



**DESARROLLO DE LA HABILIDAD ARGUMENTATIVA PARALELO AL
APRENDIZAJE DE LOS AGENTES MUTAGÉNICOS MEDIANTE ASUNTOS
SOCIOCIENTÍFICOS EN ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN BÁSICA
SECUNDARIA**

JUAN CAMILO VIDAL OJEDA

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

2023

**DESARROLLO DE LA HABILIDAD ARGUMENTATIVA PARALELO AL
APRENDIZAJE DE LOS AGENTES MUTAGÉNICOS MEDIANTE ASUNTOS
SOCIOCIENTÍFICOS EN ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN BÁSICA
SECUNDARIA**

Autor

JUAN CAMILO VIDAL OJEDA

Proyecto de grado para optar el título de Magister en Enseñanza de las Ciencias

Asesora

Mg. ANA MILENA LÓPEZ RÚA

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

2023

“A los niños se les debe enseñar cómo pensar, no qué pensar”

Margaret Mead

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por guiarme en este nuevo proceso académico y llenarme de fortaleza y bendiciones para su consecución.

A mi familia, porque su presencia, respaldo y cariño me impulsan a salir adelante; en especial a mi madre por su motivación y apoyo constante.

A mi asesora Ana Milena López, por su dedicación, exigencia y aportes en la construcción y desarrollo de este trabajo.

A mis estudiantes que hicieron parte del proceso de investigación, por su tiempo, su valiosa participación y su disponibilidad.

Finalmente, a todas las personas que aportaron de alguna forma en la realización de este trabajo, tanto a nivel personal como profesional, muchas gracias.

RESUMEN

La presente investigación tuvo como tesis central que la habilidad argumentativa se desarrolla mientras los estudiantes aprenden sobre los agentes mutagénicos. Para ello se propuso un estudio de caso cualitativo de alcance explicativo con cuatro estudiantes de secundaria de la Institución Educativa Puerto Rico. La recolección de información se realizó a través de instrumentos de lápiz y papel y escenarios argumentativos, los cuales fueron estructurados y diseñados en una unidad didáctica basada en asuntos sociocientíficos dividida en ocho diferentes sesiones. Los análisis se realizaron antes, durante y después de la intervención didáctica, de acuerdo a los niveles estructurales establecidos por Tamayo *et al.* y niveles de calidad propuestos por Marín; los cuales permitieron concluir que el aprendizaje de un concepto puede darse de forma paralela al desarrollo de la habilidad argumentativa, permitiendo que los estudiantes argumenten de manera clara y coherente, mientras hacen uso de un lenguaje adecuado concerniente a la temática.

Palabras clave: argumentación, aprendizaje, agentes mutagénicos, escenarios argumentativos, niveles estructurales, niveles de calidad.

ABSTRACT

The present investigation had as its central thesis that the argumentative ability develops while students learn about mutagenic agents. For this, a qualitative case study with explanatory scope was proposed with four high school students from the Puerto Rico Educational Institution. The collection of information was carried out through pencil and paper instruments and argumentative scenarios, which were structured and designed in a didactic unit divided into eight sessions. The analyzes were carried out before, during and after the didactic intervention, according to the structural levels established by Tamayo et al., (2016) and quality levels proposed by Marín, (2018); which allowed us to conclude that the learning of a concept can occur in parallel to the development of the argumentative ability, allowing students to argue clearly and coherently, in addition to making use of appropriate language concerning the subject.

Keywords: argumentation, learning, mutagenic agents, argumentative scenarios, structural levels, quality levels.

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	10
2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
2.1	PLANTEAMIENTO Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	12
3	JUSTIFICACIÓN.....	19
4	OBJETIVOS.....	22
4.1	OBJETIVO GENERAL.....	22
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
5	MARCO TEÓRICO	23
5.1	LA ARGUMENTACIÓN EN CIENCIAS	23
5.1.1	Asuntos sociocientíficos como escenarios para el desarrollo de la argumentación	28
5.1.2	Estudio estructural de la argumentación.....	29
5.1.3	Estudio funcional de la argumentación	32
5.2	ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LOS AGENTES MUTAGÉNICOS.....	36
5.2.1	Herencia de los caracteres	39
5.2.2	Información hereditaria en los seres vivos	39
5.2.3	Localización de la información hereditaria	39
5.2.4	Información hereditaria en diferentes tipos celulares.....	40
5.2.5	Procesos de división celular	40
5.2.6	Mutaciones y sus efectos	40
5.2.7	Causas de variabilidad.....	40
5.3	HISTORIA Y EPISTEMOLOGÍA DE LOS AGENTES MUTAGÉNICOS.....	42
6	METODOLOGÍA.....	46
6.1	ENFOQUE Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN	46
6.2	POBLACIÓN Y CONTEXTO	47
6.3	UNIDAD DE TRABAJO	47

6.4	CONSIDERACIONES ÉTICAS	48
6.4.1	Formato de protocolo para el manejo de seres vivos en investigación	48
6.4.2	Consentimiento informado para la participación en investigaciones	48
6.4.3	Consentimiento informado para manejo de la información	48
6.4.4	Permiso del rector	49
6.5	UNIDAD DE ANÁLISIS	49
6.6	TÉCNICAS Y FUENTES DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	51
6.6.1	Instrumentos de lápiz y papel	52
6.6.2	Escenarios argumentativos	52
6.7	UNIDAD DIDÁCTICA	52
6.8	DISEÑO METODOLÓGICO	53
6.9	PLAN DE ANÁLISIS	54
6.9.1	Análisis de los modelos explicativos sobre agentes mutagénicos	54
6.9.2	Análisis de la habilidad argumentativa	55
6.9.3	Análisis del desarrollo de la habilidad argumentativa paralelo al aprendizaje de agentes mutagénicos	55
7	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	56
7.1	CASO ADENINA	57
7.2	CASO TIMINA	64
7.3	CASO CITOSINA	72
7.4	CASO GUANINA	79
7.5	DESARROLLO DE LA HABILIDAD ARGUMENTATIVA PARALELO AL APRENDIZAJE DE LOS AGENTES MUTAGÉNICOS A TRAVÉS DE UNA INTERVENCIÓN DIDÁCTICA BASADA EN ASUNTOS SOCIOCIENTÍFICOS	86
8	CONCLUSIONES	88
9	RECOMENDACIONES	90
10	BIBLIOGRAFÍA	92
11	ANEXOS	103

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Niveles Argumentativos.....	31
Tabla 2. Criterios para evaluar la calidad de los argumentos.....	34
Tabla 3. Niveles de calidad de los argumentos	35
Tabla 4. Categorías y subcategorías de investigación.....	49
Tabla 5. Comparación de los niveles argumentativos en concepciones iniciales y finales, y la cantidad de veces que se repiten en caso Adenina.	62
Tabla 6. Comparación de los niveles argumentativos en concepciones iniciales y finales, y la cantidad de veces que se repiten en el caso Timina.	69
Tabla 7. Comparación de los niveles argumentativos en concepciones iniciales y finales, y la cantidad de veces que se repiten en caso Citosina.	76
Tabla 8. Comparación de los niveles argumentativos en concepciones iniciales y finales, y la cantidad de veces que se repiten en el caso Guanina.	83

1 INTRODUCCIÓN

Este trabajo de investigación se centra en que la habilidad argumentativa se desarrolla en los estudiantes mientras se promueve el aprendizaje del concepto de los agentes mutagénicos. Lo anterior cambia un poco la perspectiva de dejar de ver la argumentación al servicio del aprendizaje y lograr entenderla como un proceso donde los estudiantes la van desarrollando progresivamente a medida que aprenden un fenómeno particular; es decir, se dan de forma paralela.

El proyecto reconoce la argumentación como una línea de investigación prioritaria en la didáctica de las ciencias, por lo cual toma como punto de partida los niveles estructurales propuestos por Tamayo *et al.* (2016) y los niveles de calidad presentados por Marín (2018), niveles que están integrados en la unidad didáctica de forma paralela, frente al aprendizaje de los agentes mutagénicos.

Referente al marco teórico, se abordaron diversas categorías: la argumentación en ciencias, los asuntos sociocientíficos como escenarios para el desarrollo de la argumentación, y el estudio tanto estructural como funcional de la argumentación. Asimismo, se presentan las tendencias teóricas respecto a cómo se aprenden los agentes mutagénicos, haciendo un recorrido desde la herencia de los caracteres, pasando por los procesos de división celular hasta las causas de variabilidad, entre otros.

En la metodología se consideró oportuno la realización de un trabajo cualitativo-explicativo donde se diseñaron instrumentos de lápiz y papel, además de escenarios argumentativos que favorecieron el desarrollo de la habilidad argumentativa paralelamente al aprendizaje de los agentes mutagénicos. Se incluye además el diseño de la investigación que se realizó en ocho sesiones, el contexto investigativo, las categorías de análisis y el plan de análisis de la información obtenida.

Con la implementación de la unidad didáctica, mediante la aplicación de los instrumentos y el desarrollo de los escenarios argumentativos, se caracterizó los modelos explicativos, los niveles de calidad y de argumentación tanto iniciales como finales alcanzados por cada uno de los estudiante, además de evaluar también el cambio en estos, siendo posible evidenciar

un desarrollo de ambas categorías de forma paralela al argumentar coherentemente y demostrar apropiación conceptual referente a los agentes mutagénicos.

Una vez recogida y transcrita la información, esta fue sistematizada en matrices para el tratamiento de los datos. Se empleó como técnica el análisis del contenido, en la que se identificaron los marcadores discursivos u oraciones nucleares, dadas por los estudiantes a la luz de los agentes mutagénicos, así como los elementos que constituyen un argumento. Se presenta el análisis y la discusión antes, durante y después de cada uno de los casos estudiados.

2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 PLANTEAMIENTO Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La tesis central de este trabajo de investigación radica en que la habilidad argumentativa se desarrolla mientras los estudiantes aprenden sobre los agentes mutagénicos. Lo anterior cambia un poco la perspectiva de dejar de ver la argumentación al servicio del aprendizaje y lograr entenderla como un proceso donde los estudiantes la van desarrollando progresivamente a medida que aprenden un fenómeno particular; es decir, se dan de forma paralela.

Para esto, se sustenta el problema inicialmente desde la experiencia docente, donde se ha identificado que el aprendizaje de las ciencias naturales en estudiantes de secundaria presenta dificultades en cuanto a la aprehensión de los conceptos científicos, en especial cuando se tratan temas genéticos, esto conlleva a que los estudiantes no establezcan una relación entre el conocimiento que están adquiriendo y su vida cotidiana. Por ello, visualizan una ciencia ininteligible, poco comprensible, basada en representaciones abstractas y no cercanas a sus realidades. Esta situación ha acarreado que la asignatura de biología posea un alto índice de reprobados y que existan problemas en la apropiación de los conocimientos por parte de los estudiantes, lo cual se evidencia en la dificultad de emplear un lenguaje cercano a la ciencia, en las pocas comprensiones sobre problemas relacionados con la genética y en la desmotivación evidente a la hora de aprender.

