de que el ambiente modifica la información genética. Finalmente, un solo estudiante pasa del modelo mendeliano al popular, porque termina expresando en su respuesta que el padre por su condición de padre termina imponiendo las características a sus hijos.

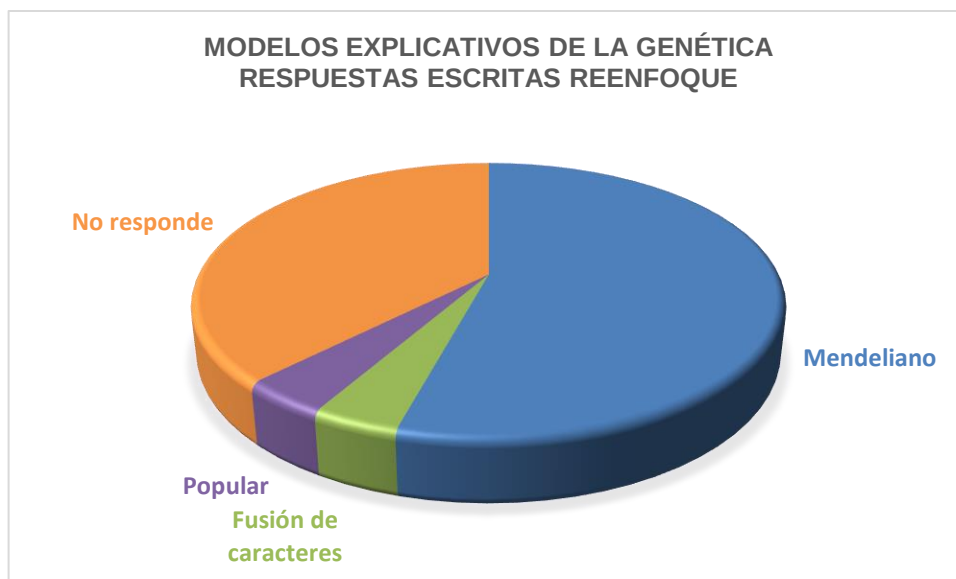
En síntesis, la intervención en el aula ayuda al tránsito de modelos no mendelianos a mendelianos porque se refuerza con las actividades que apoyan con sustento teórico, el

estudiante emplea los fundamentos teóricos mendelianos para cambiar preconcepciones con fundamentos científicos de la teoría mendeliana y los aplica en la solución de problemas cotidianos con un lenguaje sencillo de expresar y comprender.

En cuanto a la estructura del comic se observó que los globos de texto más empleados fueron los de dialogo y 2 estudiantes no emplearon ningún globo. Los gestos más utilizados lo constituyeron los de alegría, indiferencia y sin gestos. Un solo estudiante usó líneas cinéticas y ninguno empleó onomatopeyas. En comparación con el momento de desubicación, no vuelven a aparecer los globos de pensamiento, grito y voz baja, desaparece la onomatopeya y se emplean las líneas cinéticas; además, no se emplean conceptos importantes como alelos y heterocigoto; tal vez esto se debe a que el estudiante tiende a minimizar los elementos del comic y esfuerzos para representar el comic con más sencillez.

En el **momento de reenfoque** los modelos explicativos más frecuentes para las preguntas problematizadoras escritas lo constituyeron en su orden el mendeliano, popular y fusión de caracteres como se observa en la figura 8.

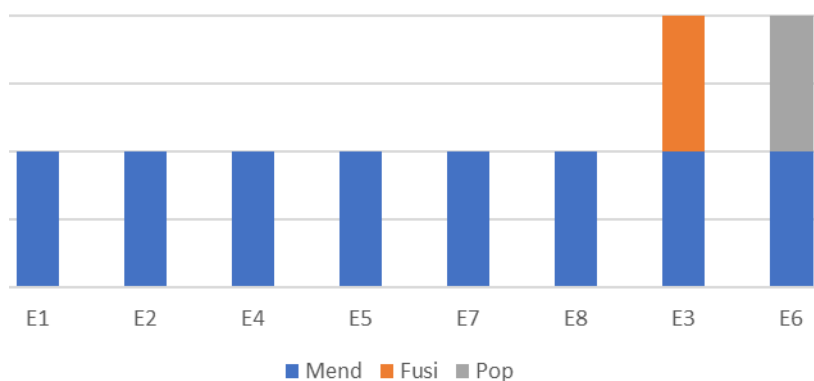
Figura 8 Modelos explicativos de la genética con respuestas escritas durante el momento de reenfoque



Fuente: Elaboración propia

Se analizó que los estudiantes siguieron alternando modelos explicativos de la genética. De este modo, 6 estudiantes respondieron basados en el modelo mendeliano y 2 estudiantes alternaron dos modelos diferentes como se observa en la figura 9. Las respuestas se alinearon en mayor medida en la primera ley de Mendel.

Figura 9 Modelos explicativos de la genética por estudiante de forma escrita durante el momento de reenfoque



Fuente: Elaboración propia

Al comparar la actividad total realizada a través del comic con la actividad realizada totalmente en forma escrita, se observó que cuando se emplea el comic, hay más estudiantes que transitan al modelo mendeliano que cuando emplean solo el argumento escrito. Del mismo modo a través del comic se disminuye la cantidad de modelos alternos al mendeliano. Particularmente, en la actividad escrita no se presentó ningún estudiante con 3 modelos explicativos de la genética.

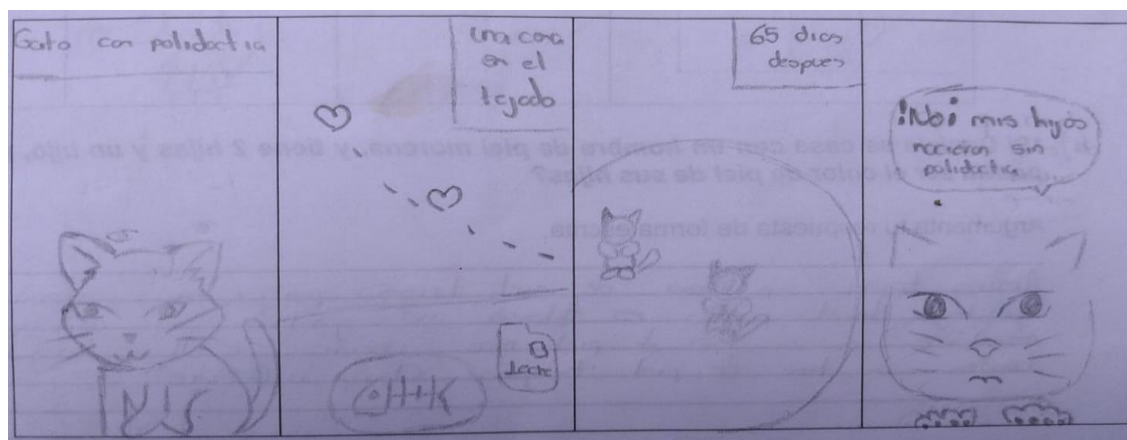
Este cambio a través del comic se podría explicar porque apoya el tránsito de modelos explicativos no mendelianos a mendelianos ya que el dibujo apoya en la comprensión, representación y solución de las situaciones problema, ayuda a estructurar de forma más organizada la información, estimula la síntesis de la información al contar con un espacio muy limitado para manifestar las ideas que se quieren comunicar, gestiona el pensamiento crítico para discernir la información útil de la que no lo es, promueve la capacidad de imaginar las situaciones problema y su solución, estimula la escritura que es un elemento importante tanto en el comic como en la argumentación escrita y favorece el aprendizaje porque genera una conexión directa entre el estudiante y la ciencia.

A continuación, se realiza el análisis de las tres situaciones problema propuestas en la unidad didáctica.

6.1.1 Situación Problema 1

“La polidactilia es una condición en la cual un organismo con extremidades presenta más dedos de lo normal. Pregunta problematizadora 1: “Si un gato con polidactilia se junta con una gata que no presenta polidactilia, ¿sus hijos nacerán con polidactilia?”. La situación debía ser representada a través de un cómic de 4 viñetas. Aunque hubo cómics con muchos más elementos de genética mendeliana, E2 permite realizar un análisis en los dos momentos como se observa en la figura 10. Se observó que, en el **momento de ubicación**, los 8 estudiantes respondieron con base al **modelo explicativo mendeliano** y en la **primera ley de Mendel**.

Figura 10 Comic del modelo explicativo de la genética del estudiante 2 en el momento de ubicación



Fuente: Cómic elaborado por estudiante 2.

Según Cardona (2008), en el modelo mendeliano, las características de los progenitores se heredan sin mezclarse y se transmiten independientemente, se evidencia a través de la siguiente secuencia:

Viñeta 1: “Gato con polidactilia”

Viñeta 4. “¡No! Mis hijos nacieron sin polidactilia”

La anterior secuencia permitió mostrar que E2 trae bases limitadas del conocimiento genético mendeliano en cuanto a la transmisión independiente de los caracteres heredados de los progenitores porque no explica la forma como se transmite la condición de polidactilia. El uso del lenguaje es poco variado y se limita a las palabras del enunciado. En cuanto a la primera ley de Mendel enunciada por Curtis et al. (2008), sostiene que en todos los descendientes de la primera generación muestran una sola de la variante de las alternativas, razón por la cual la expresión en las viñetas 1 y 4 permitieron demostrar que el estudiante comprende que en este caso solo se presenta una situación que correspondió a no tener polidactilia.

En este caso se pudo observar que hay dificultades con relación a la resolución de problemas como lo exponen Bugallo (1995) y Knippels et al. (2010), debido a que falta claridad en la forma en que se comprende la información para llegar a la respuesta, como se observa en la siguiente secuencia:

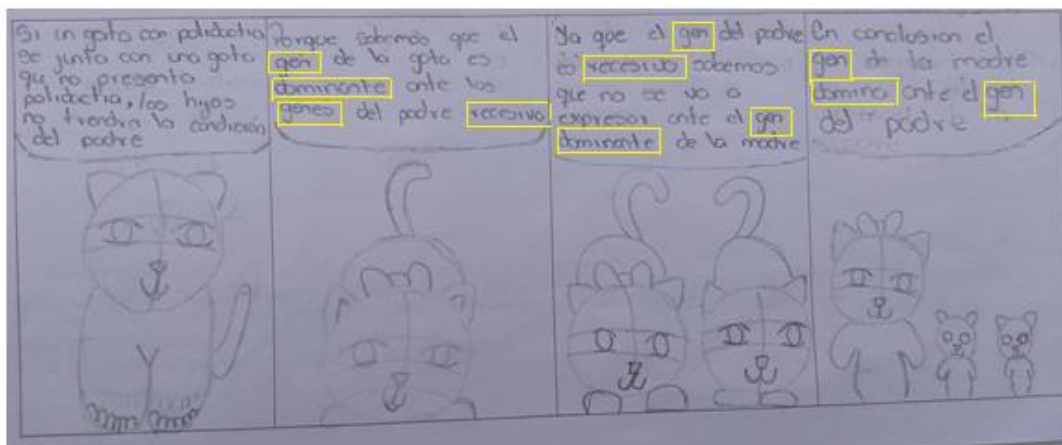
Viñeta 2: *“una cosa en el tejado”*

Viñeta 3: *“65 días después”*

De este modo, no se brinda más información de cómo puede ocurrir que desaparezca la condición de polidactilia de las crías. Las dificultades en la terminología de división celular como los sostienen Lewis y Wood (2001), no permiten una mejor expresión a la hora de argumentar una postura.

En el **momento de reenfoque** después de aplicar la unidad didáctica, en la viñeta 1, E2 estructura mejor el modelo mendeliano, al identificar como lo afirma Cardona (2008), la transmisión independiente de los caracteres de los progenitores, por lo cual, el estudiante reconoció que solo el carácter dominante se expresa; además, hay un avance en la comprensión del efecto de los genes de los progenitores en la descendencia y el uso de los conceptos gen dominante y recesivo como se observa en la figura 11.

Figura 11 Cómec del modelo explicativo de la genética del estudiante 2 en el momento de reenfoque



Fuente: Cómec elaborado por estudiante 2.

Viñeta 1

Gato: “Si un gato con polidactilia se junta con una gata que no presenta polidactilia, los hijos no tendrán la condición del padre”

En las viñetas 2 y 3, se observó que E2 aprendió y empleó los conceptos como gen dominante y recesivo (encerrados en recuadro amarillo), básicos en la primera ley de Mendel como lo afirma Curtis et al. (2008), para lo cual es necesario el aprendizaje de que una sola de las dos variantes se expresa.