Adicionalmente, se han reconocido otros factores dentro de la institución educativa y específicamente dentro del aula, que por muchos años se han mantenido latentes y que han impactado el aprendizaje de los estudiantes, siendo el primer factor influyente que los procesos didácticos utilizados por los docentes a cargo del área de biología son rutinarios, monótonos, y se centran en la reproducción de contenidos, limitando el papel del docente a la distribución de tareas, a dictar saberes en clases prioritariamente expositivas con escasa participación de los estudiantes. Como segundo factor, se encuentra que la evaluación no supone un proceso formativo, crítico y reflexivo, ni mucho menos que aporte al proceso de aprendizaje en los estudiantes pues normalmente no se suele utilizar la evaluación como

fuentes de retroalimentación y mejora, sino para destacar exclusivamente errores, lo que no contribuye al proceso de mejorar el aprendizaje del estudiantado, por lo cual no es un referente para la reflexión de los alumnos al no permitir asumir los errores como una oportunidad para rectificar y alcanzar los aprendizajes buscados.

Por otro lado, en la asignatura de biología es frecuente encontrar que los estudiantes se predisponen cuando se les solicita plantear su opinión respecto a lo aprendido, justificando que no comprendieron los temas y cuando finalmente lo hacen, se dedican a repetir la teoría sin asumir puntos de vista. Estos estudiantes tienden a cumplir con las actividades que se les asigna de forma somera, sin profundizar o interiorizar para lograr un aprendizaje real o mejorar sus niveles de conocimiento, además son poco participativos y reflejan esta actitud en los bajos resultados que se obtienen en las evaluaciones escolares. La gran mayoría de estos estudiantes, no presentan una buena competencia comunicativa para argumentar sus posturas, son poco expresivos en la forma como justifican la resolución de problemas biológicos, se quedan cortos en las dimensiones del pensamiento crítico y en la calidad de sus respuestas, además muestran concepciones poco fundamentadas, en algunos casos apoyados únicamente de un aprendizaje memorístico o en la replicación de ideas cotidianas.

Cabe anotar, que producto de muchos años donde los docentes poco se habían preocupado por incentivar en los estudiantes diferentes habilidades del pensamiento, ya sean analíticas, argumentativas o reflexivas entre otras, se encuentra que se ha ocasionado que las clases tuvieran como única finalidad un aprendizaje mecánico memorístico y que no se produjera una motivación conjunta al proceso de aprendizaje a falta de una adecuada interacción didáctica, lo que coincide con las palabras de Flores (2015) pues “el educador se debe involucrar en motivar al alumno en su activa participación e inclusión”. Esto se debe a que en la institución hasta el momento los docentes no proponen retos interesantes a los estudiantes, ni establecen conexiones y relaciones con otras situaciones de aprendizaje ya efectuadas, por lo que los estudiantes se van de la clase sin saber las habilidades que se pretenden desarrollar, sin conocer las dificultades con su proceso ni sus logros alcanzados y como consecuencia, estos se muestran poco interesados por aprender.

Enfocando ahora los problemas observados cuando se imparten temas de genética, se encuentra que los estudiantes visualizan este campo del conocimiento como algo difícil de entender, presentando inconvenientes a la hora de hacer inferencias a partir de conceptos o antecedentes teóricos para la resolución de problemas. A esta situación, se le puede sumar que en el plan de estudios esta temática era abordada de forma muy general, sin entrar en detalles y de manera rápida, además de encontrar un enfoque poco didáctico del currículo donde no se enfoca en acercar al estudiante a la realidad, sino a la repetición de determinados conceptos. Adicionalmente, no se posee la infraestructura adecuada donde los estudiantes puedan ejercer de forma práctica este tema.

En los estudiantes se observa con frecuencia que resuelven problemas biológicos sin una adecuada comprensión de los conceptos genéticos implicados, y presentan dificultades en el establecimiento de las relaciones entre la estructura y la función que explican la herencia biológica, además recuerdan de memoria algunas definiciones incompletas y no comprenden las consecuencias de procesos genéticos ni la localización de la información hereditaria. Esto puede ser consecuencia de que en el colegio el estudio de la genética se ha centrado más en plantas y animales que en el mismo ser humano, sumado al carácter fuertemente teórico como se solía impartir, provocando que los estudiantes reproduzcan conceptos carentes de significado, que no puedan comprender o explicar los conocimientos que se aplican en determinadas situaciones, y que construyan ideas equivocadas acerca de la genética en su amplia gama de temas. También es importante resaltar, que dentro de la asignatura los temas genéticos son catalogados por los estudiantes como difíciles, lo que conlleva a que se genere una predisposición negativa al aprendizaje.

Ahora bien, en el proceso de enseñanza y aprendizaje de temas genéticos, Torres (2010) destaca que es necesario que los modelos didácticos en las ciencias, tomen en cuenta algunos factores como las características sociales, culturales, científicas y cognitivas de los alumnos, para así a partir del contexto, relacionar las problemáticas con el proceso educativo; en consecuencia, en el municipio de Argelia – Cauca donde se localiza mi institución educativa y donde se halla una alta presencia de cultivos de uso ilícito además de que se usan gran variedad de agentes mutagénicos como son los plaguicidas, se

caracterizaría esto como un asunto sociocientífico, el cual es importante por su cercanía con problemas contextualizados, reales y cotidianos de los estudiantes, en quienes se promoverá discusiones tanto científicas como éticas, fortaleciendo la participación como ciudadanos al aportar con reflexiones y argumentos a las problemáticas de su interés inmediato, por lo que estos asuntos ya mencionados, serán un eje desencadenante de procesos argumentativos en las clases de ciencias.

Lo mencionado en los párrafos anteriores es una problemática cuya preocupación comparten algunos investigadores, quienes han profundizado y mencionan que en un aprendizaje con enfoque tradicional se le da poca importancia a la forma cómo se construye el conocimiento, pues se centra en la transmisión de saberes (Ruiz, 2007), además se orienta al aprendizaje como una memorización mecánica y rutinaria (Beltrán, 1996; Valle, González y Cuevas 1998; Posada, 2002), siendo estos factores los que influyen en la generación de estudiantes a quienes se les dificulta el desarrollo de habilidades argumentativas, de análisis y de crítica. Esta problemática motiva a reflexionar en la manera de implementar un proceso didáctico que permita un acercamiento entre el conocimiento científico de tipo genético y el entorno de los estudiantes, de modo que se logre cambiar la actitud de estos al momento de aprender y se contribuya a mejorar el aprendizaje profundo, que permita posteriormente contrastar opiniones y contribuir a que tomen decisiones conjuntas alrededor de un tema en particular, como lo serían los agentes mutagénicos presentes en la zona circundante a la Institución Educativa.

Ahora bien, en el estudio realizado por Zuzovsky y Tamir (1999) se encontró que a la hora de que los estudiantes ponían en práctica la argumentación, sus explicaciones científicas eran limitadas ya que muchas de ellas eran simples e incompletas, empleaban intuiciones e inferencias donde escaseaba el empleo de la terminología científica y las explicaciones no utilizaban razonamientos o fundamentos. Resultados semejantes se encontraron en estudiantes de último curso escolar en el intento de producir textos argumentativos (Ebbbers y Rowell, 2002). También el estudio de Song y Carheden (2014) agrega que los estudiantes aunque conocen inicialmente el significado de los términos biológicos, muestran dificultad a la hora de comprenderlos y usarlos en argumentos dentro de un contexto científico.

Respecto a lo dicho por los autores anteriores, es importante para este proyecto porque establece un punto de partida similar al contexto actual de los estudiantes de la institución, en quienes las características mencionadas se replican permitiendo reconocer que la situación presentada en diferentes partes del mundo, se presenta en los estudiantes donde se realizara la intervención.

Investigaciones como las de Jimenez, Bugallo y Duschl (2000) destacan la importancia de permitir que los estudiantes se acerquen desde el aula de clase en la asignatura de biología a las formas del trabajo científico en donde los múltiples usos del lenguaje y en particular el uso de la argumentación, facilitan el aprendizaje de temas específicos, la justificación de enunciados y las acciones encaminadas a la comprensión de la naturaleza, por ejemplo, los aportes de la argumentación escrita en el aprendizaje de la biotecnología en estudiantes de grado decimo (Abril y Jimenez, 2019), el aprendizaje de la teoría celular a través de la argumentación (Alvarez, 2018) o el fortalecimiento de la estructura argumentativa del tema de genética mendeliana en estudiantes del grado noveno (Vallejo, 2019). Estas investigaciones nos permiten inferir que la argumentación cumple un papel de mediador o facilitador en el aprendizaje de conceptos, y por ende, suponer que el desarrollo de la habilidad argumentativa facilitara el aprendizaje de los agentes mutagénicos.

Partiendo de concepciones y modelos, y por medio de la elaboración de un esquema que articula varios aspectos, Sardá y Sanmartí (2000) estudiaron la argumentación en estudiantes de ciencias que participaron en un juego de rol. Las autoras encontraron que el análisis funcional de los textos mostraba dificultades relacionadas con la relevancia y pertinencia de los argumentos, la elección de evidencias desde teorías implícitas más que científicas, interpretaciones e inferencias no justificadas y conclusiones no derivadas del contexto teórico. De ahí que se considera importante en este proyecto la discusión y el contraste de las ideas en el aula, además de un uso del lenguaje personal que combine los argumentos racionales y los retóricos de la ciencia para que el conocimiento tome todo su sentido para el estudiantado.

Por su parte, la genética a nivel general, constituye una de las temáticas de la biología más difíciles de comprender en los estudiantes tanto por la complejidad de sus contenidos como

por las dificultades en torno a los conceptos científicos propios de esta (Smith, 1988; Ibañez y Martínez, 2005) que contribuyen a que muchos estudiantes aprendan memorísticamente conceptos relacionados con la herencia genética sin interiorizar su real significado o que posean nociones incorrectas de donde se encuentra el ADN o como se transmite esta información a la descendencia (Lewis y Wood-Robinson, 2000). Además, diversas investigaciones muestran que los alumnos de educación secundaria poseen explicaciones relacionadas con la herencia biológica que no coinciden con la teoría científica dado que no logran relacionar lo aprendido en el aula de clases, con lo que ocurre en su entorno cotidiano (Ayuso, Banet y Abellán, 1996; Ayuso y Banet, 2002; Martínez e Ibañez, 2006).