Viñeta 2

Gata: “Porque sabemos que el gen de la gata es dominante ante los genes del padre recesivo”

Viñeta 3

Gato: “ya que el gen del padre es recesivo sabemos que no se va a expresar ante el gen dominante de la madre”

Los anteriores resultados se ven soportados por Bugallo (1995), quien afirma que, para solucionar las dificultades de aprendizaje de la genética, se deben diseñar y aplicar secuencias didácticas que estimulen la capacidad de pensamiento del estudiante frente a situaciones problemáticas cotidianas. En este mismo sentido, Morel et al. (2019), afirman que el cómic se convierte en una herramienta muy útil para el aprendizaje de asignaturas

científicas de difícil comprensión con conceptos abstractos, para este estudio, por ejemplo, el comic es muy útil en el aprendizaje de la expresión de los caracteres dominantes y ocultamiento de los recesivos.

Durante **el momento de ubicación**, en la **segunda pregunta problematizadora** planteaba: “Si ambos, el gato y la gata presentan polidactilia y tienen hijos, ¿crees que todos sus hijos nacerán con polidactilia? Para el análisis se tomaron las respuestas de E7 durante los dos momentos, porque el estudiante se traslada del modelo atavista al modelo mendeliano. Los otros siete estudiantes responden basados en el modelo mendeliano de la transmisión de los caracteres dominantes y el ocultamiento de los caracteres recesivos. Por ejemplo, E3 contesta: *“si, pues los genes del padre y la madre presentan la misma enfermedad que es ereditaria”*. Así mismo, E8 contesta: *“si, porque al los dos tener la misma condición hay mas probabilidades de que sus hijos salga con su misma condición genética”*

A continuación, se presenta la respuesta de E7 que se traslada del modelo atavista al mendeliano:

E7: *“Puede que, si salgan con los genes de los papas, pero puede que a la vez no, ya que no siempre salen con los genes de sus padres. Existe la posibilidad de que si, como también existe la posibilidad de que no.*

En el fragmento de la respuesta *“ya que no siempre salen con los genes de sus padres”*, infiere que la información heredada proviene de un antepasado y que no necesariamente la herencia proviene de los padres. Según Cardona (2008), en el atavismo, las generaciones presentan características heredadas de los abuelos.

En el **momento de reenfoque**, E7 presenta su respuesta, aunque un tanto ambigua en el marco del modelo mendeliano, porque emplea conceptos propios de este modelo como, gen recesivo y gen dominante. En seguida se presenta la respuesta:

E7: *“Puede que sí, ya que ambos presentan el gen recesivo, pero puede haber una probabilidad de que salga con un gen recesivo del pasado”*.

Al manifestar que los hijos de los gatos progenitores salgan con un gen del pasado, confirman lo expuesto por Curtis et al. (2008), en cuanto a la segunda ley de Mendel, al

afirmar que los factores hereditarios se transmiten de forma independiente y el carácter recesivo aparece en las siguientes generaciones.

Para Machová y Ehler (2023), entre las dificultades de aprendizaje de la genética están las situaciones problema fuera del contexto del cuerpo humano. Pero, si se amplía el estudio de la genética, permite aumentar la comprensión de otros tipos de herencia que demandan conceptos más profundos, como lo argumentan Buske y Bartholomei (2021). El tránsito al modelo mendeliano puede ser explicado a través de las afirmaciones de Bugallo (1995), para quien una secuencia didáctica bien diseñada, mejora la capacidad de pensamiento para solucionar problemas de la genética de Mendel.

6.1.2 Situación Problema 2

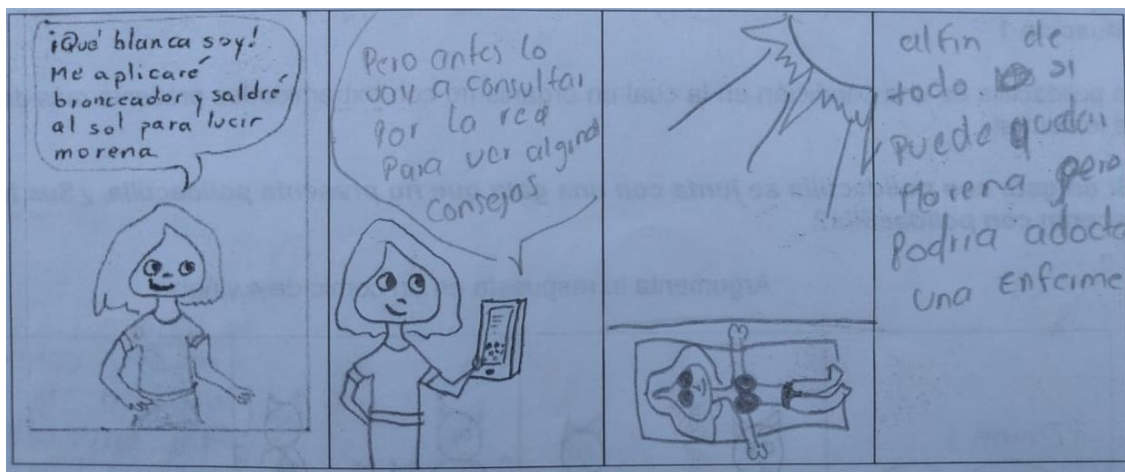
“Daniela es una niña de piel blanca que siempre ha querido ser morena. Para lograrlo, los días soleados se aplica bronceador y se expone al sol durante 3 horas en la terraza de su casa, logrando que su tono de piel sea moreno. Si Daniela continua con esta rutina durante muchos años, **Pregunta problematizadora:** “¿consideras que llega el momento en que no necesite de bronceador para que su piel permanezca morena?” La solución debía representarse en un cómic de 4 viñetas, de las cuales la primera es propuesta por el autor.

Se tomó para el análisis al estudiante E5 porque tanto en el momento de ubicación como desubicación, permaneció en el modelo lamarckista y E6 porque si realiza el tránsito del modelo lamarckista al mendeliano y es el único estudiante con la respuesta completa en ambos momentos para esta situación. En el **momento de ubicación**, 4 estudiantes respondieron la pregunta en el marco del **modelo explicativo mendeliano**, 3 estudiantes en el **lamarckista** y 1 estudiante respondió la pregunta en otro contexto (muerte de Daniela por cáncer de piel).

Durante el **momento de ubicación**, E5 se identifica en el modelo lamarckista porque reconoce que a través de un medio externo puede cambiar su color de piel. De este modo Curtis et al. (2008), afirma que los cambios ambientales o comportamentales constantes modifican permanentemente a los individuos. En la viñeta 4 se evidenció que el

uso del bronceador puede generar un cambio duradero en el tono de piel de Daniela como se observa en la figura 12.

Figura 12 Comic del modelo explicativo de la genética del estudiante 5 en el momento de ubicación



Fuente: Comic elaborado por estudiante 5.

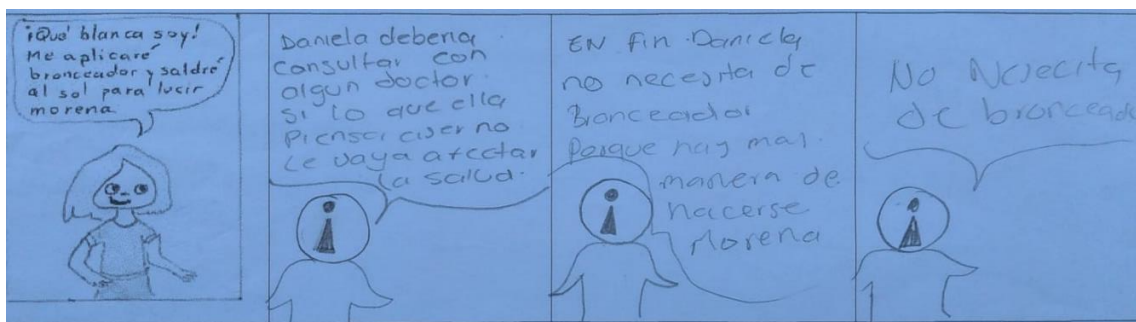
Viñeta 4

Daniela: “Al fin de todo si puedo quedar morena, pero podría adoptar una enfermedad”

Esta interpretación de E5 puede estar relacionada con dificultades en la comprensión entre la reproducción celular y los procesos de mitosis como lo sostiene Machová y Ehler (2023), por la separación de temas de genética mendeliana y reproducción celular, según Buske y Bartholomei (2021), y por la relación entre genes y sus productos, lo afirma Lewis y Wood (2001).

Durante el **momento de reenfoque**, E5 persiste en la concepción lamarckista de herencia al afirmar que, “se puede ser morena de otras formas”, como está sustentado en la viñeta 3, como se observa en la figura 13.

Figura 13 Cómec del modelo explicativo de la genética del estudiante 5 durante el momento de reenfoque



Fuente: Cómec elaborado por estudiante 5.

Viñeta 3

E5: *“En fin, Daniela no necesita bronceador porque hay más maneras de hacerse morena”*

Como lo expresa Amaya y Pulido (2017), en relación con el **modelo lamarckista**, los hábitos son capaces de originar cambios en los organismos y su descendencia; de tal modo, los estudiantes que se ubican en este modelo reconocen que el ambiente y las conductas repetitivas son capaces de generar cambios rápidos y progresivos en la información genética de los individuos afectando profundamente la expresión de los caracteres.

La detención de los dos estudiantes en el modelo lamarckista se puede explicar a la luz de Buske y Bartholomei (2021), en donde afirman que el empleo de un subsumisor erróneo interiorizado en las primeras etapas del aprendizaje, pueden derivar en conocimientos imprecisos, científicamente erróneos. Dificultades como la poca claridad en el aprendizaje de los mecanismos de reproducción celular y lo abstracto de la genética, ocasionan conflictos en el aprendizaje de la genética, como lo afirman Knippels et al. (2010). Para Knippels et al. (2010), algunas dificultades se pueden superar cuando se integran aspectos básicos de la herencia en todos los niveles biológicos y se cambian subsumidores erróneos por otros correctos.

Segun Curtis et al. (2008), en el lamarckismo los cambios ambientales constantes determinan la herencia permanente del organismo, concepto con el que se identifica E6 y lo ubicó en este modelo como se observa en la figura 14, porque consideró que el uso

persistente de bronceador cambió definitivamente la tonalidad de piel. Como lo afirma Curtis et al. (2008), en contexto del modelo lamarckista, un hábito persistente puede modificar de forma permanente un organismo, como aparece en la viñeta 4.

Figura 14 Cómic del modelo explicativo del estudiante 6 durante el momento de ubicación



Fuente: Cómic elaborado por estudiante 6.

Viñeta 4

Daniela: “Ya no necesito el sol. Soy morena”

En el **momento de reenfoque**, E6 hace el tránsito hacia el modelo mendeliano, aunque su respuesta no es del todo clara. El estudiante reconoce que la piel cambia según el ambiente y que el clima ayuda en este proceso, pero el sujeto no queda permanentemente con el color de piel moreno, como se observa en las viñetas 3 y 4 de la figura 15.

Figura 15 Comic del modelo explicativo del estudiante durante el momento de reenfoque



Fuente: Comic elaborado por estudiante 6.

Viñeta 3

Daniela: *“Ya que la piel cambia según su ambiente. Por ejemplo, en tierra fría las personas son blancas”*

Viñeta 4

Daniela: *“En conclusión, el clima puede ayudar a aclarar u oscurecer un poco la piel”*

Se observó que el estudiante cambia a un modelo más identificado con la ciencia, como el mendeliano. Según Buske y Bartholomei (2021), actividades con fines didácticos que generen un mejor proceso de razonamiento, permiten corregir los subsumidores erróneos a subsumidores más precisos científicamente. E6 se ubica en el modelo explicativo mendeliano, debido a la estimulación de procesos cognitivos superiores que permiten establecer relaciones entre conceptos más complejos, como lo documenta Bugallo (1995).

Una dificultad para los estudiantes la constituye modelos explicativos erróneos de la genética, como lo afirma Lewis y Wood (2001), en cuanto a la relación entre la presencia de un gen y su correspondiente producto. Para este caso, E5 después de la unidad didáctica, comprende que, debido a la exposición de factores ambientales, pueden originar cambios transitorios en la coloración de la piel.

El cómic aporta al aprendizaje de la genética mendeliana en cuanto estimula la apropiación de un nuevo lenguaje. Según Guzmán (2011), al incorporar textos e imágenes, favorece procesos mentales que desarrollan la síntesis e integración de nuevos lenguajes. Para Akcanca (2020), el cómic motiva a los estudiantes a comprender conocimientos de desarrollo complejo, porque mejora la habilidad para interpretar información y construir saberes. El lenguaje gráfico genera empatía en la apropiación de temas de difícil comprensión porque permite estructurar y organizar procesos relacionados con la investigación como son consultar fuentes bibliográficas, elaborar preguntas, organizar la información recolectada y presentar resultados, como lo afirma Viau et al. (2015).

La **segunda pregunta problematizadora** (2b), planteaba la siguiente situación: “Si Daniela se casa con un hombre de piel morena, y tiene 2 hijas y un hijo, piensa, ¿Cómo podría ser el color de piel de sus hijas?” Esta pregunta debía contestarse de forma escrita y con libre extensión de la respuesta. En el **momento de ubicación** se observó que 6

estudiantes responden en el marco del **modelo explicativo genético mendeliano**, mientras 1 solo estudiante responde en sintonía con el **modelo explicativo de fusión de caracteres y otro en modelo popular**. Se analizaron las respuestas del estudiante E2 que pasa del modelo de fusión de caracteres al modelo mendeliano y las respuestas de E6, quien continua en el modelo popular. En el momento de reenfoque no se obtienen respuestas de 4 estudiantes.