Autores como Brown (1990) y Sigüenza (2000) también respaldan que la genética constituye uno de los temas más difíciles de comprender debido a múltiples factores que se reflejan directamente en el aprendizaje de los estudiantes tanto en la educación escolar como en la educación superior. Bugallo (1995) y Llambí (2013) plantean además que los estudiantes no relacionan claramente algunos conceptos, lo que les genera confusiones impidiendo que logren entender la transmisión de caracteres genéticos. Por otro lado, las investigaciones didácticas de Fignini y De Micheli (2005) ponen en manifiesto que los estudiantes presentan dificultades para aprender muchos conceptos sobre genética, así como los mecanismos relacionados con la transmisión de la herencia biológica. Lo dicho por estos autores respalda la realidad encontrada en el aula, donde la genética se considera un tema complicado de aprender y que genera predisposición en los estudiantes, y en los cuales se evidencia confusión en muchos conceptos relacionados.

Seguidamente, Sánchez (2012) encontró dificultades de aprendizaje en los estudiantes sobre el contenido conceptual de genética, entre ellas el uso inadecuado del mismo concepto de genética en la vida diaria de los estudiantes, pues estos han aprendido de forma fragmentada y descontextualizada; y Saravia, Borlido y Llambi (2017) confirman la existencia de dificultades de aprendizaje en los cursos de genética dictados a estudiantes de veterinaria en quienes resolver situaciones de índole genético que impliquen actividades de lectoescritura o contestar preguntas abiertas les resulta difícil y tedioso. De aquí, que en

este proyecto radique la importancia de acercar a los estudiantes a una realidad en su proceso de aprendizaje, que la genética no se quede solo en el plano conceptual, para que paralelo a procesos argumentativos desarrollen un conocimiento con sentido de apropiación y puedan desenvolverse ante cualquier situación que les implique usar de manera crítica lo que conocen para la resolución de diversos problemas.

Dentro del campo de la genética se encuentran los agentes mutagénicos responsables de inducir mutaciones sobre el material genético, y los cuales representan una problemática relevante y de gran importancia para una formación científica y sin duda de gran impacto sobre la sociedad por lo que se hace necesario que los estudiantes adquieran este conocimiento y con ello puedan además analizar los beneficios y a su vez las consecuencias que puede traer el manejo de diferentes productos por lo cual es pertinente según Caballero, González, Olivares, Santisteban y Serrano (1997) reflexionar sobre los obstáculos que los estudiantes encuentran en el aprendizaje de este tema y proponer estrategias didácticas innovadoras para su aprendizaje.

Derivado de las reflexiones anteriores, en cuanto a la experiencia docente y los antecedentes de investigación expuestos, se propone la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo se desarrolla la habilidad argumentativa paralelo al aprendizaje de los agentes mutagénicos a través de una intervención didáctica basada en asuntos sociocientíficos en estudiantes de secundaria?

3 JUSTIFICACIÓN

Dado que la genética es protagonista en la alfabetización científica y tecnológica de los ciudadanos, y está presente en numerosos contextos sociales como la clonación de animales, alimentos transgénicos, enfermedades de origen genético, y además está incluida dentro del plan de estudios institucional para grado noveno, donde se contempla una unidad enfocada a la genética y la biología molecular, lo cual para el caso de este trabajo se enfocaría en los agentes mutagénicos, se vuelve relevante e indispensable el aprendizaje de temas genéticos para adquirir una formación científica escolar integral en el estudiantado.

Adicionalmente, los conocimientos sobre genética y en especial sobre agentes mutagénicos tienen un impacto social de forma significativa permitiendo a los estudiantes tener la habilidad de aplicar la argumentación y el razonamiento científico a situaciones del mundo real donde pueden participar y aportar en la toma de decisiones para favorecer la comprensión de los fenómenos científicos. Estos estudiantes podrían tener voz y voto dentro de sus comunidades en las cuales argumentarían de manera crítica con fundamentos y razones, sus posturas frente al uso de agroquímicos o plaguicidas en los cultivos de uso ilícito, el uso de químicos en los “laboratorios” donde realizan el procesamiento de los mismos, o la contaminación de las fuentes hídricas circundantes donde desechan los químicos resultantes, además de analizar y reflexionar sobre los posibles efectos adversos que tienen estos agentes mutagénicos sobre la salud de la población, logrando con este ejercicio que el conocimiento aquí adquirido y desarrollado tenga un impacto tanto individual como social.

Esta investigación pretende desarrollar la habilidad argumentativa, considerando que es pertinente generar en los estudiantes procesos que favorezcan escenarios argumentativos y diversas situaciones que incentiven defensa y debate de sus posturas partiendo desde el aprendizaje de determinados temas como es el caso de los agentes mutagénicos. Esta habilidad de argumentación científica implicaría que los estudiantes acudan a sus conocimientos y razonen sobre ellos para poder analizar y explicar algún suceso, convirtiendo este proceso en una construcción que aporta a la transformación positiva del contexto.

Teniendo en cuenta lo anterior, se hace oportuno plantear y diseñar un proceso didáctico donde se alcance el desarrollo de la habilidad argumentativa en los estudiantes al facilitar el aprendizaje de un tema científico como son los agente mutagénicos, fortaleciendo paralelamente la generación de argumentos propios y la construcción de conocimiento. Como elemento adicional se estaría favoreciendo de esta manera que las clases se tornen más dinámicas, innovadoras, motivantes y reflexivas y no menos importante que sean acordes con el entorno social del estudiante mediante la incorporación de asuntos sociocientíficos.

Adicionalmente la Institución Educativa Puerto Rico se encuentra en una zona rural con alta presencia de cultivos de uso ilícito en los cuales se usan gran variedad de plaguicidas entre otros agentes mutagénicos, que impactan directamente el medio ambiente e indirectamente las personas de esta población, la presente investigación aportaría a los procesos de reflexión y toma de decisiones ante situaciones relacionadas con la ciencia y el contexto de cuyos efectos no sólo repercuten de manera individual sino a toda una población, además de mejorar el aprendizaje de esta temática y de desarrollar la argumentación conforme el conocimiento que estarían estructurando y el contexto en el que conviven lo que influye positivamente a nivel académico dentro de la institución. A diferencia de los problemas de conceptualización científica, los problemas sociocientíficos permiten un debate desde diferentes perspectivas y pueden proponerse varias soluciones en donde la argumentación de los estudiantes juega un papel fundamental al tener que valorar causas, consecuencias, ventajas y desventajas, pros y contras de la posición que asumirán.

Cabe destacar que hasta el momento, hay pocos de estudios que traten los agentes mutagénicos a nivel escolar dado que los currículos se centran en la genética clásica y no ahondan más allá de los tradicionales temas estipulados por el MEN, además de que muchos profesores tampoco se interesan por brindar temáticas más actualizadas, interesantes y contextualizadas y ante esta situación la presente investigación es de gran importancia porque va a generar un conocimiento de gran interés para la comunidad educativa, científica y para la población en general, al permitir que los estudiantes se

acerquen a una ciencia no paradigmática que los beneficiará en el desarrollo de una habilidad como es la argumentación.

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar la habilidad argumentativa paralelo al aprendizaje de los agentes mutagénicos, a través de una intervención didáctica basada en asuntos sociocientíficos en estudiantes de secundaria.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar los modelos explicativos, los niveles de calidad y de argumentación iniciales que poseen los estudiantes sobre los agente mutagénicos.
- Evaluar el cambio en los modelos explicativos, los niveles de calidad y de argumentación alcanzados por los estudiantes, posterior a la aplicación de una unidad didáctica basada en asuntos sociocientíficos.

5 MARCO TEÓRICO

Este apartado aborda inicialmente la argumentación, considerándola como un proceso que hace referencia a la generación y exposición de razonamientos para justificar ideas por parte de los estudiantes en el aula de clase. Se habla de argumentación en ciencias y se profundiza en los estudios estructurales y funcionales de la misma. Seguidamente se abordan los diferentes referentes sobre enseñanza y aprendizaje de los agentes mutagénicos como tema inmerso en la genética y finalmente se realiza un breve análisis sobre la historia y epistemología de los agentes mutagénicos.

5.1 LA ARGUMENTACIÓN EN CIENCIAS

Lemke (1990, 1997) sostiene que aprender ciencia implica aprender a “hablar ciencia”, lo que supone inferir, analizar, relacionar, reflexionar, cuestionar, argumentar, criticar, decidir y sintetizar entre otras actividades relacionadas con el lenguaje. Esto se encuentra directamente relacionado con la generación de reflexiones, explicaciones y razonamientos que a su vez propician la construcción de nuevos significados, entendidos y producidos en relación con otros, por lo cual se construye así una red que permite en los estudiantes la comunicación de sus posturas con otros miembros de la comunidad educativa.

En este sentido, aprender ciencia en el aula supone enseñar a los estudiantes cómo hacer ciencia, para lo cual estos deben aprender no solo un lenguaje específico propio del conocimiento científico, sino que además deben desarrollar unas determinadas habilidades de hablar y de escribir que les permitan comunicar asertivamente la ciencia que están aprendiendo. Por esta razón, una de las habilidades en ciencia que implican el desarrollo de las dimensiones pertenecientes al pensamiento crítico, que se deben incentivar en el aula de ciencias, es la argumentación.

Por otro lado, Driver, Newton y Osborne (2000) postulan que el aprendizaje de la ciencia no solo requiere un proceso individual de cambio conceptual, sino una construcción de conocimiento asociada a razonamientos y argumentaciones, producto de un contexto social inmerso en la clase de ciencias. De esta manera, los estudiantes se introducen en la comprensión y estudio de la ciencia mediante un proceso donde pueden dar sentido a las

ideas, hacerlas propias y justificarlas científicamente, propiciando un proceso de indagación y reflexión que les permite comprender y entender el mundo que los rodea. De esta forma, el cambio progresivo en la forma de pensar de los estudiantes se propicia en la clase de ciencias, mediante diálogos constructivos y argumentativos donde se facilita la realización de preguntas, de analizar y evaluar distintas formas de pensamiento, reconociendo finalmente la argumentación como una fortaleza para alcanzar el conocimiento.

Ahora bien, el ejercicio de argumentar según Perelman y Olbrechts-Tyteca (1989) se basa en construir proposiciones en obediencia al sistema normativo impuesto por la lógica; es decir, argumentar para contribuir a la construcción de la humanidad, permitiendo la interacción de los seres humanos a través de la comunicación. No obstante, podría decirse que el concepto de argumentación es más una mezcla conceptual que un referente, en tanto los autores retoman la retórica aristotélica y establecen que la argumentación permite desarrollar una práctica discursiva en la que saber argumentar implica ser capaz de defender los puntos de vista propios y encontrar las debilidades en los ajenos, de modo que a través del debate y la discusión se puede construir conocimiento y, más aún, generar descubrimientos e innovaciones en el aula, por ende, para que haya argumentación, es necesario que en un momento dado, se produzca una comunidad efectiva de personas con una formación cognitiva dentro de una comunidad intelectual, que posean un lenguaje común y que estén de acuerdo en debatir juntos una cuestión determinada.