En el momento de ubicación E2, responde en función del modelo genético fusión de caracteres, puesto que reconoce que la genética para el color blanco de piel de Daniela mezclada con la genética para el color de piel oscura del esposo, generan como consecuencia que sus hijos sean trigueños. Según Curtis et al. (2008), esta concepción de la genética fue apoyada en el siglo XIX y explica que cuando se unen los óvulos con los espermatozoides, estos se combinan y aparecen los caracteres intermedios en la descendencia, como cuando se mezclan dos colores. A continuación, se transcribe la respuesta:

E2: *“Ambos tendrían un tono de piel trigueño, porque ni por más de lo que haga Daniela ella es blanca, su genética es así, y al mezclarse con un tono de piel más oscuro que ella, sus hijos tendrán un tono de piel trigueño “claro a oscuro”*

La concepción de E2 puede estar enmarcada en el contexto que sostiene Lewis y Wood (2001), cuando se presentan dificultades en la naturaleza de la información, especialmente cuando está relacionada entre genes, información genética y características. Así mismo, E2 presenta dificultades en la identificación de la forma en que se transmiten los caracteres, ya que, como lo afirma Cardona (2008), los caracteres se heredan de forma independiente y sin mezclarse.

En el **momento de reenfoque**, E2 hace el tránsito al modelo mendeliano porque en su respuesta se identifican elementos destacados de este modelo. Se observó que empleó terminología propia del mendelismo como el concepto dominante, información genética y gen. El escaso vocabulario de la genética concuerda con las dificultades encontradas por Knippels et al. (2010), en cuanto a la comprensión de una ciencia de naturaleza abstracta. Durante el desarrollo de la unidad didáctica, E2 da lugar a la comprensión de los fundamentos de la genética mendeliana, especialmente de la primera ley de uniformidad,

cuando reconoce que los factores hereditarios se transmiten independientemente y uno solo se expresa. Según Curtis et al. (2008), la característica dominante se expresa y la recesiva parece ocultarse. A continuación, se presenta la respuesta de E2:

E2: *“Si la madre es blanca y el padre es moreno, sus hijos serán morenos, porque el gen del padre es dominante ante el gen de la madre, ya que Daniela se ha expuesto mucho al sol a debilitado su información genética, pero con esto decimos que, aunque Daniela haya alterado su color de pie, su información genética es blanca. En conclusión, aunque la mona se vista de seda, mona se queda.*

El tránsito al modelo mendeliano se puede explicar, según Martínez et al. (2006), por la implementación en el aula de temas científicos escolares relacionados con la salud y la vida cotidiana, así como por la incorporación de estrategias que vinculan cognitiva y emocionalmente a los estudiantes con aspectos de su vida diaria.

Ahora, se analiza el caso de E6, quien persiste en el modelo popular. En el **momento de ubicación**, existen elementos que lo ubican allí, porque considera que los hijos heredan rasgos del género opuesto, en este sentido, las hijas serán morenas al padre y los hijos blancos a la madre. En este contexto, Amaya y Pulido (2017), afirman en cuanto al modelo popular que son creencias, conocimientos, percepciones u observaciones del entorno sin ningún respaldo científico. A continuación, se transcribe la respuesta de E6:

E6: *” Sus hijas serán morenas por el gen del papá y el niño blanco por los genes de su mamá. Son rasgos al género opuesto ”*

Según Buske y Bartholomei (2021), los conocimientos de genética deben llevar a comprender varios tipos de genética que permitan asimilar conocimientos más profundos; en este sentido, los mismos autores afirman que un conocimiento es subsumidor de otro, así que, los subsumidores erróneos generarán poca precisión científica y conocimientos derivados equivocados. La dificultad en E6 pueden ser ocasionada por confusión en los procesos de división celular relacionados con la mitosis y la meiosis como lo afirman Knippels et al. (2010) y Lewis y Wood (2001). Los contenidos relacionados con el aprendizaje de los mecanismos celulares debieron ser vistos en grados anteriores, según los DBA (Derechos Básicos del Aprendizaje) emanados por el MEN (Ministerio de Educación de Colombia).

Durante el **momento de reenfoque**, E6 persiste en el modelo popular, aunque en su respuesta incorpora términos de la genética mendeliana como gen dominante y gen recesivo. La razón por la cual se vincula al estudiante al modelo popular radica en que desde el contexto de la situación problema, no se especifica cual progenitor tiene el fenotipo dominante y cual el recesivo. El estudiante asigna el fenotipo dominante al padre y el recesivo a la madre, aunque ya no afirma que la herencia se da por “rasgos al género opuesto”. Pareciera que cambia de concepto dentro del mismo modelo popular. A continuación, se presenta su respuesta:

E6: *“Lo más probable es que sus hijos salgan de piel morena por el gen dominante del padre, aunque tienen una posibilidad de ser blanca por el gen recesivo de la madre”*

Descrito lo anterior, el análisis a través de la unidad de aspectos básicos y relevantes de la biología como lo son la mitosis y la meiosis como lo afirman Knippels et al. (2010) y Lewis y Wood (2001), inciden en que el estudiante cambiara a un modelo más acorde a la genética mendeliana. Una forma de apoyar al estudiante a reconocer las bases de modelos científicos de la genética los constituiría según Bugallo (1995), el diseño de secuencias didácticas que estimulen al estudiante a desarrollar su modelo de pensamiento aplicado a situaciones problemáticas de la genética de Mendel.

6.1.3 Situación Problema 3

Lea a continuación el siguiente cómic de la figura 16 y realice las actividades propuestas.

Figura 16 Cómic propuesto para dar inicio a la situación problema 3

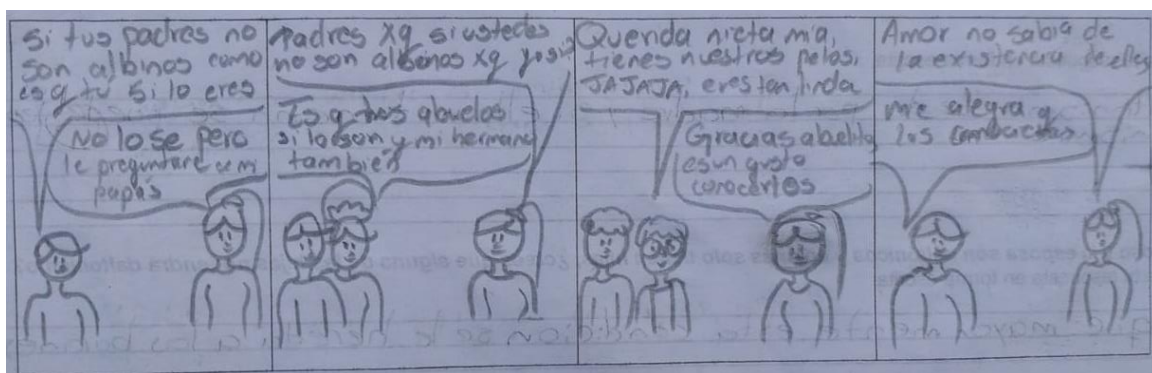


Fuente: Elaboración propia.

Pregunta problematizadora: “Si los padres de Laura no eran albinos, ¿cómo pudo Laura haber adquirido la condición del albinismo?”. La respuesta debía graficarse en un cómic de 4 viñetas.

Durante el **momento de ubicación**, E1 se identifica con el modelo atavista, porque atribuye la presencia de la condición del albinismo a los abuelos, como se observa en las viñetas 1 y 2. Según Cardona (2008), los abuelos pueden heredarles características a sus descendientes, sin que necesariamente estas se hayan expresado en las anteriores generaciones como se observa en la figura 17.

Figura 17 Comic del modelo explicativo de la genética del estudiante 1 durante el momento de ubicación



Fuente: Cómic elaborado por estudiante 1.

Viñeta 2

Laura: “Padres. Por qué, si ustedes no son albinos, ¿Por qué yo sí?”

Padres: “Es que tus abuelos si lo son y mi hermano también”

Viñeta 3

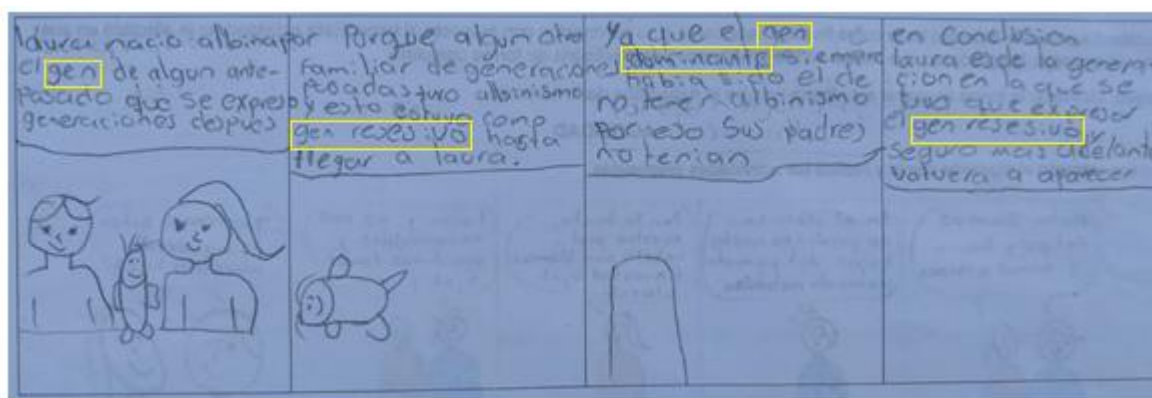
Abuelos: “Querida nieta mía. Tienes nuestros pelos. Jajaja. Eres linda”

Laura: “Gracias abuelitos. Es un gusto conocerlos”

En el **momento de reenfoque**, E1 hace el tránsito del modelo atavista al mendeliano porque atribuye la condición del albinismo a factores propios de la genética mendeliana, como la recesividad, la dominancia y la transmisión independiente de caracteres. Según Curtis et al. (2008), en la segunda ley de Mendel los individuos poseen

un par de factores hereditarios que se separan en la meiosis y que reaparecen en la segunda filial o generaciones futuras, por lo que E1 enmarca su respuesta en la segunda ley de Mendel, como se muestra en las viñetas 1, 2 y 4. En los recuadros amarillos se destacan conceptos propios de la genética mendeliana.

Figura 18 Comic del modelo explicativo de la genética del estudiante 1 durante el momento de reenfoque



Fuente: Cómic elaborado por estudiante 1.

Viñeta 1

Narrador: “Laura nació albina por el gen de algún antepasado que se expresó generaciones después”

Viñeta 2

Narrador: “Porque algún otro familiar de generaciones pasadas tuvo albinismo y esto estuvo como gen recesivo hasta llegar a Laura”

Viñeta 3

Narrador: “Ya que el gen dominante siempre había sido el de no tener albinismo. Por eso sus padres no tenían”.

Se observó que el cómic realiza un aporte significativo al aprendizaje de la genética mendeliana porque favorece el tránsito del modelo atavista al mendeliano, puesto que, como lo afirman Ortega y Viscaya (2019), el cómic en el aprendizaje de temas científicos escolares es una estrategia alternativa que desarrolla diversas habilidades de pensamiento, comunicación y creatividad, favoreciendo la relación entre el tema y el lector (estudiante).

Para Beltrán y Marín (2017), la historieta apoya el aprendizaje de temas sociocientíficos porque se convierte en un material prometedor que permite desarrollar aprendizajes científicos válidos que promueven la selección de las fuentes de información, pensamiento alternativo, valores éticos y la argumentación.

A continuación, se presenta la **segunda pregunta problematizadora**: “Ahora, Laura le es infiel secretamente a Felipe con Alberto, un hombre moreno, y está embarazada de este último. Si el hijo nace con piel morena, ¿Cómo podría Laura justificar que el hijo es de Felipe? La respuesta se expresó en un escrito de libre extensión.

En el **momento de ubicación**, 4 estudiantes responden de acuerdo con el modelo genético atavista y los otros 4 de acuerdo con el modelo mendeliano. Durante el **momento de reenfoque**, 2 estudiantes identificados con el modelo genético atavista, transitan hacia el modelo mendeliano, mientras 3 estudiantes no contestan. Los otros 3 estudiantes permanecen en el modelo mendeliano. Se analizaron las respuestas de E2, por el tránsito del atavismo al modelo mendeliano.