Adicionalmente, los autores anteriores hacen una distinción entre diferentes tipos de argumentos: argumentos cuasi lógicos que pretenden dar cierta validez gracias a su aspecto racional, el cual deriva de su relación más o menos estrecha con determinadas fórmulas lógicas o matemáticas, y los argumentos fundamentados en la estructura de lo real que se sirven de esta para establecer una solidaridad entre juicios admitidos y otros que se intentan promover. Argumentos pragmáticos que permiten apreciar un acto o un acontecimiento con arreglo a sus consecuencias favorables o desfavorables y el argumento de dirección que consiste, esencialmente, en la advertencia contra el uso del procedimiento de las etapas que responde a la pregunta ¿adónde se quiere llegar?

La argumentación en ciencias ha sido vista por distintos autores como un proceso de elección entre modelos y teorías para explicar los fenómenos de la realidad (Giere, 1992) y según Duschl y Gitomer (1997) este proceso de elección entre teorías se puede producir si se generan interpretaciones diferentes de los datos debido a las interpretaciones particulares de las comunidades científicas, a los avances tecnológicos y a los cambios en los objetivos de las ciencias, por lo cual en el aula de clase este proceso se evidenciaría a través de las prácticas discursivas de los estudiantes y las estudiantes, en las que se articulan componentes de la estructura de la argumentación, de los conceptos científicos y de la práctica discursiva, cuya puesta en escena permitiría conocer las características de los modelos argumentativos y, a partir de allí, construir procesos didácticos que contribuyan a la transformación de dichos modelos.

Por otra parte, Candela (2001) estudió la interacción discursiva en el aula escolar desde la perspectiva de los alumnos proponiendo que analizar esta perspectiva en la construcción del contenido de la ciencia en el aula es importante, porque ellos son los sujetos a educar e interesa mostrar la activa y reflexiva participación de estos en el proceso de negociación entre el conocimiento y el discurso de aula, manifestando que en este proceso, la argumentación es un indicador de la existencia de descripciones y explicaciones alternativas que muestran la presencia en el aula de versiones propias en los estudiantes frente a los docentes además de mostrar la actitud de los niños de defender sus puntos de vista asumiendo su derecho hacerlos valer en el aula.

Vemos entonces que las demandas de argumentación realizadas por los maestros, promueven la búsqueda de explicaciones causales de los fenómenos, desarrollando la práctica de poner a prueba tanto experimental como conceptualmente las versiones que cada estudiante sostiene, ayudando a estructurar el pensamiento con estas demandas de argumentos y contribuyendo a que los niños aprendan qué lo importante no sólo es el conocimiento sino la capacidad de elaborar explicaciones que convenzan a otros o de modificar las propias ideas cuando hay argumentos convincentes (Candela, 1999) por lo cual la función de demandar argumentos es aprendida por los alumnos los cuales son

capaces de ejercerla a pesar de que en el aula haya una opinión colectiva o de que el maestro tenga un punto de vista definido (Candela, 1996).

En esta misma dirección, los trabajos realizados por Jiménez-Aleixandre y colaboradores (Bravo y Jiménez-Aleixandre, 2010; Jiménez-Aleixandre, 1998; Jiménez-Aleixandre y de Bustamante, 2003; Jiménez-Aleixandre y Erduran, 2008; López y Jiménez-Aleixandre, 2007) resaltan como en el aula siendo esta un espacio dialógico para una práctica discursiva en los procesos de aprendizaje de la ciencia, potencian no solo la capacidad de razonar sino también de argumentar y construir significados, permitiendo hacer ciencia en el aula de clase. Bajo este autor, la argumentación corresponde a una capacidad de evaluar el conocimiento con base a las pruebas disponibles y acordes con el momento, concepto que se acerca a esa búsqueda constante del razonamiento en torno a las respuestas que se ofrecen desde determinados aprendizajes.

De esta forma la ciencia escolar desarrollada en el aula, considerada como uno de esos elementos en los que confluye la dinámica cognitiva, no es ajena a la argumentación, ya que ella permite a los estudiantes entender la ciencia como un medio de conocer, que favorece el cambio de perspectivas, se beneficia de una mirada creativa y divergente, promoviendo procesos de pensamiento crítico.

Adicionalmente Jiménez-Aleixandre (2011) afirma que la argumentación contribuye a los objetivos relacionados con la mejora de los procesos de aprendizaje con la argumentación, ya que ayuda a desarrollar la competencia para aprender a aprender dado que la argumentación ayuda a hacer públicos, mediante el lenguaje, algunos procesos cognitivos, también contribuye al desarrollo del pensamiento crítico, lo que está relacionado con la formación de los estudiantes con aras a que sean ciudadanos responsables, capaces de participar en las decisiones sociales teniendo la capacidad de desarrollar una opinión independiente, adquiriendo la facultad de reflexionar sobre la realidad y participar en ella, y por último, la argumentación contribuye el desarrollo de competencias relacionadas con las formas de trabajar de la comunidad científica y favorece el desarrollo de ideas sobre la naturaleza de la ciencia que hagan justicia a su complejidad, lo que se denomina a veces cultura científica inmersa en un contexto escolar.

Con lo anterior, se genera la posibilidad de hacer de las clases de ciencias el espacio para formar autonomía intelectual en los estudiantes, es decir, el espacio para preguntar, discutir, criticar y disentir; el lugar en el cual los estudiantes expresen y argumenten sus propias ideas en forma adecuada y, en lo posible, que para ello hagan uso de los discursos y de los modelos explicativos de las disciplinas científicas. Aquí se hace explícita la posibilidad de enseñar y aprender a razonar y a argumentar, tanto en el contexto de los debates públicos grupales o de los diálogos interpersonales, como en la elaboración de textos escritos que develen, por ejemplo, el uso apropiado de la literatura científica para sustentar aseveraciones de conocimiento y de valor.

En cuanto al aspecto didáctico, se debe reconocer que la construcción de la ciencia escolar, demanda hablar sobre ella, y aquí, el lenguaje desde su multiplicidad es el vehículo que permite intercambiar significados, explicar o aclarar inquietudes. En ellos, se permite exponer puntos de vista diferentes, criticarlos y, posiblemente, lograr consensos en favor de la construcción de conclusiones más significativas y más comprensibles sobre los fenómenos o temas estudiados (Ruiz, Tamayo, y Márquez, 2015, 2013) . En esta investigación los autores proponen un modelo de enseñanza para promover la argumentación en ciencias basado en tres aspectos importantes el epistemológico (qué lugar ocupa la argumentación en la construcción de la ciencia), conceptual (concepción de la argumentación en ciencias) y didáctico (cómo promover la argumentación en ciencias y que acciones realizar para lograrlo), con el fin de promover nuevas estrategias que permitan la formación de seres humanos críticos, en donde se buscaba incentivar nuevas prácticas docentes y buscar la aplicación de actividades intencionadas, con propósito y pensadas para suplir las necesidades del estudiantado.

De esta forma, promover esos espacios de argumentación en clase, facilita que los estudiantes adquieran una mejor comprensión de los conceptos científicos y de su aplicación en contextos cotidianos diferentes al aula, es así que, hablar de agentes mutagénicos, lo cual presenta cierta dificultad de aprendizaje para los estudiantes, puede mejorar su comprensión mediante una mayor participación de los mismos, en los procesos discusivos y argumentativos que se desarrollan dentro de la clase.

5.1.1 Asuntos sociocientíficos como escenarios para el desarrollo de la argumentación

En muchas investigaciones se relaciona el proceso de aprendizaje con el debate y la solución de problemas interesantes y significativos para los estudiantes, sobresaliendo de esta manera los asuntos sociocientíficos, que implican conocimiento científico y que son de gran interés para el público en general, permitiendo a los estudiantes la posibilidad de emplear su propio conocimiento en la resolución de una determinada situación.

En este sentido, de acuerdo con Sadler y Zeidler (2005) la expresión “asuntos sociocientíficos” hace referencia a debates, polémicas, dilemas y controversias sociales generadas por conceptos, productos, procedimientos y técnicas que proceden de las ciencias. Asuntos que son de naturaleza controversial, de debate público y objeto de influencias políticas, éticas y económicas, en relación con las decisiones que sobre tales dilemas se tomen; son asuntos en los cuales se hace más explícita la naturaleza sociocultural y comprometida del conocimiento científico y, por lo tanto, la mutua relación entre ciencia y sociedad.

Siguiendo con estos planteamientos, al aludir a los asuntos sociocientíficos se hace referencia a cuestiones en las que se requiere tomar decisiones informadas sobre temas científicos de particular importancia e interés social. El tratamiento de asuntos sociocientíficos en el aula de ciencias, implica la inclusión de literatura científica como fuente de información y objeto de debate en los procesos de aula; así mismo, le son inherentes, el interés en los razonamientos de tipo sustantivo e informal incluyendo aspectos de orden tanto cognoscitivo como axiológico, valorativo y afectivo y, obviamente, en los procesos de argumentación y en las argumentaciones que, finalmente, los estudiantes construyen para presentar y defender sus posturas respecto a los dilemas propuestos.

En suma, algunas investigaciones relacionadas con la enseñanza y aprendizaje de conceptos científicos dentro del contenido escolar encaminadas al desarrollo de la argumentación demuestran el importante papel de las intervenciones didácticas, el diseño de un ambiente de enseñanza apropiado dentro de un contexto social adecuado junto con la integración de aspectos del entorno en el logro de procesos argumentativos en el aula donde la

argumentación juega un papel determinante en las formas como los estudiantes construyen comprensiones y concepciones acerca del conocimiento científico escolar asociado a una situación determinada. (Archila, 2012, 2014).

Como lo señalan los autores, es importante llevar a las clases de ciencias las controversias que se dan en el ámbito de las disciplinas científicas, en este sentido, lo más conveniente es organizar actividades que permitan las discusiones explícitas respecto a diversas situaciones en las cuales es ineludible la consideración sobre la pluralidad teórica y conceptual, es decir, la aceptación de que no hay respuestas verdaderas y únicas a los problemas planteados, un aspecto que contribuye a desdibujar el autoritarismo y el dogmatismo, tan comunes en las clases de ciencias, buscando propiciar el razonamiento, en tanto que la participación en debates implica tomar posturas argumentadas, es decir, suficiente y explícitamente justificadas y respaldadas, lo que tiene relevancia para la vida de todas las personas implicadas y favorece la motivación hacia la comprensión del conocimiento y su aplicación.

5.1.2 Estudio estructural de la argumentación

En cuanto a la argumentación en clases de ciencias, este apartado gira alrededor de una perspectiva toulminiana, donde se asume la argumentación como un acto de comunicación de datos, afirmaciones y justificaciones; aquí, más que los procesos de interacción social y la importancia de los contextos donde suceden los debates, interesa la estructura clara y precisa de los componentes de los argumentos.