En la respuesta se observó que en E2, Laura le asigna el hijo a Felipe, que es su esposo con albinismo, amparando el hecho de que el hijo heredó el color moreno por los genes de los padres de Laura, que no eran albinos. Es decir, la piel morena de su hijo es heredada por parte de los abuelos maternos. Según Cardona (2008), en el atavismo, los descendientes heredan de los abuelos algunas características. La respuesta se presenta a continuación:

E2: *“Laura le puede decir a su esposo que él bebe heredó los genes de sus padres ya que ellos no eran albinos”*

Durante el **momento de reenfoque**, se identificó que E2 argumenta su respuesta en conceptos propios del modelo mendeliano, como la información transmitida a los descendientes, la información recesiva u oculta de Laura y el gen recesivo cuyos caracteres se ocultan ante el dominante. Para Cardona (2008), este modelo se identifica por que los caracteres de los progenitores se heredan de forma independiente. La respuesta de E2 está relacionada con la segunda ley de Mendel, Curtis et al. (2008), afirma que las características recesivas de los descendientes reaparecen en las siguientes generaciones. A continuación, se presenta la respuesta:

E2: *“Le puede decir que el hijo no es albino a causa de la información genética recesiva oculta de Laura, porque Laura posee genes ocultos de su madre, que se pudieran expresar en los sucesores, ya que en la información genética existe el gen recesivo que se oculta ante el dominante, pero luego vuelve a reaparecer. En conclusión, el hijo de Laura no es albino por la información oculta de Laura y no por una infidelidad. Por ejemplo, en mi caso mis padres son morenos y yo soy blanca”*

Se observa un cambio a partir de la aplicación del instrumento, como lo afirma Bugallo (1995), porque se establece un tránsito a un modelo explicativo conforme a la genética de Mendel, centrado en el análisis de situaciones propias del contexto. Así mismo, Martínez et al. (2006), afirma que fomentar en los docentes los métodos de enseñanza no convencionales estimulan la naturaleza investigativa de los estudiantes.

6.1.4 Situación Problema 4

“El daltonismo es una condición que generalmente se transmite de madres a hijos varones y ocasiona que no se puedan diferenciar los colores rojo, azul, verde y amarillo. En algunas ocasiones el daltonismo puede transmitirse a las hijas” **Pregunta**

problematizadora: “Si en un matrimonio el padre es daltónico y la esposa no, ¿Crees que lo más seguro es que sus hijos sufran daltonismo?” La respuesta era escrita en libre extensión. Se observa que las respuestas en esta situación se caracterizan por ser cortas, simples, incompletas e incluso nulas. Se observó que, durante el **momento de ubicación**, 7 estudiantes se identificaron con el modelo mendeliano y 1 con el **modelo popular**. A continuación, se analizan las respuestas de E3 que en los dos momentos establece un modelo mendeliano y para el momento de reubicación, el estudiante genera más elementos de análisis.

En E3, durante el **momento de ubicación**, su respuesta se enmarca en el modelo mendeliano, esto dado porque en su respuesta expresa la dotación, aunque errónea de 12 cromosomas provenientes de cada progenitor, y al compartir esta información genética, se genera la posibilidad de que algunos hijos presenten daltonismo sin importar de cual padre provenga condición. Dicho esto, se nota que los caracteres pueden pasar a los hijos de forma independiente, sin importar de cual progenitor provenga. Según Cardona (2008), los

factores hereditarios no se mezclan, sino que se heredan de forma independiente en el mendelismo. A continuación, se transcribe la respuesta del estudiante:

E3: *“Porque el hijo comparte 12 cromosomas de ambos padres, lo cual significa, que algunos hijos nacerán con daltonismo sin importar cuál de los padres sufra la enfermedad”*

Se observan dificultades en concepciones alternativas, como lo afirman Lewis y Wood (2001), al expresar que la información se comparte, pero no se copia. Los subsumisores erróneos que continúan replicándose, los documentan Buske y Bartholomei (2021), quienes determinan ejercen un rol en la comprensión de contenidos propios dentro de la genética mendeliana y conocimientos dependientes o con vínculo a este. Para finalizar, Knippels et al. (2010), afirman que los estudiantes presentan dificultades para leer, comprender y resolver problemas de genética, puesto que, en el contexto del problema, se informa que el daltonismo es heredado generalmente por línea materna, situación que E3 no tiene en cuenta.

En el **momento de reenfoque**, se observa que la respuesta está enmarcada en conceptos concretos de la genética mendeliana en cuanto a la dominancia y recesividad de los genes. En la respuesta se notó la explicación basada en la primera ley de Mendel, porque como lo afirman Curtis et al. (2008), en la progenie se expresa una sola de las variantes y la otra se oculta. La respuesta se transcribe a continuación:

E3: *“Si una mujer con daltonismo y se casa con un hombre sin daltonismo, sus hijos no presentarán daltonismo, porque lo normal es no tener daltonismo, lo cual causa que el gen se vuelva recesivo”*

El papel de los nuevos subsumisores en el aprendizaje, le permitieron comprender y aplicar las leyes de la genética mendeliana en el contexto de la pregunta, como lo afirman Buske y Bartholomei (2021). Desde el instrumento, se apoyó el aprendizaje porque se fortalecieron procesos de raciocinio, como lo afirma Bugallo (1995), aunque persisten dificultades en la lectura y comprensión de la información, como lo aseguran Knippels et al. (2010).

En la **segunda pregunta problematizadora** se plantea que: “si el esposo y la esposa son daltónicos y además solo tienen hijas, ¿Crees que alguna de las hijas no tendrá

daltonismo? La respuesta se escribía en un texto escrito de libre extensión: Se observó que, en el **momento de ubicación**, todos los estudiantes se identifican con el modelo mendeliano. No obstante, durante el **momento de reenfoque**, solo un estudiante contestó la pregunta. Para este análisis se tomó la respuesta de E3

Se observó que, durante el **momento de ubicación**, E3 responde en concordancia al modelo mendeliano, porque manifiesta la posibilidad de que se exprese una condición, cuando los dos progenitores presentan el factor hereditario para esa misma condición. A continuación, se presenta la respuesta:

E3: *” Si porque ahora las posibilidades de que los hijos sean daltónicos son mayores por los genes ”*

Según Curtis et al. (2008), todos los miembros de la progenie de la primera filial muestran una sola de las variantes (la dominante), mientras la recesiva se oculta.

En conclusión, el comic Para finalizar el análisis general en las tres situaciones, el cómic apoya el aprendizaje de la genética mendeliana porque genera una mejor relación de comprensión entre el tema, que tiende a ser abstracto, y el estudiante, como lo documenta Knippels et al. (2010). En este sentido, el cómic favorece el aprendizaje de asignaturas científicas (Morel 2019), porque estimula la capacidad de pensar cuando el estudiante se enfrenta a situaciones problemáticas (Bugallo 1995).

El cómic apoya el aprendizaje de terminología de la genética como lo documenta Bugallo (1995), que para efectos de la presente investigación estuvo relacionado con el aprendizaje de conceptos tales como gen dominante y gen recesivo. Como lo afirma Viau et al. (2015), al emplearse el cómic como un recurso didáctico alternativo se permite la apropiación de contenidos de la ciencia escolar por la empatía que se genera con el lenguaje gráfico.

El aprendizaje de la genética mediado por el cómic también permite la comprensión de aspectos básicos de la Biología que son importantes para la genética (Smith y Sims 1992, citado por Bugallo 1995), como, por ejemplo, la elaboración de productos celulares a partir de la información genética. Es así, que el cómic se convierte en una estrategia alternativa para aprender diferentes temas y motivar al estudiante en el aprendizaje de contenidos de difícil comprensión (Ortega y Vizcaya 2019).

El aprendizaje de la genética mendeliana con el cómic fortalece las habilidades comunicativas en la resolución de problemas relacionados con la capacidad de comprender textos escritos y representarlos (Knippels et al., 2010). En el anterior contexto, Guzmán (2011), afirma que el cómic es una unidad narrativa de comunicación que, al combinar textos escritos e imágenes, favorece la capacidad de síntesis e integración de múltiples lenguajes.

El papel del cómic en el aprendizaje de la genética mendeliana favorece la construcción del pensamiento lógico en el estudiante. Como lo argumenta Bugallo (1995), uno de los principales problemas en el tema la genética escolar lo constituye la resolución de problemas. Para Morel (2019), al ser el cómic una unidad narrativa que emplea textos escritos e imágenes, su lectura se constituye en un proceso mental complejo que estimulan la imaginación y el pensamiento lógico. Así mismo, según Viau et al. (2015), el cómic permite la estructuración y organización de actividades lógicas relacionadas con proceso de investigación como, consultar bibliografías, construir preguntas, organizar la información recolectada y presentar resultados.

El lenguaje grafico textual del cómic estimula procesos mentales que promueven los procesos de comprensión de contextos problemáticos, la síntesis de información, la argumentación de respuestas y posturas frente al tema de la genética. Para finalizar, el cómic favorece el desarrollo de habilidades cognitivas que promueven acciones de carácter científico escolar como la búsqueda de fuentes de información, la generación de nuevas preguntas, la síntesis, la propuesta de hipótesis y la presentación de resultados.

Finalmente, Martínez et al. (2006), sostiene que se debe generar en los estudiantes un cambio de actitud frente a la genética y a la ciencia en general. El cómic para Morel (2019), y Beltrán y Marín (2017), es muy eficaz para moldear y generar actitudes positivas hacia las ciencias fomentando la comprensión, el aprendizaje y la alfabetización científica.

6.1.5 Anatomía Y Fisiología Del Argumento Escrito En El Momento De Ubicación

Para Vega (2015), los argumentos son medios que se emplean para transformar conocimientos o creencias y generar nuevos saberes de forma deductiva. Según Toulmin (2007), un argumento se asemeja a una entidad biológica, el que se puede analizar a través de su **anatomía** (macroargumento a través de su estructura) y **fisiología** (microargumento a través de su lógica). La presente investigación, se basa en el modelo argumentativo aplicado al aula de Sardá y Sanmartí (2000), quienes se apoyan en el modelo argumentativo de Toulmin, y comprenderá en cuanto a la **anatomía del argumento**, la **validez formal** del argumento, la **secuencia textual** y los **conectores**. Para Sardá y Sanmartí (2000), la **validez** del argumento incluye la presencia del hecho, la justificación y conclusión. La **fisiología del argumento** se analizará a partir de la **concordancia** y la **aceptabilidad**.

En referencia a la **anatomía** del argumento, la mayoría de las situaciones presentan **validez formal** porque presentan el dato y la justificación, mientras que, la **conclusión** constituye el elemento menos presente. El **dato**, según Toulmin (2007), corresponde a justificaciones de las afirmaciones, y para este trabajo son recurrentes tesis que tienen que ver en su mayoría con afirmaciones, y en menor ocurrencia con negaciones o posibilidades de la situación genética expuesta. En menos casos el dato se presenta como un simple “sí”.

La **justificación** según Sardá y Sanmartí (2000), es la razón principal del argumento y para este estudio, los estudiantes apoyaron su justificación basados en el contexto expuesto en cada situación genética, tal vez, porque es el principal referente para realizar la defensa del dato. La **conclusión** para los mismos autores constituye el valor final que se apoya a partir de la tesis y las condiciones argumentativas. Para esta investigación, es el elemento menos presente, constituyéndose en un inconveniente para que se generen argumentos completos y coherentes.

Con relación al uso de **conectores**, para Zorraquiño y Portolés (1995), los marcadores discursivos son unidades lingüísticas invariables que guían las inferencias en el texto y se clasifican en cuanto a su función. Se observa que, en las tres situaciones, la mayor cantidad de marcadores discursivos pertenecen a los **reformuladores** (porque, ya que, puesto que, a menos que, con tal que), y a los **conectores** (pues, por, entonces, sino, pero, y, y sí). En referencia a la **secuencia**, según Sardá y Sanmartí (2000), el argumento

debe presentar una progresión de sus premisas para llegar a la conclusión. Se observa que no hay **secuencia** porque en la mayoría de los argumentos faltan la **conclusión**. Los argumentos de E1 y E2 permiten observar la anatomía del argumento a través del dato (color amarillo), la justificación (fucsia), conclusión (verde), los conectores (rojo) y la secuencia.

E1. **Situación 1b.** “Si ambos, el gato y la gata presentan polidactilia y tienen hijos, ¿crees que todos sus hijos nacerán con polidactilia?”

Argumento: “**Si, porque no tienen oportunidad genética de no tener esa condición, al no tener ningún gen sin polidactilia**”.

E2. Situación 3b. Laura y Felipe son albinos, y “ahora, Laura le es infiel secretamente a Felipe con Alberto, un hombre moreno, y, está embarazada de este último. Si el hijo nace con piel morena, ¿cómo podría Laura justificar que el hijo es de Felipe?”

Argumento: “**Laura le puede decir a su esposo que el bebe heredo los genes de sus padres ya que ellos no eran albinos**”.