De acuerdo con Erduran, Simon y Osborne (2004) los niveles de argumentación, permiten medir las habilidades discursivas del estudiante, tanto en textos orales como escritos, es decir, miden su capacidad para sostener puntos de vista, elaborar y justificar posturas, evaluar diferentes posiciones y generar contrargumentos, por lo cual la calidad estructural de los argumentos se puede evaluar desde ciertos niveles argumentativos (Erduran, 2008).

Se resalta que, los autores plantearon la diferencia en las nociones de argumento y argumentación, en este sentido, un argumento se refiere a los discursos que un estudiante o un grupo de estudiantes producen cuando deben articular o justificar sus conclusiones o

explicaciones, mientras que la argumentación alude al proceso de elaboración de esos discursos.

Erduran *et al.*, (2004) presentan una escala por medio de la cual desde los seis componentes que constituyen el TAP (Toulmin's argument pattern) o conforme a la ausencia de alguno o varios de ellos, evalúan la calidad del argumento en términos de esos mismos componentes. La escala se constituye de cinco niveles, donde parte del más básico (nivel 1) y culmina en el más estructurado (nivel 5), conforme a estos niveles y escala es posible cuantificar la argumentación.

El nivel 1 se pregunta si un argumento contiene afirmaciones y bases (es decir, datos), para fundamentar que lo expuesto trasciende más allá de una opinión, el nivel 2 son argumentos acompañados de fundamentos que contienen datos o garantías, que deben contar con justificaciones y teniendo en cuenta que las refutaciones son un elemento esencial de los argumentos de mejor calidad y demuestran una capacidad de mayor nivel con la argumentación, se definen los siguientes niveles, quienes parten de episodios con refutaciones débiles, es decir, contraargumentos que están solo tenuemente relacionados con la afirmación inicial (nivel 3), episodios con una sola refutación (nivel 4) y episodios con refutaciones múltiples (nivel 5).

Ahora bien, para efectos de la presente investigación y teniendo en cuenta los hallazgos y trabajos realizados para conocer más acerca de la importancia de los procesos argumentativos, Tamayo, Zona y Loaiza, (2016) toman como punto de partida las matrices argumentativas de Toulmin (1958) y a partir de ellas proponen trabajar con 6 niveles de argumentación, en los cuales da especial énfasis al uso de modalizadores como elemento importante para evaluar la fuerza y el grado de certeza que se expresa en el argumento.

Los niveles para evaluar la calidad de los argumentos según Tamayo *et al.*, (2016) con su correspondiente caracterización son:

Tabla 1. Niveles Argumentativos

NIVEL	DESCRIPCION
NIVEL 1	El nivel 1 de argumentación, comprende los argumentos que son una descripción simple de la vivencia. Utiliza en su ejercicio verbos como observé, toqué, froté, sentí, pero solo se limita a explicar lo que ocurrió en la realización de los experimentos. El estudiante se enfoca solo en describir los datos de lo que ocurrió en la actividad.
NIVEL 2^a	El nivel 2 ^a de argumentación, comprende argumentos en los que se identifica con claridad los datos (data) y una conclusión (claim) versus otra conclusión. Este argumento no incluye justificación.
NIVEL 2b	El nivel 2b de argumentación, comprende argumentos en los que se identificaron con claridad los datos (data) y dos o más conclusiones (claim). Este argumento no incluye justificación.
NIVEL 3^a	El nivel 3 de argumentación, son argumentos constituidos por datos, con conclusiones y una justificación (warrant), y sin cualificadores o modalizador.
NIVEL 3b	El nivel 3 de argumentación, son argumentos constituidos por datos, con conclusiones y dos o más justificaciones (warrant), y sin cualificadores o modalizador.
NIVEL 4	El nivel 4 de argumentación, comprende argumentos constituidos por datos, conclusiones, justificaciones (warrants) haciendo uso de cualificadores (qualifiers) o respaldo teórico (backing), y sin contraargumento.
NIVEL 5	El nivel 5 de argumentación, muestra argumentos con una conclusión y un claro contraargumento (rebuttal). Igual, un argumento puede tener varias conclusiones y justificaciones.
NIVEL 6	El nivel 6 de argumentación, presenta un extendido argumento con más de un contraargumento (rebuttal)

Fuente: Tamayo et al., (2016)

Es pertinente resaltar que la presente investigación tomará como referencia para el análisis de resultados los niveles argumentativos de Tamayo *et al.*, (2016) dado que sus niveles se basan de manera más amplia en un enfoque mixto cualitativo y cuantitativo mientras que

Erduran *et al.*, (2004) aplica el TAP (Toulmin's Argument Pattern) como método cuantitativo. Adicionalmente los niveles de Tamayo se basan en una muestra de 2200 estudiantes, 50 maestros y 56 instituciones educativas públicas (para el análisis de datos se usó el 10%, lo que corresponde a 224 estudiantes) mientras que los niveles de Erduran se construyeron con una muestra pequeña de estudiantes (12 profesores iniciales y para el análisis solamente 6, cada uno con 3 o 4 estudiantes). Otro aspecto a rescatar es que los niveles de Tamayo se construyeron en 3 momentos de forma comprensiva e integrada acercándose a la realidad de las aulas mientras que los niveles de Erduran se enfocan en evaluar la fuerza de las refutaciones. También cabe adicionar que para la argumentación en ciencias, es necesario lograr aprendizajes profundos en los estudiantes facilitado por un proceso reflexivo y argumentativo, que contribuye a que los estudiantes adquieran aprendizajes en temas específicos como los agentes mutagénicos, así como la capacidad de discutir en lo relacionado con sus contextos sociales en los que están inmersos, permitiendo la asociación de aspectos sociocientíficos en los cuales la argumentación orienta y contribuye a la forma como se presente finalmente una postura o argumento.

5.1.3 Estudio funcional de la argumentación

A continuación se encuentra la argumentación desde una perspectiva funcional; es decir, como proceso social y dialógico de presentación de evidencias, afectado indiscutiblemente por los modelos mentales de los sujetos que se implican en los debates, por el contexto en el cual ellos suceden y por la finalidad que se persigue con la presentación y justificación de las evidencias, por ello se hace necesario plantear que el enseñar argumentación tiene como función mejorar sus niveles, pero que es fundamental que la argumentación sea de calidad.

En este sentido, Joannon y Ihnen (2015) concluyen que una argumentación será de calidad si cumple con los requerimientos del ámbito de la lógica, la retórica y la dialéctica, todos ellos necesarios pero ninguno suficiente de manera aislada. El primero consiste en sacar conclusiones adecuadas a partir de premisas que presuponemos aceptables, el segundo en que la argumentación esgrimida debe efectivamente cumplir con su objetivo fundamental el cual es persuadir a la audiencia a la que se dirige y el tercero en que el argumentador debe

observar una conducta razonable al dialogar, de esta forma la tarea pedagógica de enseñar argumentación tendría como función prioritaria mejorar su nivel, por lo cual los programas de estudio deberían cubrir estos tres dominios de manera integrada.

Por otro lado, Adúriz-Bravo (2010, 2012) define que la argumentación puede ser considerada como una modalidad específica y particular de diálogo en cuyo transcurso las divergencias entre puntos de vista se evalúan y negocian. Desde la perspectiva, la calidad de la argumentación está afectada por las características de la situación social en la que se lleva a cabo, es decir, el tema, los interlocutores, los objetivos comunicativos, etc. En las aulas de ciencias, las situaciones posibles no son solo o exclusivamente la de un grupo de estudiantes comunicándoles a sus profesores cuánto saben acerca de los contenidos que fueran objeto de enseñanza. Los diálogos pueden tomar otras formas, pueden ser puestos al servicio de convencer a otros receptores de la conveniencia de las explicaciones producidas.

Teniendo en cuenta lo anterior, Adúriz-Bravo (2012) considera que la argumentación científica escolar consta de un componente retórico, presente en todo argumento, que alude a la voluntad de convencer al interlocutor y de cambiar el estatus que un determinado conocimiento tiene para él; de un componente pragmático, donde toda argumentación se produce en un contexto al cual se ajusta y adecúa, y en el marco del cual toma sentido; de un componente teórico, que se refiere al requerimiento de la existencia de un modelo teórico que sirve de referencia al proceso explicativo y de un componente lógico, apoyado en la estructura sintáctica compleja del texto producido

Evidenciando la falta de niveles claros de calidad de los argumentos, Marín (2018) propuso criterios para evaluar la calidad de los argumentos, en los cuales se consideran tres componentes: forma o componente lógico, contenido o componente teórico y contexto o componente pragmático, estableciendo para cada criterio sus respectivos descriptores y planteando tres niveles de calidad de los argumentos.

Tabla 2. Criterios para evaluar la calidad de los argumentos

CRITERIOS PARA EVALUAR LA CALIDAD DE LOS ARGUMENTOS	
COMPONENTE	DESCRIPTOR
FORMA O COMPONENTE LÓGICO	Se refiere a que las justificaciones y conclusiones deben estar relacionadas de tal manera que si las justificaciones son ciertas, la conclusión tenga un grado variable de certeza
CONTENIDO O COMPONENTE TEÓRICO	Establece que las justificaciones que hacen que las afirmaciones sean verdaderas o que tengan una alta probabilidad de ser ciertas, toman como base un modelo teórico, explicativo o un concepto aprendido
CONTEXTO O COMPONENTE PRAGMÁTICO	Aquí el argumento se evalúa como un todo. El argumento presentado se ajusta y adecua a las circunstancias en las que se presenta, o en que se pretende dar una explicación o este es aplicable

Fuente: Marín (2018)

Entendemos entonces que la calidad de los argumentos comprende la funcionalidad de los mismos y debe cumplir con los criterios de forma, contenido y contexto, esto con el fin de que la argumentación ocurra en un contexto en el que el estudiantado participe de forma acertada, reflexiva y autorregulada en el proceso de enseñanza y el aprendizaje.