En referencia a la **fisiología del argumento**, según Sardá y Sanmartí (2000), la **concordancia** es la relación epistémica entre los hechos y la conclusión. Se observa que no hay **concordancia**, porque faltan las conclusiones y además no existe el conocimiento particular de la genética que permita desarrollar un hilo argumentativo. Para los mismos autores, la **aceptabilidad** del argumento se relaciona con la finalidad de modificar en el sujeto los valores epistémicos y que se realice el paso de las justificaciones de la vida diaria y se adopten las que se basan en la ciencia escolar. La mayoría de las justificaciones expuestas por los estudiantes se fundamentan en el texto genético presentado en las situaciones a desarrollar, pero, no presentan **aceptabilidad** porque carecen de fundamento epistémico de la genética mendeliana para un argumento mejor soportado.

6.1.6 Anatomía Y Fisiología Del Argumento Escrito En El Momento De Desubicación

Cuando se plantearon actividades de argumentación en las que se le indicaba al estudiante las partes del argumento como el dato, la justificación, la fundamentación y la conclusión, supieron reconocer la estructura de cada componente del argumento apoyándose en la identificación de los conectores. No obstante, cuando se planteó la elaboración de argumentos de libre extensión sobre varios renglones, el estudiante presentó dificultades para presentar un argumento coherente en donde se identificarán sus componentes, además de presentar poca secuencia lógica. La mayoría de los argumentos presentaron el dato y la justificación, mientras que las conclusiones fueron escasas.

En cuanto a la anatomía del argumento se observó que no presentan **validez formal** porque no presentan totalmente el **dato**, la **justificación** y la **conclusión**. Los componentes que más frecuencia presentaron fueron en orden el dato, la justificación y la conclusión, que fue la unidad que menos se presentó definiendo para elaborarlas. Los datos correspondieron a expresiones de posibilidad, afirmación y negación de la situación a solucionar. Las justificaciones presentaron la utilización de elementos teóricos relativos a la dominancia, recesividad y los rasgos genéticos heredados. Las conclusiones no existieron o no fueron claras, además que algunas no se diferenciaron con conectores. Los estudiantes emplearon pocos conectores, siendo los utilizados, pero, porque, en conclusión, por esto, ya que, en cambio y para finalizar. Existió una escasa **secuencia** que permitiera la progresión entre el dato y la conclusión. Relativo a la fisiología del argumento, existió poca **concordancia**, porque los elementos de la validez formal no se presentaron sólidos para también poder llegar a la conclusión. Para finalizar, los argumentos presentan poca **aceptabilidad** porque existe poca pertinencia y coherencia en las razones.

6.1.7 Anatomía Y Fisiología Del Argumento Escrito En El Momento De Reenfoque

Se observa que, para la **anatomía** del argumento en referencia a la **validez formal**, se continúan presentando el dato y la justificación, pero ahora de forma más explícita y organizada, además que, los estudiantes empiezan a construir conclusiones para cada argumento. Según Toulmin (2007), el **dato** corresponde a la aseveración de la afirmación, y

para las situaciones presentadas, corresponden a afirmaciones al respecto de la situación y en menor medida se observan datos con expresiones de negación y posibilidad.

La **justificación** se expresa de forma más fluida, con más palabras formando oraciones estructuradas que manifiestan los aprendizajes en genética mendeliana como lo son la *dominancia*, *recesividad*, *homocigosis*, *heterocigosis*, *términos de probabilidad* y *transmisión de caracteres*. De este modo, para Driver y Newton (1997), citado por Sardá y Sanmartí (2000), los procesos implicados en el aprendizaje de la argumentación desarrollan la comprensión de conceptos relacionados con la ciencia.

En las **conclusiones** se observa mayor presencia con respecto al momento de ubicación. Las conclusiones elaboradas están relacionadas con el dato y la justificación, pero como lo señala Sardá y Sanmartí (2000), se presentan tautologías con las mismas palabras. Los siguientes argumentos de E1 y E2 permiten observar la anatomía del argumento a través del dato (color amarillo), la justificación (fucsia), conclusión (verde), los conectores (rojo) y la secuencia.

Estudiante 1. Situación 1b.

Argumento: "Los hijos nacerán con polidactilia, porque el gen dominante en este caso será tener polidactilia, ya que sus dos padres tienen polidactilia. En conclusión, los hijos tendrán polidactilia por el gen dominante de sus padres".

Estudiante 2. Situación 3b.

Argumento: "Le puede decir que el hijo no es albino a causa de la información genética recesiva oculta de Laura, porque Laura posee genes ocultos de su madre, que se pudiera expresar en los antecesores, ya que en la información genética existe el gen recesivo que se oculta ante el dominante, pero luego vuelve a reaparecer, en conclusión el hijo de Laura no es albino por la información oculta de Laura y no por una infidelidad, por ejemplo en mi caso mis padres son morenos y yo soy blanca".

Con respecto a los **conectores** se observa un menor uso que durante el momento de ubicación, esto debido a que al final de la aplicación del instrumento la mayoría de los estudiantes no resolvieron algunos apartados de las actividades. Los marcadores discursivos más usados en el **momento de reenfoque** fueron los **reformuladores** (*porque* y *ya que*),

los **operadores argumentativos** (lo cual, a causa de, por ejemplo, teniendo en cuenta) y los **conectores** (si, luego, entonces, pero).

En la **secuencia** se observan avances porque el argumento integra una progresión conceptual que va desde la generalidad del dato, hasta la particularidad referida al concepto de gen, seguido de su naturaleza recesiva y/o dominante, hasta finalizar en la aplicación de conceptos como heterocigosis y homocigosis. En este sentido, según Erduran y Jiménez (2007), la argumentación aporta en el aula de ciencias a través de la alfabetización y el desarrollo de habilidades para hablar y escribir en el lenguaje de las ciencias.

En la **fisiología del argumento**, se observa que, si hay **concordancia** del argumento, porque entre el dato y la conclusión existe la relación epistémica en el aprendizaje de la genética mendeliana aprendida en el desarrollo del instrumento. Además, se observa que existe la **aceptabilidad**, porque el estudiante es capaz de responder situaciones de genética de la vida diaria aplicando los aprendizajes adquiridos en el aula en cuanto a conceptos como genes, herencia, dominancia, recesividad, expresividad, genes ocultos y generaciones. Según Erduran y Jiménez (2007), el aprendizaje de la argumentación favorece el desarrollo del pensamiento y la inculturación científica.

En conclusión, durante el proceso de aprendizaje del argumento escrito, se observan avances en la **anatomía y fisiología del texto**. En cuanto a la **validez** formal, el **dato** y la **justificación** se organizan mejor estructuralmente, y se adquiere la habilidad para elaborar mejores **conclusiones**. Según Moshman (1998), el estudiante realiza procesos más lógicos en la medida en que elabora menos inferencias y construye más estándares de racionalidad. El **dato** elaborado corresponde a propuestas afirmativas claras en torno al tema de la situación de la genética. La **justificación** se estructura en forma de oraciones mejor organizadas y se vinculan a los conceptos y fundamentos de la genética mendeliana. Según Erduran y Jiménez (2007), la argumentación estimula los procesos cognitivos para generar modelos en los estudiantes.

El número de **conectores** disminuye a medida que se avanza en la actividad. La **secuencia argumentativa** muestra la progresión en cuanto se avanza desde la generalidad de los conceptos genéticos hasta la aplicación en la resolución de situaciones problema.

Según Erduran y Jiménez (2007), la argumentación ayuda en la comprensión de temas de difícil comprensión y en los problemas de aprendizaje.

En referencia a la **fisiología**, mejora la **concordancia** porque el argumento se respalda con la elaboración de textos más sólidos basados en la genética y se favorece la **aceptabilidad** porque el estudiante es capaz de argumentar un tema genético de la vida diaria en sus propias palabras y contexto. Por tal razón, para Jiménez (1998), la argumentación no solo debe estar dirigida a la comprensión de conceptos científicos, sino que, además, a pensar racionalmente en problemas científicos.

6.1.8 Anatomía Y Fisiología Del Argumento En El Cómic Durante El Momento De Ubicación

Se puede observar que, en la **anatomía del texto**, la mayoría de los argumentos no son **válidos formalmente** como se observa en la figura 19, porque, aunque presentan el dato, carecen de la justificación y la conclusión. En el **dato** se presentan afirmaciones, negaciones o posibilidades de la situación problema. En la **justificación** se presentan pocas razones, y las más frecuentes están relacionadas con la suerte genética, la baja probabilidad numérica de que suceda un evento genético, la repartición de los genes de los padres a los hijos, la permanencia de las características más comunes y la herencia de los genes de los abuelos.

En las pocas **conclusiones** escritas, se presenta falta de claridad y reiteración de datos como aparece en la figura 20. Se emplean pocos **conectores** siendo los más usados los marcadores **reformuladores** (porque, ya que, tal vez, puede que), los **conectores** (pero, a pesar, luego, después, todo depende) y los **operadores argumentativos** (ahora que, al fin de todo, claro, entonces). Los siguientes argumentos de E3 y E7 permiten observar la anatomía del argumento a través del dato (color amarillo), la justificación (fucsia), conclusión (verde), los conectores (rojo) y la secuencia.

E3. Sit. 1a.” Si un gato con polidactilia se junta con una gata que no presenta polidactilia, ¿sus hijos nacerán con polidactilia?

Figura 19 Anatomía y fisiología del argumento en el comic durante el momento de ubicación del estudiante 3

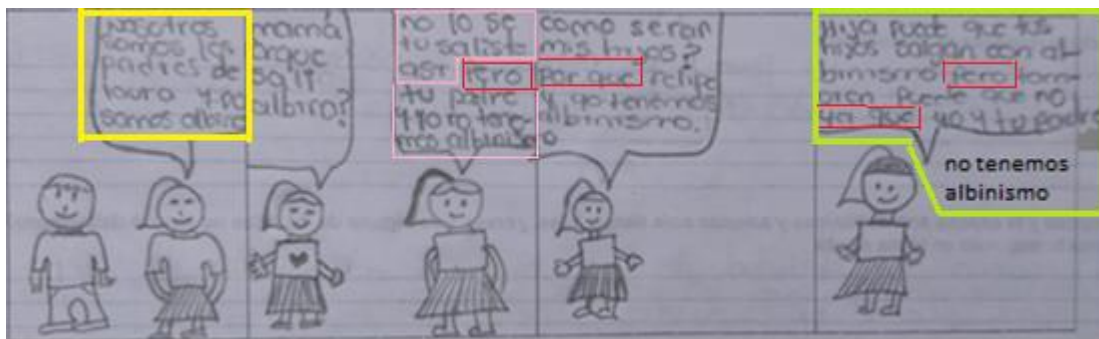


Fuente: Comic elaborado por estudiante 3.

A través de la siguiente situación problema se continúan mostrando la composición de los argumentos en el comic:

E7. Sit 3a. “Si los padres de Laura no eran albinos, ¿Cómo crees que Laura pudo haber adquirido la condición del albinismo?”

Figura 20 Anatomía y fisiología del argumento en el comic durante el momento de ubicación del estudiante 7



Fuente: Cómic elaborado por estudiante 7.

En la **fisiología** del argumento, hay poca **concordancia** porque no existen suficientes elementos epistémicos, ni justificaciones, ni conclusiones. Existe poca **aceptabilidad** porque la mayoría de los argumentos no presentan justificación y conclusión.

6.1.9 Anatomía Y Fisiología Del Argumento En El Cómic Durante El Momento De Desubicación

Se observó que en la anatomía del argumento la mitad de los estudiantes desarrollaron la actividad. Los argumentos de la mayoría de estudiantes que respondieron son **válidos formalmente** porque presentan el dato, la justificación y la conclusión. El dato lo constituyen afirmaciones de la expresividad genética de los caracteres recesivos en la segunda generación. La justificación está conformada por razones basadas en la segunda ley de Mendel y la naturaleza dominante y/o recesiva de los caracteres. Se usaron algunos **conectores**, siendo los más empleados porque, por eso, por lo tanto y en conclusión. Los argumentos presentaron **secuencia**, porque se presentó la progresión para llegar a la conclusión.

En la fisiología del argumento se presentó alguna **concordancia**, porque se trató de enlazar el componente teórico del dato con la conclusión, aunque se presentaron confusiones al aplicar los conceptos de homocigoto y heterocigoto. Para finalizar las razones pertinentes y coherentes hicieron que los argumentos presentaran cierta **aceptabilidad**.

6.1.10 Anatomía Y Fisiología Del Argumento En El Cómic Durante El Momento De Reenfoque

Aplicado el instrumento se observa que en cuanto la **anatomía**, la mayoría de los argumentos presentan el dato, la justificación y la conclusión, por lo tanto, son **válidos formalmente**. Según Jiménez (1998), el **dato** está constituido por los hechos y fenómenos de la afirmación como se evidencia en la figura 21, que para el caso del presente estudio se presenta mejor elaborado y estructurado, donde hay más claridad y especificidad en la idea a defender, recurriendo a afirmaciones relativas a la ausencia de la condición genética, el porcentaje de presencia de las características hereditarias y la expresión de genes recesivos ocultos en la información genética de los padres.

Así mismo, aumenta la cantidad de **justificaciones** basadas en el aprendizaje realizado en el aula, a las razones que explican la presencia de caracteres que generalmente

se expresan en la población, los efectos de los genes dominantes y recesivos, y la transmisión de genes ocultos provenientes de generaciones pasadas, como se observa en la figura 22. De tal modo, Erduran y Jiménez (2007), afirman que la argumentación posibilita el desarrollo de pensamiento para elegir la teoría racional que se puede evidenciar.

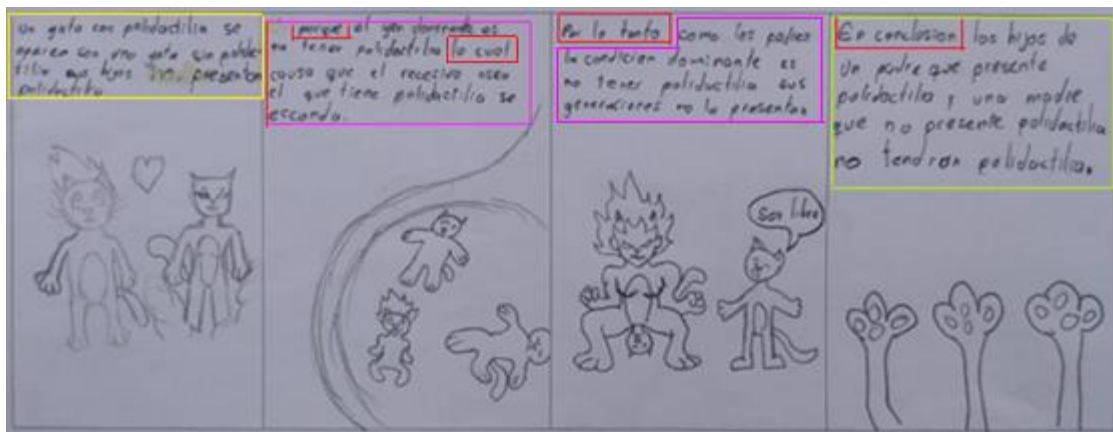
La presencia de más **conclusiones** constituye un elemento muy importante en la elaboración de mejores argumentos, y estas hacen referencia al efecto de los genes dominantes y recesivos, y a la presencia de las características más comunes en la población. Cabe resaltar que generalmente, la conclusión es una reafirmación del mismo dato y que se sigue presentando las tautologías en otras palabras, como lo documenta Sardá y Sanmartí (2000).

En referencia a los **conectores** se aprecia que aumentan su uso en las situaciones 3a y 1a, siendo los más empleados los **reformuladores** (porque, ya que, o sea, puesto que, quizá, así que, en síntesis, en conclusión, por lo tanto, para finalizar), y los **operadores argumentativos** (esto debido a que, por eso, puesto que, lo cual causó, entonces, por ejemplo, por eso, pues ahora, exacto, todo depende). Del mismo modo que lo sustenta Sardá y Sanmartí (2000), los estudiantes no exploran nuevos conectores y se limitan a los que el maestro recurre en este caso “porque” y “ya que”. Según Erduran y Jiménez (2007), la argumentación se relaciona con el desarrollo de las competencias comunicativas, además, cuando se lee es posible hablar y escribir en ciencias (Sardá y Sanmartí, 2000).

Los siguientes argumentos de E3 y E7 permiten observar la anatomía del argumento a través del dato (color amarillo), la justificación (fucsia), conclusión (verde), los conectores (rojo) y la secuencia.

E3. Sit1a. ” *Si un gato con polidactilia se junta con una gata que no presenta polidactilia, ¿sus hijos nacerán con polidactilia?*

Figura 21 Anatomía y fisiología del argumento en el comic durante el momento de reenfoque del estudiante 3

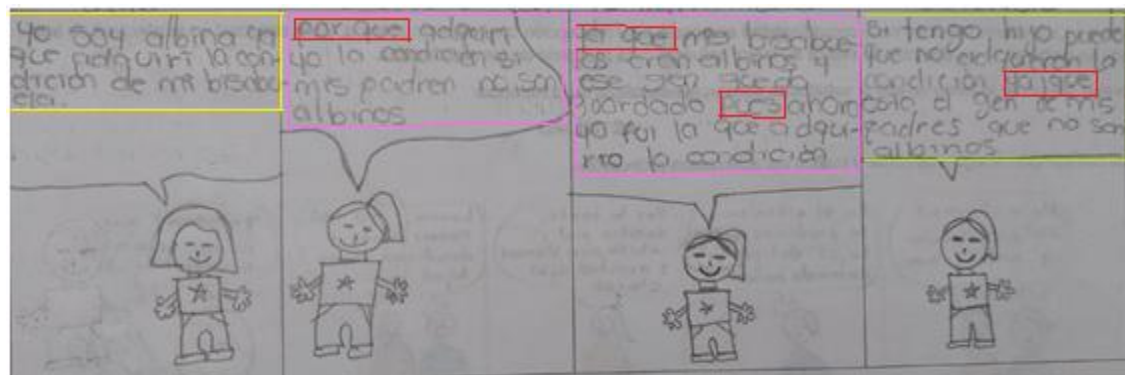


Fuente: Cómic elaborado por estudiante 3.

La siguiente situación continúa mostrando el avance en la argumentación.

E7. Sit 3a. “Si los padres de Laura no eran albinos, ¿Cómo crees que Laura pudo haber adquirido la condición del albinismo?”

Figura 22 Anatomía y fisiología del argumento en el comic durante el momento de reenfoque del estudiante 7



Fuente: Cómic elaborado por estudiante 7.

En la **secuencia**, hay una mejoría significativa en el desarrollo y progresión de las premisas porque ya se presentan la justificación y la conclusión. La **secuencia** empieza por la elaboración del dato, seguida de la explicación de la presencia del gen al que hace referencia la situación. Posteriormente, expone lo que es la dominancia o recesividad, para finalizar con las consecuencias de que un gen se exprese o se oculte. Para Moshman (1998),

el estudiante se vuelve más lógico y racional en la medida en que pasa de un marco de inferencias, a uno ajustado a estándares más seleccionados de racionalidad.

En cuanto a la **fisiología** del argumento, hay un avance en la **concordancia**, porque la conexión epistémica entre el dato y la conclusión está fundamentada en los principios de la primera y segunda ley de Mendel. Así, el argumento es concordante porque el estudiante expresa los fundamentos mendelianos de la herencia en cuanto a la expresividad de los genes dominantes, el ocultamiento de los genes recesivos, las consecuencias de estas características en la población y en las situaciones problema. Para Driver y Newton (1997), citados por Sardá y Sanmartí (2000), la argumentación permite desarrollar la comprensión de conceptos de la ciencia escolar, discutirlos y evaluar teorías de la ciencia escolar.

Con relación a la **aceptabilidad**, hay un mejor desempeño debido a que las razones expuestas se ajustan a fundamentos científicos de la genética mendeliana aprendidos en el desarrollo del instrumento, lo cual le ha permitido al estudiante realizar explicaciones mejor elaboradas en la resolución de situaciones de genética en donde los conceptos de dominancia y recesividad son pertinentes y coherentes con las leyes de Mendel. De este modo, para Sardá y Sanmartí (2000), la argumentación permite formar estudiantes que sepan escoger entre diversos argumentos las mejores decisiones para su vida.

En síntesis, el cómic fortalece la argumentación y el aprendizaje de la genética mendeliana porque a través de la estructura de las viñetas, planea mejor y de forma más precisa los componentes de la **anatomía** y **fisiología** del texto, debido a que requiere en un espacio limitado la expresión de un argumento. El **Dato** en el cómic está relacionado con afirmaciones relacionadas con conceptos de ocultamiento o expresión de características genéticas, ausencia de condiciones genéticas y probabilidad de expresión de un carácter. Un aspecto importante es que el cómic permite visualizar y concretar situaciones que pueden ser un difíciles de aprender para un estudiante, como en el caso de dibujar las extremidades de los gatos con polidactilia.

A través del cómic se generan más **justificaciones** que explican la presencia y los efectos de los genes dominantes y recesivos, además de su transmisión. Según Morel (2019), el cómic a través de su narrativa icónica y escrita, facilitan el aprendizaje, estimulan el desarrollo del pensamiento lógico y favorece la imaginación.

La **conclusión** se presenta mejor elaborada, y se relaciona con los caracteres dominantes en la población, además del efecto de la dominancia y recesividad de la información genética. Para Guzmán (2011), el cómic a través de su lenguaje complejo favorece la lectura mental del sujeto, desarrollando la capacidad de síntesis. Sin embargo, se siguen presentando tautologías en otras palabras, como lo documenta Sardá y Sanmartí (2000).

La **secuencia** del argumento se presenta en forma progresiva de las premisas, que van desde el dato, seguida de la explicación de la presencia del gen dominante o recesivo, hasta finalizar con las consecuencias de la forma en que se expresan u ocultan los genes. La secuencia se favorece por el desarrollo del instrumento, ya que cuando se enseña como estructurar un argumento, se enseña a emplear los procesos lógicos de la mente, y como lo afirma Moshman (1998), el razonamiento se desarrolla cuando se deja de emplear el cerebro de forma instintiva. Según Ortega y Vizcaya (2019), el cómic constituye un recurso muy dinámico para potenciar las habilidades mentales, recrear secuencias y estimular el orden lógico de las temáticas.

Se emplean más **conectores** que en cualquier otra instancia de la aplicación del instrumento, tal vez, porque el estudiante tiene la necesidad de generar ideas y secuencias muy concretas. Los conectores más empleados fueron los reformuladores y los operadores argumentativos. Para Toh et al. (2016), el cómic permite mostrar el lado humano de las asignaturas, a la vez que estimula la alfabetización académica de los estudiantes.

La **concordancia** mejora en el argumento porque existe la relación epistémica entre los conceptos genéticos mendelianos y sus leyes que enlazan el dato y la conclusión. Para Morel et al. (2019) y Toh et al. (2016), el cómic es una herramienta muy útil a la hora de comprender materias de difícil aprendizaje, y al momento de explicar eficazmente conceptos muy abstractos que muchas veces se le dificultan a los estudiantes.

Para finalizar, la **aceptabilidad** mejora porque favorece que el estudiante fundamente sus razonamientos en bases científicas y le permita generar explicaciones sustentadas en la genética mendeliana a situaciones problema de su contexto cotidiano. Según Akcanca (2019), el uso de imágenes en los estudiantes potencializa la habilidad en la

construcción complementaria y alternativa de la información, además de formar actitudes relacionadas con el abordaje y solución de problemas socio científicos.

7 CONCLUSIONES

El uso del comic permitió identificar los modelos explicativos de la genética presentándose al inicio de la investigación del modelo mendeliano, atavista y lamarckista. Desarrollada la unidad didáctica en el contexto general, se observó que a través del comic se presentaron más estudiantes en el modelo mendeliano, desapareció el atavismo y apareció el modelo popular. El tránsito al modelo explicativo mendeliano se observó por la aplicación del lenguaje genético, la comprensión de las leyes de Mendel, el cambio de contextos más elaborados de la forma en que se graficaba la situación problema y la forma de expresión más concreta en la genética. El comic es importante porque consolidó el aprendizaje de los fundamentos teóricos del modelo mendeliano, la organización de la información y la representación de situaciones problema de la genética.

El comic disminuye la cantidad de modelos explicativos de la genética empleados por cada estudiante, siendo los principales cambios la mayor cantidad que pasan del modelo atavista al exclusivamente mendeliano. Esto podría deberse a que el comic al favorecer la representación de la información de situaciones problema o de contenido, permitió el aprendizaje de la genética mendeliana, su validez científica en la vida diaria, y el cuestionamiento de concepciones o explicaciones de la herencia que no están alineadas en el discurso de las ciencias.

A pesar de haber realizado la capacitación en los elementos constitutivos del comic, el estudiante tiende a simplificar ciertos elementos gráficos, razón por la cual, el contenido escrito se representó en globos de diálogo; las expresiones más usadas fueron la de alegría, indiferencia y sin ninguna gestualidad. No se emplean onomatopeyas y las líneas cinéticas se emplearon en una sola ocasión. Aun así, estos elementos permitieron manifestar las diversas situaciones problema y la conversión al modelo mendeliano.

El presente trabajo de investigación contribuyó a la elaboración de argumentos escritos más completos, estructurados y coherentes en la genética mendeliana. En la **anatomía del texto**, se presentaron avances en la **validez formal**, puesto que, aunque al inicio de la actividad los argumentos presentaban **conclusiones** poco coherentes, al final se logró que estuvieran más estructuradas, relacionadas con el **dato** y la **justificación**, aunque

algunas fueron tautologías. Al terminar la intervención, el **dato** se manifestó más organizado y explícito, mientras que la **justificación** se presentó más fluida basándose en conceptos genéticos como, por ejemplo, dominancia, recesividad y heterocigosis. Disminuyó el uso de **conectores** (marcadores discursivos) porque culminando la actividad, se presentaron actividades sin contestar. La **secuencia** muestra una mejora en la forma en que progresa el argumento que va desde la generalidad de la situación, hasta la particularidad de los conceptos de la genética.