A continuación se presenta los niveles de calidad de los argumentos con sus respectivos descriptores planteados por Marín (2018):

Tabla 3. Niveles de calidad de los argumentos

NIVELES DE CALIDAD DE LOS ARGUMENTOS	
NIVEL DE CALIDAD DE LOS ARGUMENTOS	DESCRIPTORES DEL NIVEL DE CALIDAD
NIVEL DE CALIDAD 1 (nC1)	No hay justificaciones o las justificaciones y conclusiones NO están relacionadas; o las justificaciones NO son ciertas, por cual la conclusión NO es cierta. Las justificaciones NO aportan para que las afirmaciones sean verdaderas o que tengan una alta probabilidad de ser ciertas. El argumento, como un todo, NO se ajusta y ni se adecua a las circunstancias en las que se pretende dar explicaciones o es aplicable.
NIVEL DE CALIDAD 2 (nC2)	Las justificaciones y conclusiones están relacionadas de tal manera que si las justificaciones son ciertas, la conclusión tiene un buen grado de certeza. Las justificaciones aportan para que las afirmaciones sean verdaderas o que tengan alguna probabilidad de ser ciertas, pero NO se refieren a modelo teórico/explicativo o concepto aprendido, es decir hace uso de lenguaje cotidiano o creencias. El argumento, como un todo, No se ajusta o adecua completamente a las circunstancias en las que se pretende dar explicaciones o es aplicable. Pero se evidencia el intento por dar una explicación.
NIVEL DE CALIDAD 3 (nC3)	Las justificaciones y conclusiones están relacionadas de tal manera que si las justificaciones son ciertas, la conclusión tiene un alto grado de certeza. Las justificaciones que hacen que las afirmaciones sean verdaderas o que tengan una alta probabilidad de ser ciertas, se refieren a modelo teórico/explicativo o concepto aprendido, haciendo uso correcto del lenguaje científico escolar. El argumento, como un todo, se ajusta y adecua a las circunstancias en

Frente a lo manifestado en párrafos anteriores por diversos autores, en esta investigación interesa conocer tanto la estructura en torno a niveles de argumentación (Tamayo *et al.*, 2016) como la función de la argumentación en torno a niveles de calidad (Marín, 2018), siendo ambas, componentes fundamentales que aportan al desarrollo de una habilidad argumentativa que potencialice el aprendizaje de diversos conceptos.

Para finalizar, es importante tener presente que se acude a abordar estructura y función de la argumentación, dado que el aprendizaje de fenómenos, requiere no solo elaborar argumentos bien estructurados, sino funcionales; es decir, que den cuenta de mejores comprensiones sobre los conceptos estudiados.

5.2 ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LOS AGENTES MUTAGÉNICOS

A continuación, se presentan las diferentes concepciones alternativas a nivel educativo sobre agentes mutagénicos, mutaciones, genética, propuestas de enseñanza y dificultades en el aprendizaje de temas genéticos entre otros aspectos que se rescatan dentro de la enseñanza y el aprendizaje de los agentes mutagénicos y temas similares bajo un factor unificador de esta temática. Antes de avanzar se debe aclarar que se presentará mayor contenido relacionado con la genética general dado que en las escuelas los temas de los currículos se centran en temas clásicos, generales, frecuentes y sin profundizar en otras temáticas, por ende, los estudios que se encuentran publicados confirman la situación curricular ya nombrada y por lo cual poco se encuentra sobre agentes mutagénicos a nivel escolar.

Para iniciar, los agentes mutagénicos son compuestos o agentes que causan daños irreversibles y cambios hereditarios (mutaciones) en el material genético (ADN). Las lesiones mutagénicas persisten cuando escapan a la detección por mecanismos protectores de reparación del ADN celular, cuando ocurren errores en el proceso de reparación, o cuando los mecanismos de reparación están abrumados por daños extensos y no son capaces de reparar. Tras la posterior replicación celular, estas mutaciones se vuelven

permanentes (se fijan) en el genoma y son heredadas a todas las células hijas. De esta manera, los agentes mutagénicos contribuyen en un acumulativo proceso de mutaciones, que se extiende a lo largo de la vida de un organismo (Schrader, 2016).

Por otro lado, Ayuso *et al.*, (1996) plantean que aprender genética a partir de actividades no resulta sencillo, ya que se pueden presentar diversas dificultades, algunas se relacionan con el nivel de desarrollo cognitivo de los estudiantes; otras son de naturaleza conceptual (falta de significado o interpretaciones inadecuadas de los conceptos implicados: reproducción sexual, gen, alelo...) o tienen que ver con el enfoque de los problemas y con las estrategias intelectuales que ponen en práctica los estudiantes para su resolución. Como consecuencia de ello, la eficacia de estas tareas para promover o consolidar aprendizajes se puede ver seriamente comprometida.

De igual manera, Ayuso y Banet (2002) a través de evaluar problemas en el aula relacionados con características de los organismos, herencia biológica, células, cromosomas, genes, reproducción sexual y mutaciones, confirman que la resolución de problemas constituye una de las tareas emblemáticas en la enseñanza de la genética, porque a través de estas actividades, los profesores intentan que los estudiantes aprendan las nociones elementales de un ámbito conceptual complejo, por lo que también se debería pretender la puesta en práctica de ciertas habilidades y comportamientos consustanciales al trabajo científico.

Teniendo en cuenta que la genética y sus aplicaciones en medicina, agricultura o ganadería son ámbitos de la ciencia en auge, Iñiguez (2005) consideró que en los colegios es necesario conocer e interpretar correctamente conceptos como gen, cromosoma o célula entre otros, para llegar a entender la complejidad y el significado de las aplicaciones de la genética y la biotecnología, por lo que en su investigación doctoral encontró que la enseñanza de la genética es uno de los apartados de la biología más difíciles de entender por el alumnado y de los que reúne más dificultad conceptual, por lo que a su juicio detectó dos problemas fundamentales con los que se encuentra la didáctica de la genética: el primero es aquello que el alumno ya sabe cuándo llega el aula, pues poseen ciertas ideas previas fragmentadas, y como segundo, el modelo de enseñanza de la genética está basado

en un proceso de transmisión de conocimientos elaborados, con poco margen para proponer estrategias didácticas alternativas.

Sánchez (2012) determina que en el aprendizaje de los estudiantes sobre el contenido conceptual de genética se encuentran dificultades como, que las plantas no son seres vivos, no tienen cromosomas y genes; la información genética reside únicamente en los gametos, por tanto las células somáticas no son portadoras de tal información genética, el desconocimiento de la parte donde se localizan los genes y los cromosomas, el no reconocimiento de que el padre y la madre aportan igual cantidad de información genética a su descendencia y el pensamiento de que las mutaciones originadas en las células somáticas o en la piel se manifestarán en la descendencia.

En la investigación de Caballero (2008) se buscó detectar algunas de las principales ideas previas de los estudiantes de educación secundaria en relación con algunos conceptos básicos de genética y aspectos conceptuales que pudieran incidir en la comprensión correcta de los contenidos de esta disciplina y en la realización de ejercicios y problemas sobre las leyes de Mendel, encontrando que en un grado se tiene conocimiento elevado del concepto ADN, pero vacío de contenido, la mayoría reconoce como seres vivos a animales y plantas, no comprenden que los gametos son elementos transmisores de los genes de una generación a otra. Concluye que los estudiantes tienen confusión al localizar el material genético, su vía de transmisión y en el significado de conceptos básicos de genética, falta de conocimientos adecuados sobre la reproducción sexual de las plantas y carencia de conocimiento de los conceptos de probabilidad y otras variables estadísticas.

El trabajo realizado por González (2014) en estudiantes de básica secundaria rural determinó que es importante conocer las ideas previas que presentan los estudiantes para identificar los modelos y obstáculos de aprendizaje, para posteriormente diseñar y planear actividades que permitan orientar los procesos de enseñanza y aprendizaje, además identificó que los modelos explicativos acerca del concepto de herencia son: cotidiano, preformista, herencia mezcladora, caracteres adquiridos y mendeliano; determinados de acuerdo al desarrollo histórico-epistemológico del concepto. También concluyó que los estudiantes en general no reconocen la transmisión de información hereditaria de padres a

hijos, ni los procesos que este conlleva a nivel molecular y celular, encontrando predominio de obstáculos de origen verbal en los estudiantes del grado de octavo que limitan el proceso de enseñanza y aprendizaje, además de que los estudiantes utilizan algunos términos propios de las ciencias, sin hacer referencia a su significado científico, lo que indica que la información ha sido suministrada sin haber evolución conceptual en sus modelos explicativos.

Dado que son numerosos los estudios que han mostrado cuáles son las principales ideas de los estudiantes de educación secundaria sobre la herencia biológica, a continuación se presenta una compilación realizada por González *et al.*, (2017) de buena muestra de ellos, resumidos y clasificados en diversos ámbitos para facilitar su análisis.

5.2.1 Herencia de los caracteres

Confusión sobre el término “información genética” y desconocimiento de cómo los genes determinan las características de los seres vivos (Lewis & Wood-Robinson, 2000). Ciertas características las aportan los genes de un progenitor y otras los genes del otro (Clough y Wood-Robinson, 1985). Mayor parecido a un progenitor por más cantidad de información hereditaria del mismo (Kargbo, Hobbs y Erickson (1980).

5.2.2 Información hereditaria en los seres vivos

Hay seres vivos a los que se atribuyen genes y no cromosomas y viceversa (Lewis, Leach, Wood-Robinson, 2000). Animales alejados taxonómicamente del ser humano no tendrían reproducción sexual (Caballero, 2008). Ausencia de células en plantas (Banet y Ayuso, 2000). Las plantas no tienen reproducción sexual (Banet & Ayuso, 2000; Caballero-Armenta, 2008; Lewis et al., 2000a).

5.2.3 Localización de la información hereditaria

No relación entre organismo, célula, núcleo, cromosoma, gen y ADN (Íñiguez y Puigcerver, 2013; Lewis et al., 2000a). Cromosomas sexuales solo en gametos (Banet y Ayuso, 2000).

5.2.4 Información hereditaria en diferentes tipos celulares

Cada tipo celular lleva información genética para realizar su función (Ayuso et al., 1996; Lewis y Wood-Robinson, 2000). Identificación de genes con pequeñas partículas que contienen un rasgo o característica en miniatura (Lewis y Kattmann, 2004). Dificultades del alumnado para entender mecanismos genéticos (Duncan, Rogat y Yarden, 2009).

5.2.5 Procesos de división celular

Confusión entre los términos mitosis y meiosis (Lewis y Wood-Robinson, 2000). Algunos estudiantes no encuentran distinción entre células somáticas y gametos (Lewis, Leach y Wood-Robinson, 2000b).

5.2.6 Mutaciones y sus efectos

Los cambios somáticos producidos en un individuo se transmiten a la descendencia (Ayuso et al., 1996; Kargbo et al., 1980). Relación de mutación con cambio físico o transformación anatómica (Abri, Mayoral y Muela, 2004; Ayuso y Banet, 2002).

5.2.7 Causas de variabilidad

No entienden el reparto de cromosomas en la meiosis al azar (Lewis et al., 2000a). Mutaciones como cambios graduales para adaptarse al medio (Ayuso y Banet, 2002).

Por otra parte, González, Banet y Banet (2017) en su investigación en estudiantes de secundaria apuntan hacia la necesidad de que la enseñanza de la genética tenga en cuenta algunas consideraciones que son de interés para la enseñanza de estos contenidos como la planificación de la enseñanza, teniendo en cuenta las dificultades y el grado de abstracción de los contenidos de genética, por lo que sería útil comenzar su estudio abordando la herencia en las personas, así como desarrollar sus contenidos utilizando, cuando sea posible, ejemplos relacionados con el ser humano. Además indican no dar por sabidas algunas nociones (reproducción sexual en plantas o la estructura celular, por ejemplo), sin comprobar que realmente los estudiantes las conocen. También consideran que es necesario incluir actividades de explicitación de ideas previas de manera que los

estudiantes las reconozcan y que sirvan de punto de partida para la construcción de nuevos conocimientos y plantear actividades que ayuden a los alumnos a superar las concepciones alternativas al conocimiento científico. Finalmente expresan que es necesario destacar la importancia de abordar, con cierto detalle, las aplicaciones tecnológicas y sociales, sobre todo si se tiene en cuenta que, para la mayoría de los estudiantes, sería su única y última posibilidad académica de contactar estos contenidos con la realidad de la sociedad actual.

Bernal, Forero y Montero (2012) establecieron un diálogo entre la visión estructural y funcional de la genética, desde la bioquímica y la molecular, lo que dio como resultado una articulación dirigida a resaltar la idea de no secuenciar los contenidos, sino relacionarlos, de manera que el estudiante pueda jugar con ellos y sus interacciones con el fin de construir conocimiento. Además los autores identificaron seis categorías de competencias que el estudiante debía desarrollar al final del curso de genética: Competencia Conceptual, donde el estudiante da cuenta de conceptos o contenidos; competencia contextual, referida al reconocimiento del contexto en el cual se plantea un determinado concepto; competencia observacional, referida a la observación de eventos relativos al concepto; competencia analítica, donde el estudiante reconoce en un sistema de conceptos aquellas partes que lo componen; competencia interpretativa, donde el estudiante establece relaciones con el contexto donde se plantean las situaciones o donde aparecen los conceptos y la competencia de aplicación, referida a emplear aquello que se conoce en un contexto definido por el estudiante del mismo.

Rodriguez (2018) diseñó una estrategia didáctica virtual para el aprendizaje de conceptos básicos de genética, utilizando un videojuego desarrollado en la plataforma ERUDITO de la Universidad Nacional de Colombia. Los estudiantes estuvieron interesados en el tema con esa estrategia; el videojuego *Genética y superhéroes* posibilitó mostrar a los alumnos diferentes materiales, ayudando a enriquecer sus conocimientos y contribuyendo a mejorar el proceso de aprendizaje significativo. En este estudio el autor diagnosticó por ideas previas y el conocimiento de conceptos básicos de la genética concluyendo que los contenidos de genética son más difíciles de aprender y que algunos conceptos de genética

son confusos para los alumnos, además resalta que los estudiantes comprenden mejor cuando están envueltos en tareas y temas que cautivan su atención, por lo que los videojuegos motivan y hacen partícipes a los estudiantes de su aprendizaje, permitiendo un avance y mejoramiento en el desempeño académico de los estudiantes.

El trabajo realizado por Prego y Puig (2016) presenta el diseño y análisis de una actividad de modelización sobre la expresión de los genes enmarcada en una secuencia didáctica para trabajar enfermedades genéticas con alumnado de secundaria. Encontraron que la mayor parte de los grupos en este estudio tienen dificultades para ubicar de manera adecuada los procesos de transcripción y/o traducción dentro de la célula y que tras su intervención, todos los grupos movilizaron ideas y nociones de genética para representar y explicar el modelo de expresión de los genes, de modo que todos los grupos lograron mejorar sus modelos de manera significativa, incorporando o ampliando información relativa a los procesos, por lo que este enfoque involucra al alumnado en distintas operaciones relacionadas con la construcción de modelos, que incluyen no sólo la representación, sino también la justificación y la comunicación de éstos al resto del aula.

5.3 HISTORIA Y EPISTEMOLOGÍA DE LOS AGENTES MUTAGÉNICOS

Una de las características del avance constante de la sociedad moderna es el uso de una gran cantidad de sustancias químicas con las cuales las personas interactúan, incrementando el riesgo de padecer enfermedades provocadas por tales sustancias, por ejemplo, el cáncer.

Los organismos tienen una tendencia inherente a sufrir cambios de un estado hereditario a otro (Griffiths, Miller, Suzuki, Lewontin y Gelbart, 2002). Los genes, como portadores de la información genética, tienen la capacidad de sufrir alteraciones ocasionales, las cuales pueden ser heredadas de una manera estable y predecible (Lewin, 2008), estos cambios explican las variaciones hereditarias y la diversidad que se encuentran en el mundo biológico y que forman las bases de la evolución biológica (Nussbaum, McInnes y Willard, 2008).

Si bien la replicación del ácido desoxirribonucleico (ADN) es precisa, se podría decir que no es perfecta; pues pueden producirse errores y, como consecuencia, el nuevo ADN

contendría uno o más nucleótidos cambiados. Un error de este tipo, que recibe el nombre de mutación, puede tener lugar en cualquier zona del ADN; si esto se produce en la secuencia de nucleótidos que codifica en un polipeptido particular, éste puede presentar un aminoácido diferente en la cadena polipeptídica y esta modificación puede alterar seriamente las propiedades de la proteína resultante.

Se denomina mutación a todo cambio permanente ocurrido en la secuencia de bases del ADN de un organismo, por consiguiente las mutaciones son fenómenos que ocurren a nivel molecular e inicialmente no son observables (Solari, 2011). Una mutación es una variación espontánea o inducida al genoma, un cambio en el material hereditario y tiene la posibilidad de cambiar la estructura y la información heredada de los antecesores, y secuencia de ADN (Lewin, 2008; Nussbaum *et al.*, 2008).

Las mutaciones fueron descritas por primera vez en 1901 por uno de los re descubridores de Mendel, el botánico alemán Hugo De Vries. En 1929 el biólogo estadounidense Herman Joseph Müller observó que la tasa de mutaciones aumentaba considerablemente con los rayos X, tiempo más tarde se descubrió que otras formas de radiación, así como las temperaturas elevadas y varios compuestos químicos, podían inducir mutaciones (Griffiths *et al.*, 2002).

Todos los organismos sufren cierto número de mutaciones como resultado de los procesos celulares normales o de interacciones aleatorias con el medio ambiente; tales mutaciones se llaman espontáneas y son impredecibles, producidas en ausencia de un agente mutagénico conocido. El rango en el cual ocurren es característico para cada organismo en particular. Por otra parte, una mutación inducida es aquella que se produce como consecuencia de la exposición a una sustancia mutagénica (Lewin, 2008), este tipo de mutaciones pueden ser originadas por agentes físicos, químicos o biológicos.

En 1969, en respuesta al gran interés por investigar la actividad mutagénica de las sustancias químicas ambientales, se fundó la Sociedad de Mutagénesis Ambiental (Mortimer & Richard, 1990) desde entonces se han instrumentado una gran variedad de ensayos, tanto *in vivo* (por ejemplo la pruebas con *Drosophila melanogaster*) como *in vitro*

(intercambio de cromátides hermanas), para estudiar la genotoxicidad de diferentes agentes. Desde 1979, el interés y los objetivos de la mutagénesis ambiental fueron claramente enfocados en tres áreas: la definición del rango de efectos producidos en humanos por los mutágenos, el desarrollo de métodos confiables para la detección de los mismos y la elucidación de mecanismos de daño cromosómico y mutación génica (Mortimer y Richard, 1990).

Como ya se había dicho, la ocurrencia de mutaciones puede incrementarse debido al tratamiento o a la exposición a ciertos compuestos llamados agentes mutagénicos, y los cambios que ocasionan son mutaciones inducidas (Lewin, 2008). Un mutágeno es un agente causante de que las mutaciones ocurran con una frecuencia superior a la espontánea, incrementa el rango de mutación espontánea al causar cambios en el ADN (Ames *et al.*, 1993; Griffiths *et al.*, 2002; Lewin, 2008; Nussbaum *et al.*, 2008). Se ha demostrado la existencia de mutágenos (agentes mutagénicos) ambientales en diferentes espacios de desarrollo del humano (Kleinsasser *et al.*, 2000), además, las células están expuestas naturalmente a muchos agentes mutagénicos de origen tanto endógeno como exógeno. En 1927 se descubrió las primeras mutaciones inducidas por agentes físicos, como los rayos X (Müller, 1927) y la radiación ultravioleta (Hollaender, 1982), o químicos, como el gas mostaza (Auerbach, Robson y Carr, 1947). Los mutágenos son sustancias o agentes que pueden ocasionar cambios en el material genético de las células vivas; aproximadamente la mitad de los mutágenos son carcinógenos (Ames *et al.*, 1993) un ejemplo de un agente mutagénico y carcinógeno son los agroquímicos donde se encuentran los plaguicidas (Polanco *et al.*, 2019).

La potencia de un agente mutagénico se juzga por el grado en que incrementa el rango de mutación por arriba del espontáneo, muchos mutágenos actúan directamente por su capacidad de afectar una base del ADN en particular o bien por ser incorporados al ácido nucleico (Lewin, 2008). Estos agentes se dividen principalmente en agentes físicos, químicos y biológicos. Al primer grupo le corresponde principalmente la radiación, y en el segundo se incluyen numerosos agentes con propiedades farmacológicas y terapéuticas que también pueden ser carcinógenos

Agentes mutagénicos físicos: La radiación eleva las probabilidades de eventos mutacionales al ocasionar rompimientos, arreglos y/o distorsión de la cadena de ADN al alterar las bases (dímeros de timina), bloqueando así futuras replicaciones. Los rayos ultravioleta, X y γ lesionan al ADN de diferentes maneras; la luz ultravioleta introduce varios tipos de lesiones al ADN, de los cuales los dímeros de pirimidina son foto productos implicados en muerte celular y mutagénesis debido a que los foto productos pueden ser removidos del ADN por mecanismos de reparación; el rango y la eficiencia de la remoción es crítico para el nivel de inducción de mutación por luz ultravioleta. Otras lesiones por radiación incluyen la creación de sitios apurínicos o apirimídicos por eliminación de las bases correspondientes, pueden producirse rupturas en las cadenas sencillas o dobles o entrecruzamiento entre ellas (Murray, Granner, Mayes, Rodwell, 2004).

Agentes mutagénicos químicos: Ocasionan inestabilidad general que produce cambios químicos en el ADN; cambian químicamente las bases, con lo que causan errores de apareamiento. Debido a que la transformación maligna es secundaria a mutaciones, no debería de sorprender que la mayoría de carcinógenos químicos sean mutagénicos. En efecto todos los carcinógenos directos y finales contienen grupos electrófilos muy reactivos que forman aductos químicos con ADN, y también con proteínas y ARN (Cotran, Vinay y Robbins, 2008). Los agentes mutagénicos químicos pueden encontrarse también como componentes de la dieta, carcinógenos industriales y desechos tóxicos (Guízar, 1994), el furano, solvente de resinas y lacas, componente del smog y cigarros (Wilson, Goldsworthy, Popp, Butterworth, 1992) así como los insecticidas (Herrera *et al.*, 1992) y pesticidas (Antonucci y de Syllos Colus, 2000; Garaj-Vrhovac y Zeljezic, 2000).