En la **fisiología** del argumento escrito, se presentó **concordancia**, porque existe la relación entre el aprendizaje de las bases teóricas de la genética de Mendel con las conclusiones; además, hay progreso en la **aceptabilidad**, porque hay un cambio conceptual del estudiante que lo ubica en explicaciones científicas a las situaciones problema.

La argumentación mediada por el comic aportó elementos valiosos para la construcción de mejores argumentos, incidiendo en la calidad de la **anatomía** y **fisiología** del texto. En la **anatomía**, los argumentos presentan **validez formal**, porque en el momento de ubicación, la mayoría de argumentos solo contaban con el dato, mientras que en el momento de reenfoque, la mayoría presentaron el **dato**, la **justificación** y **conclusión**. Una posible explicación en la estructuración más completa del argumento, lo puede constituir que la organización del cómic en viñetas permitió generar planeaciones más concretas en las que se requiere precisión y dirección en el argumento. El **dato** presentó más organizado los hechos, que se basaron en afirmaciones relativas a los principios de la genética mendeliana. El cómic se constituyó en una herramienta muy valiosa porque permitió representar a través del dibujo la condición genética de las situaciones problema.

El comic fortaleció la **justificación** porque estimuló el pensamiento lógico a través de la escritura textual y de gráficos. La justificación se apoyó en conceptos y fundamentos teóricos mendelianos. Las **conclusiones** relacionaron el dato y la justificación porque el comic al ser un lenguaje complejo, desarrolló la capacidad de síntesis. Estas conclusiones apoyaron los fundamentos mendelianos, pero, al igual que el argumento escrito, siguen presentándose tautologías. El uso de **conectores** aumentó, posiblemente motivados por la necesidad de enlazar la secuencia entre viñetas. La **secuencia** del argumento se presenta en

forma progresiva de las premisas, porque el comic permitió recrear series y el orden lógico del tema.

En la **fisiología** del argumento, la **concordancia** mejora porque existe la relación epistémica entre los conceptos genéticos mendelianos y sus leyes que enlazan el dato y la conclusión. La **aceptabilidad** a través del comic, permitió representar gráficamente situaciones problema que pueden llegar a ser abstractas en la genética. De esta forma las razones son coherentes y pertinentes, permitiendo la validación de la ciencia escolar en situaciones cotidianas.

El cómic se convierte en una herramienta innovadora de aprendizaje de la genética mendeliana y de la argumentación, porque la estructura gráfica y su lenguaje propio, estimulen procesos cognitivos complejos que desarrollan la habilidad de planeación, pensamiento crítico, lógica y síntesis.

8 RECOMENDACIONES

Se propone incorporar el uso de formatos gráficos en el desarrollo de las clases como estrategias didácticas para la enseñanza de temas de difícil comprensión, puesto que el lenguaje visual resulta ser llamativo, efectivo y dinámico.

En el caso de los elementos gráficos del comic, se recomienda hacer énfasis en el uso de estos y su variedad, porque los estudiantes persisten en el uso de los mismos componentes.

Realizar un instrumento menos extenso porque los estudiantes tienden a cansarse bastante rápido, perder el interés por la actividad y dejar inconclusas las actividades.

Dentro de los modelos explicativos de la genética se recomienda que se plantee un modelo que se denomine personal, en el cual los estudiantes puedan plasmar sus concepciones porque suele presentarse que, para explicar una misma situación, algunos acudan a realizar una mezcla de diferentes corrientes que no es tan fácil identificar a cuál pertenece.

En la elaboración del instrumento a partir de situaciones problema se recomienda aclarar que la pregunta corresponde a una situación de genética y no de medio ambiente u otra rama del conocimiento.

Se sugiere trabajar aspectos relacionados con la ortografía y los signos de puntuación, para que los argumentos sean concretos y no den lugar a otras interpretaciones.

Se sugiere dentro de la unidad didáctica trabajar parámetros o ejercicios para la producción de conclusiones, puesto que, en el desarrollo del trabajo, terminaron pareciéndose bastante a los datos y a la información allí contenida, cayendo en la elaboración de tautologías.

9 REFERENCIAS

- Akcanca, N. (2020). Una Herramienta de Enseñanza Alternativa en la Educación de las Ciencias: Los Cómicos Educativos. *Internacional en Línea Diario de Educación. Enseñanza (IOJET)*, 7(4). 1550-1570.
<http://iojet.org/index.php/IOJET/article/view/1063>
- Amaya, G. y Pulido, M. (2017). Desarrollo de la competencia argumentativa cuando se trabajan situaciones problema contextuales en el campo de las leyes de Mendel. (Tesis de maestría). Universidad Autónoma de Manizales, Colombia.
https://repositorio.autonoma.edu.co/bitstream/11182/687/1/Desarrollo_competencia_argumentativa_cuando_trabajan_situaciones_problemas_contextuales_campo_leyes_Mendel.pdf
- Beltrán, J. y Miyerdady, Q. (2017). La historieta como material didáctico en la formación de actitudes relacionadas con la Ciencia desde el abordaje de asuntos sociocientíficos. *X Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias Enseñanza de las Ciencias*. Sevilla 5-8 de septiembre, N° Extraordinario (2017): 4715-4720.
Recuperado de:
https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2017nEXTRA/45_la_historieta_como_material_didactico_en_la_formacion_de_actitudes_relacionadas.pdf
- Bugallo, R. A. (1995). La Didáctica de la Genética. Revisión Bibliográfica. *Departamento de Didáctica das Ciencias Experimentais*. Universidade de Santiago de Compostela. EU Magisterio. R/ Xoán XXIII, s/n. 15704 Santiago de Compostela. 379-385.
<https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21426/93387>
- Buske, R., y Bartholomei, M. (2021). What is worse: to mislearn or to forget? Knowledge about Mendelian inheritance among high school senior students. *Journal of Biological Education*. 55(5), 461-471. <https://doi.org/10.1080/00219266.2019.1707260>
- Cardona, R. (2008). Modelos de argumentación en ciencias: una aplicación a la genética. (Tesis doctoral). Universidad Autónoma de Manizales, Colombia.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-715X2009000300016&lng=en&nrm=iso&tlng=es

- Curtis, H., Barnes, S. N., Schnek, A., y Massarini, A. (2008). Curtis Biología (7a ed.). Editorial Médica Panamericana.
https://www.academia.edu/49374223/Libro_Biologia_Biolog%C3%ADa_Curtis_Curtis_Barnes_Schnek_Massarini_7_Edici%C3%B3n
- Guzmán, Milagros. (2011). El Cómic como recurso Didáctico. *Pedagogía Magna*, 10. 122-131. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3628291>
- Hernández S., Baptista, L., y Fernández, C. (2014). Metodología de la Investigación. Sexta Edición. México, D.F. Mc Graw Hill. <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Jiménez, A. M. (1998). Diseño Curricular: Indagación y razonamiento con el lenguaje de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), 203-216.
<https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21529/21363>
- Knippels, M., Waarlo, A., y Boersma, K. (2010). Design criteria for learning and teaching genetics. *Educational Research*, 108-112.
<https://doi.org/10.1080/00219266.2005.9655976>
- Leitão, S., Souza, D., y Ramírez, N. (2013). Desarrollo de habilidades argumentativas en la enseñanza-aprendizaje de contenidos curriculares. *Cogency*, 5(1). 107-133.
https://www.researchgate.net/profile/Nancy-Ramirez-Roncancio/publication/315109341_Development_of_Argumentative_Skills_in_teaching_and_learning_process_of_curriculum_contents/links/58ca7f04a6fdcc1d1fea7b99/Desarrollo-de-habilidades-argumentativas-en-la-ensenanza-aprendizaje-de-contenidos-curriculares-Development-of-Argumentative-Skills-in-teaching-and-learning-process-of-curriculum-contents.pdf
- Lewis, J., Leach, J., y Wood-Robinson, C. (2010). What's in a cell? — Young people's understanding of the genetic relationship between cells, within an individual. *Educational Research*, 129-132. <https://doi.org/10.1080/00219266.2000.9655702>
- Machová M., y Ehler E. (2023) Secondary school students' misconceptions in genetics: origins and solutions. *Journal of Biological Education*. 57(3), 633-646.
[10.1080/00219266.2021.1933136](https://doi.org/10.1080/00219266.2021.1933136)

- Martínez, M. e Ibáñez, O. (2006). Resolver situaciones problemáticas en Genética para modificar las actitudes relacionadas con la ciencia. *Enseñanza de las Ciencias*. 24(2). 193–206. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/75826>
- Morel, M., Peruzzo, N., Juele, A. y Amarelle, V. (2019). Comics as an educational resource to teach microbiology in the classroom. *Journal of microbiology y biology education*, 20(1), 1-4. <https://doi.org/10.1128/jmbe.v20i1.1681>
- Romero, A. H. (2020). Interacción entre la argumentación y el aprendizaje del concepto de onda mecánica. (Tesis de maestría). Universidad Autónoma de Manizales, Colombia. <https://repositorio.autonoma.edu.co/jspui/handle/11182/1054?locale=es>
- Sardá, J. A. y Sanmartí, P. N. (2000). Enseñar a argumentar científicamente: un reto de las clases de ciencias. *Enseñanza de las ciencias*. 18(3). 405-422. <https://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v18n3/02124521v18n3p405.pdf>
- Toh, T., Cheng, L., Jiang, H. y Lim, K. (2016). Use of comics and storytelling in teaching mathematics. In P. C. Toh y B. Kaur (Eds.), *Developing 21st century competencies in the Mathematics classroom* (pp. 241-259). Singapore: World Scientific. <https://doi.org/10.1080/02188791.2017.1339344>
- Toulmin, S. (2007). Los usos de la argumentación. Barcelona. España. Ediciones Península. <https://www.marcialpons.es/media/pdf/9788491237310.pdf>
- Van Eemeren, F. V., Grootendorst, R., y Snoeck, H. F. (2006). Argumentación: Análisis, evaluación, presentación (1.^a ed.). Buenos Aires, Argentina: Editorial Biblos. https://www.academia.edu/37754295/Van_Eemeren_Argumentacion_analisis_evaluacion_presentacion
- Vega, L. (2015). Introducción a la teoría de la argumentación. Problemas y perspectivas. Primera edición, Lima. Perú. Palestra Editores. [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=36HNDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT3&dq=Vega,+L.+\(2015\).+Introducci%C3%B3n+a+la+teor%C3%ADa+de+la+argumentaci%C3%B3n.+Problemas+y+perspectivas.+&ots=1aVXTY3X7x&sig=9EzAMJq-vt7dCuRNR-UphvhsOX4#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=36HNDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT3&dq=Vega,+L.+(2015).+Introducci%C3%B3n+a+la+teor%C3%ADa+de+la+argumentaci%C3%B3n.+Problemas+y+perspectivas.+&ots=1aVXTY3X7x&sig=9EzAMJq-vt7dCuRNR-UphvhsOX4#v=onepage&q&f=false)

- Viau, J., Szigety, E., y Tintori, M. A. (2015). La utilización del comic como recurso didáctico para favorecer la apropiación de contenidos físicos. *Revista de Enseñanza de la Física*, 27, 587-592. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/12709>
- Vizcaya, R.T., y Ortega, J. (2019). Recurso didáctico cooperativista tipo cómic, para la enseñanza y el aprendizaje del contenido tabla periódica. *Observador del Conocimiento*, 4(1 enero-ab), 83-94.
https://www.researchgate.net/publication/333805067_RECURSO_DIDACTICO_COOPERATIVISTA_TIPO_COMIC_PARA_LA_ENSEÑANZA_Y_EL_APRENDIZAJE_DEL_CONTENIDO_TABLA_PERIODICA
- Weston, A. (2001). Las claves de la Argumentación. Editorial Ariel. España.
<https://ulagos.files.wordpress.com/2012/03/libro-las-claves-de-la-argumentacion.pdf>

10 ANEXOS

Anexo 1. Instrumentos de lápiz y papel

Momento	Objetivos	Actividades	Numero de sesiones	Metodología
Ubicación	Reconocer los recursos argumentativos de los estudiantes. Reconocer las ideas iniciales de la herencia. Identificar elementos argumentativos en el cómic.	Aplicación del instrumento inicial de 5 preguntas relacionadas con el tema de genética.	2	Aplicación de 4 preguntas en forma individual en las que se combinan la argumentación escrita y la desarrollada por el cómic.
Desubicación	Identificar los elementos constitutivos del cómic.	Taller sobre diseño del cómic.	2	Taller escrito sobre los elementos que constituyen el cómic y la forma en que se realiza.
	Identificar la anatomía y fisiología del texto.	Taller sobre elaboración de argumentos.	2	Taller escrito sobre los elementos que constituyen la argumentación según Sardá y Sanmartí (2000), basados en Toulmin.
	Comparar el modelo argumentativo de los estudiantes con el modelo argumentativo propuesto. Identificar los conceptos relativos a la genética mendeliana.	Conversatorio con un experto en el área de la genética. Temas: Terminología de genética. Primera ley de Mendel.	3	Conversatorio con Yecith Puerto, estudiante de doctorado en genética de la Universidad de Granada, España.

	Comparar las explicaciones de los estudiantes con el marco referencial de la genética mendeliana.	Segunda ley de Mendel.		
		Video sobre genética mendeliana.	1	Socialización de un video con temas relevantes de la genética mendeliana.
	Evaluar los aportes del cómic en la argumentación de la genética mendeliana.	Cuestionario sobre los aspectos relevantes que se deben tener en cuenta en la comprensión de la genética mendeliana.	1	Solucionar un cuestionario sobre los aspectos del cómic que incidieron en la argumentación.
Reenfoque	Redireccionar los conocimientos del estudiante con el marco referencial de la genética mendeliana apoyado en cómic.	Reaplicación del instrumento inicial	2	Replicación del instrumento inicial de 4 preguntas sobre herencia.
	Socialización de la experiencia en clase.	Aplicación de cuestionamientos encaminados a identificar los cambios generados a través de la estrategia.	1	Planteamiento de preguntas relativas a la incidencia del cómic en la argumentación de la genética mendeliana.

Anexo 2. Consentimiento informado a padres de familia.

CONSENTIMIENTO INFORMADO PADRES O ACUDIENTES DE ESTUDIANTES

Institución Educativa: INSTITUCIÓN EDUCATIVA SAN AGUSTÍN

Código DANE: _____

Municipio: _____

Docente: _____

CC/CE: _____

Yo _____,

yo _____

_____ o yo _____,

mayor de edad, ☐ madre, ☐ padre, ☐ acudiente o ☐ representante legal del estudiante

_____ de

_____ años de edad, he (hemos) sido informado(s) acerca de las actividades (grabaciones, fotos) en torno a la práctica educativa, el cual se ajusta para que el docente de mi hijo(a) genere un proceso de intervención e investigación en el aula.

Luego de haber sido informado(s) sobre las condiciones de la participación de mi (nuestro) hijo(a) en el proceso investigativo, resuelta todas las inquietudes y comprendido en su totalidad la información sobre esta actividad, entiendo (entendemos) que:

- La participación de mi (nuestro) hijo(a) en esta investigación o los resultados obtenidos por el docente en su proceso de intervención en el aula no tendrá repercusiones o consecuencias en sus actividades escolares, evaluaciones o calificaciones en el curso.
- La participación de mi (nuestro) hijo(a) en el proceso de intervención no generará ningún gasto, ni recibiremos remuneración alguna por su participación.
- No habrá ninguna sanción para mí (nuestro) hijo(a) en caso de que no autoricemos su participación.
- La identidad de mi (nuestro) hijo(a) no será publicada, las imágenes y sonidos registrados se utilizarán únicamente para los propósitos de la investigación y como evidencia de la práctica educativa del docente.
- El docente quien dirige el proceso de intervención en el aula garantizará la protección de las imágenes de mi (nuestro) hijo(a) y el uso de estas.

Atendiendo a la normatividad vigente sobre consentimientos informados, y de forma consciente y voluntaria

☐ DOY (DAMOS) EL CONSENTIMIENTO

☐ NO DOY (DAMOS) EL

CONSENTIMIENTO

Para la participación de mi (nuestro) hijo (a) en el proceso de investigación e intervención de la práctica educativa del docente en las instalaciones de la Institución Educativa donde estudia.

Lugar y Fecha:

FIRMA MADRE
PADRE
CC/CE:

FIRMA
CC/CE:

FIRMA ACUDIENTE O REPRESENTANTE LEGAL
CC/CE:

Anexo 3. Unidad didáctica

Actividad 1 Momento de ubicación

Nombres y apellidos:

Grado:

Objetivo: Identificar la forma en que el estudiante percibe la naturaleza de la herencia.

ACTIVIDAD

Lea con atención la información y realice las actividades propuestas.

1.La polidactilia es una condición en la cual un organismo con extremidades presenta más dedos de lo normal.

****Si un gato con polidactilia se junta con una gata que no presenta polidactilia, ¿Sus hijos nacerán con polidactilia?***

Argumenta tu respuesta en un cómic de 4 viñetas.

--	--	--	--

****Si ambos, el gato y la gata presentan polidactilia y tienen hijos, ¿todos sus hijos nacerán con polidactilia?***

Argumenta tu respuesta de forma escrita.

2. Daniela es una niña de piel blanca que siempre ha querido ser morena. Para lograrlo, los días soleados se aplica bronceador y se expone al sol durante 3 horas en la terraza de su casa, logrando que su tono de piel sea moreno.

****Si Daniela continua con esta rutina durante muchos años, ¿llegará el momento en que no necesite de bronceador para que su piel permanezca morena?***

Completa la secuencia del cómic con tu respuesta.

--	--	--	--

****Si Daniela se casa con un hombre de piel morena, y tiene 2 hijas y un hijo, ¿Cómo será el color de piel de sus hijas?***

Argumenta tu respuesta de forma escrita.

Actividad 2 Momento de ubicación

Nombres y apellidos:

Grado:

Atención: La presente actividad tiene como finalidad acercarse a su percepción con respecto al tema. Esta actividad no le afectará en sus notas; sin embargo, le agradezco que realice su mejor esfuerzo para realizarla de forma completa.

Objetivo: Identificar la forma en que el estudiante percibe la naturaleza de la herencia.

ACTIVIDAD

1. Lea con atención el siguiente cómic y realice las actividades propuestas.



***Si los padres de Laura no eran albinos, ¿Cómo pudo Laura haber adquirido la condición del albinismo?**

Argumenta tu respuesta en un cómic de 4 viñetas.

--	--	--	--

****Ahora, Laura le es infiel secretamente a Felipe con Alberto, un hombre moreno y está embarazada de este último. Si el hijo nace con piel morena, ¿Cómo podría Laura justificar que el hijo es de Felipe?***

Argumenta tu respuesta en forma escrita.

2.El daltonismo es una condición que generalmente se transmiten de madres a hijos varones y ocasiona que no se puedan diferenciar los colores rojo, azul, verde y amarillo.

****Si en un matrimonio el padre es daltónico y la esposa no, ¿Sus hijos hombres nacerán con daltonismo?***

Argumenta tu respuesta en forma escrita.

****Si el esposo y la esposa son daltónicos y además solo tienen hijas, ¿ellas tendrán daltonismo?***

Argumenta tu respuesta en forma escrita

Actividad 1 Momento de desubicación

Nombres y apellidos:

Grado:

Objetivo: Identificar y aplicar los elementos que conforman el cómic.

Actividad

Lea con atención la siguiente historia y gráfíquela en 4 viñetas.

Ricardo es un hombre de cabello ondulado y negro que se casa con Adriana, una mujer de cabello liso y claro. Los dos hijos hombres y la única hija de Ricardo y Adriana salen con el cabello ondulado y negro. ¿Por qué “desaparecería” la característica color de cabello claro y liso?

--	--	--	--

Actividad 2 Momento de desubicación

Nombres y apellidos:

Grado:

Objetivo: Identificar y aplicar los elementos que conforman el cómic.



Actividad

Lea con atención la siguiente historia y gráfíquela en 4 viñetas.

Cuando se cruzan dos plantas de la misma especie, una de flores moradas con otra de flores blancas, todas las plantas hijas serán de color morado. Si después estas plantas con flores moradas se cruzan entre ellas mismas, ¿será posible que tengan plantas hijas de color blanco?

--	--	--	--

Actividad 3 Momento de desubicación

Nombres y apellidos:

Grado:

Objetivo: Identificar y reconocer las partes de un argumento.

Actividad

1. Identifique los elementos que constituyen un argumento a partir del siguiente dato: **¿los hijos de personas altas siempre serán altas?**

Ejemplo:

Los hijos de personas altas no siempre serán altas porque existen factores diferentes a los genéticos que pueden afectar la estatura. Es bien sabido que los factores ambientales pueden permitir o no que la información de la herencia se exprese. por lo tanto, el ambiente puede incidir en que no se exprese la información genética, pero si tiene el factor hereditario para ser alto puede tener muchas probabilidades de alcanzar altura. Hacer ejercicio y comer bien permitiría alcanzar estatura como lo hace una persona con el factor hereditario para ser alta. En conclusión, si quieres alcanzar una buena estatura no solo dependerá de los factores genéticos, sino de los ambientales como la alimentación y el ejercicio. Por ejemplo, comer alimentos ricos en calcio y ejercitarse en deportes como el baloncesto y el **VOLEIBOL**

Dato:
Justificación:
Fundamentación:
Ventaja:
Inconveniente:
Comparación:
Conclusión:
Ejemplificación:

Actividad 4 Momento de desubicación

Nombres y apellidos:

Grado:

Objetivo: Elaborar un argumento a partir de las partes que lo componen.

Actividad

1. Complete el siguiente esquema de argumentación con la siguiente afirmación. **¿Las características hereditarias de los padres siempre se manifestarán en los hijos?**

Dato:
Justificación:
Fundamentación:
Argumentación:
Ventaja:
Inconveniente:
Comparación:
Conclusión:
Ejemplificación:

Actividad 5 Momento de desubicación

Nombres y apellidos:

Grado:

Objetivo: Identificar y explicar los principales términos empleados en la herencia.

Actividad

Relacione con una línea el concepto de la columna de la izquierda que corresponde con la definición de la columna de la derecha.

*Alelo	Característica genética que no se expresa o queda oculta en el organismo.
*Homocigoto	Son las diversas formas en que se puede expresar un gen.
*Genotipo	Característica genética que se expresa o manifiesta en el organismo.
*Gameto	Que presenta dos versiones diferentes del mismo alelo, por ejemplo, Bb.
*Fenotipo recesivo	Conjunto total de genes de un organismo.
*Fenotipo	Célula sexual de un organismo.
*Fenotipo dominante	Que presenta dos versiones idénticas del mismo alelo, por ejemplo, BB o bb.
*Heterocigoto	Características que se pueden observar en un organismo.

Actividad

Grafique en 4 viñetas la siguiente situación:

Henry le explica a su compañera del mismo grado noveno que dentro de los gametos, ya sean óvulos, espermatozoides o granos de polen, está el genotipo del organismo que le permitirá expresar su fenotipo o características visibles externas

--	--	--	--

Complete el siguiente argumento con las partes que se solicitan a partir del siguiente dato teniendo en cuenta los conceptos de homocigoto, heterocigoto, fenotipo dominante y fenotipo recesivo:

Dato: Cuando se casa un hombre de estatura alta con una mujer de estatura muy baja, todos sus hijos serán altos.

Dato: Cuando se casa un hombre de estatura alta con una mujer de estatura muy baja, todos sus hijos serán altos.
Justificación:
Fundamentación:
Conclusión:

Actividad 6 Momento de desubicación

Nombres y apellidos:

Grado:

Objetivo: Identificar y explicar los mecanismos de herencia de la primera ley de Mendel.

Actividad

**1. Realice el cuadro de Punnet cuando se casan dos padres obesos heterocigotos $Oo \times Oo$
¿Cómo será su descendencia?**

Complete el esquema de argumentación a partir del siguiente dato: “¿Los hijos de padres heterocigotos obesos también serán obesos?”

Datos:
Justificación:
Fundamentación:
Ventaja:
Inconveniente:
Comparación:
Conclusión:
Ejemplificación:

¿Qué sucedería con la mamá si adelgaza durante el embarazo? ¿El hijo será delgado?
Argumenta tu respuesta.

Actividad 7 Momento de desubicación

Nombres y apellidos:

Grado:

Objetivo: Identificar y explicar los mecanismos de herencia de la segunda ley de Mendel.

Actividad

Realice la F1 y la F2 de dos plantas de arveja progenitoras de las cuales una es homocigota dominante para el color de semilla verde VV con otra planta que tiene semillas de color amarillo vv.

V V x v v

En un cómic de 4 viñetas grafique la forma en que Camilo le explica a Juanita cómo la característica del color amarillo de las semillas de arveja del ejercicio anterior se oculta en la primera generación, pero vuelve a aparecer el color amarillo en la segunda generación.

--	--	--	--

Actividad 8 Momento de desubicación

Nombres y apellidos:

Grado:

Objetivo: Identificar los aportes alcanzados en el cómic, la argumentación y la genética de Mendel.

Actividad

Realice el esquema completo de argumentación a partir del siguiente dato: “Los nietos tienden a parecerse físicamente a los abuelos”.

Dato: Los nietos tienden a parecerse físicamente a los abuelos
Justificación:
Fundamentación:
Ventaja:
Inconveniente:
Comparación:
Conclusión:
Ejemplificación:

En un cómic de 4 viñetas explique por qué “la calvicie la transmite la madre a los hijos hombres”

--	--	--	--