Agentes mutagénicos biológicos: son especial importancia los cambios en el ADN que producen los virus, y aunque se conoce muy poco de esta relación, se han reportado desde simples rompimientos cromosómicos hasta pulverización total del complemento cromosómico. Los virus son la causa de muchos cánceres en animales (Lewin, 2008; Murray *et al.*, 2004).

6 METODOLOGÍA

En este capítulo se presenta el apartado metodológico, donde se consideró oportuno la realización de un trabajo cualitativo – explicativo. Se describe el diseño de la investigación, el contexto investigativo, las categorías de análisis, los instrumentos usados para la recolección de los datos y el plan de análisis de la información obtenida.

6.1 ENFOQUE Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación fue aplicada mediante el enfoque cualitativo – explicativo, buscando el desarrollo de la habilidad argumentativa paralelo al aprendizaje de los agentes mutagénicos en estudiantes de básica secundaria, esto a partir de una intervención didáctica basada en asuntos sociocientíficos que promovía dichos procesos.

Ahora bien, esta investigación fue de tipo cualitativo porque interesaba entender los modelos explicativos y la habilidad argumentativa que tenían los estudiantes acerca del fenómeno estudiado y cómo hipotéticamente podía cambiar posterior a una intervención didáctica, intencionadamente diseñada en asuntos sociocientíficos. Debido a este interés particular, el trabajo no recogió datos numéricos ni presenta resultados cuantitativos. Además de ello, la naturaleza del fenómeno fue cualitativa, pues la información proporcionada fue resultado de espacios argumentativos, discusiones e instrumentos de lápiz y papel, lo que no implicaba un tratamiento estadístico.

Por otro lado, el alcance explicativo de la investigación radicó en que iba más allá de la descripción de conceptos o del establecimiento de relaciones entre estos; es decir, se pretendió proporcionar mediante la propuesta didáctica basada en asuntos sociocientíficos un sentido de explicación al desarrollo de la habilidad argumentativa a la vez que se promovía el aprendizaje de los agentes mutagénicos, con un especial interés de explicar por qué ocurría o en qué condiciones se manifestaba. Se consideró que avanzar a los estudios explicativos podría proporcionar aportes valiosos para posteriores investigaciones de naturaleza comprensiva.

El estudio explicativo partió de describir inicialmente los modelos explicativos y la habilidad argumentativa, así como sus relaciones y, posteriormente analizar las mismas

categorías una vez aplicado el instrumento final, con el fin de identificar relaciones causales, como lo proponen Sampieri, Fernández y Baptista (2011) para explicar cómo dos o más variables están relacionadas; en este caso particular cómo la habilidad argumentativa y los modelos explicativos se daban de forma paralela.

Adicionalmente, referente al estudio de caso, este permitió comprender en profundidad un fenómeno en variados contextos y situaciones, con un análisis intensivo del caso o casos colectivos, y bajo la concepción de su idiosincrasia y sin generalización, siendo estos una estrategia investigativa que buscaba dar respuesta a una pregunta de investigación.

6.2 POBLACIÓN Y CONTEXTO

El trabajo de investigación se realizó en la Institución Educativa Puerto Rico, institución de carácter estatal localizada en el suroccidente del departamento del Cauca, en el corregimiento de Puerto Rico del municipio de Argelia.

La institución está ubicada en una zona rural donde habitan aproximadamente 1500 personas de estratos uno y dos; familias con un promedio de 5 personas cuyos padres en su mayoría se dedican a actividades relacionadas con la siembra y mantenimiento de cultivos. Estos cultivos a su vez se han convertido en una problemática social dada la creciente expansión de los cultivos de coca con fines ilícitos, también los efectos adversos de las constantes fumigaciones y adicionalmente la latente presencia de distintos grupos armados.

La institución educativa cuenta con 282 estudiantes de ambos sexos quienes en su mayoría son de descendencia mestiza, distribuidos entre los grados de preescolar, básica primaria, básica secundaria y educación media. La institución tiene una sola jornada (mañana), y cuenta con dos sedes (primaria y secundaria).

6.3 UNIDAD DE TRABAJO

La unidad de trabajo, de la presente propuesta de investigación estuvo conformada por una población estudiantil de 14 estudiantes (número total del grupo) del grado noveno, de los cuales 9 fueron del género femenino y 5 fueron del género masculino, entre los 13 y los 15

años de edad. Se seleccionaron cuatro (4) estudiantes, que cumplieran con los siguientes criterios:

- a. Participar de manera voluntaria.
- b. Haber participado de todo el proceso de intervención.
- c. Tener rendimiento académico bajo y medio

6.4 CONSIDERACIONES ÉTICAS

Todo proceso investigativo debe contemplar principios éticos especialmente cuando se trabaja con seres humanos. Siguiendo entonces estos principios, se planteó tres instrumentos de protocolo para proteger los derechos de los estudiantes teniendo en cuenta que ellos son menores de edad.

6.4.1 Formato de protocolo para el manejo de seres vivos en investigación

Este instrumento exigido por el comité de bioética de la Universidad Autónoma de Manizales, garantiza que ninguna de las acciones, procedimientos o fases del proceso ponen en riesgo a los participantes (ver anexo 1).

6.4.2 Consentimiento informado para la participación en investigaciones

Este instrumento certifica que los estudiantes y sus acudientes conocen los propósitos de la investigación, decidieron participar libre y voluntariamente en el proceso y que los resultados reposarán en los archivos de la Universidad Autónoma de Manizales (ver anexo 2).

6.4.3 Consentimiento informado para manejo de la información

Este formato certifica que el investigador explicó a los acudientes los propósitos de la investigación, los beneficios para el proceso de aprendizaje y el manejo de la información obtenida (ver anexo 3). Asimismo, se garantizó que los estudiantes den asentimiento de querer participar del proceso, sin que esto afecte su rendimiento académico.

6.4.4 Permiso del rector

Este permiso certifica que el rector es conocedor de los objetivos y propósitos de la investigación, autorizando el ingreso al plantel educativo y la ejecución del proyecto en la institución educativa (ver anexo 4).

6.5 UNIDAD DE ANÁLISIS

La unidad de análisis correspondió al desarrollo de la habilidad argumentativa paralelo al aprendizaje de los agentes mutagénicos. No obstante, para un mejor ejercicio de análisis, se estudiaron en primer lugar como categorías independientes y, posteriormente se vinculó en el análisis. Para una mejor descripción de las categorías, se presenta a continuación la Tabla 4, la cual contiene cada categoría debidamente operacionalizada:

Tabla 4. Categorías y subcategorías de investigación

CATEGORÍAS	SUBCATEGORÍAS	SUB-SUBCATEGORÍAS	INDICADORES
Habilidad argumentativa	Estructura argumentativa	Niveles argumentativos (Tamayo <i>et al.</i> , 2016)	Nivel 1 Nivel 2 ^a Nivel 2b Nivel 3 ^a Nivel 3b Nivel 4 Nivel 5 Nivel 6 (Ver tabla 1)
	Funcionalidad de la argumentación	Niveles de calidad de los argumentos (Marín, 2018)	Nivel de calidad 1 (nC1) Nivel de calidad 2 (nC2) Nivel de calidad 3 (nC3) (Ver tabla 3)
Aprendizaje de los agentes	Modelos explicativos de los agentes	Modelo genético	- Creencias populares sobre genética y herencia

mutagénicos	mutagénicos	cotidiano (Caballero-Armenta, 2008; González, 2014)	genética. - La sangre es la responsable de las enfermedades entre padres e hijos. - La información genética está contenida en la sangre.
		Modelo mutaciones (Griffiths et al., 2002; Lewin, 2008; Solari, 2011)	- Los organismos sufren cambios o alteraciones hereditarios permanentes que ocurren en la secuencia de bases del ADN. - Las variaciones hereditarias ocasionan diversidad en el mundo biológico y contribuyen a la evolución biológica. - Las mutaciones pueden ocurrir de manera espontánea o ser inducidas por sustancias químicas. - Producción de errores en el proceso de transcripción o traducción, que puede generar efectos beneficiosos o dañinos.
		Modelo de agentes mutagénicos físicos (Murray <i>et al.</i> , 2004)	- Daños ocasionados por la frecuente exposición en el medio ambiente a la radiación del sol. - Mutaciones inducidas por la radiación ultravioleta, los rayos X y o los rayos γ . - Quemaduras solares que pueden desencadenar en cáncer de piel.

			- Se alteraran las bases del ADN ocasionando dímeros de timina.
		Modelo de agentes mutagénicos químicos (Cotran <i>et al.</i> , 2008; Herrera <i>et al.</i> , 1992)	- Mutaciones inducidas por sustancias químicas y dan ejemplo de dichas sustancias. - Contaminación ambiental por sustancias. - Las mutaciones pueden ocasionar procesos cancerígenos. - Se forman aductos químicos en el ADN.
		Modelo de agentes mutagénicos biológicos (Lewin, 2008; Murray <i>et al.</i> , 2004)	- Mutaciones inducidas por virus y da ejemplos de algunos virus. - Infección para tomar posesión de la maquinaria celular del huésped y producir errores celulares. - Las bacterias infectan el organismo y lesionan el ADN. - Los transposones se mueven en el ADN y ocasionan cambios.

Fuente: Elaboración propia

6.6 TÉCNICAS Y FUENTES DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Dado que en esta investigación interesó desarrollar la habilidad argumentativa paralelo al aprendizaje de los agentes mutagénicos, se consideró necesario y pertinente implementar instrumentos que permitieran recoger información de naturaleza oral y escrita por parte de los estudiantes. Es importante aclarar que tanto los instrumentos como la unidad didáctica fueron sometidos a proceso de validación de expertos y a pilotaje para realizar los ajustes pertinentes y con ello, dar mayor validez al trabajo realizado.

A continuación se describen aspectos centrales de cada uno de los instrumentos:

6.6.1 Instrumentos de lápiz y papel

en la aplicación de este instrumento, se tuvo en cuenta el diseño de preguntas abiertas basadas en casos cercanos al contexto de los estudiantes, donde ellos pudieron poner sus conocimientos y la argumentación para la resolución de problemas auténticos, lo cual, permitió que los estudiantes argumentaran y reflexionaran en relación con el fenómeno de estudio. Este instrumento permitió relacionar el aprendizaje de los agentes mutagénicos con el desarrollo de la argumentación durante los diferentes momentos de intervención (ver anexo 5).

6.6.2 Escenarios argumentativos

esta investigación se acogió a los encuentros de reflexión crítica o denominados para efectos de esta investigación como escenarios argumentativos planteados por Ruiz, Tamayo y Márquez (2015), porque estos escenarios promueven debates y discusiones que logran no sólo la construcción de comprensiones colectivas y más significativas para los estudiantes, sino también facilitan la construcción de sentido sobre los conceptos y con ello la aplicación consciente de estos a los contextos inmediatos de la vida. En estos escenarios se registró y recogió información en formato audio.

Es pertinente aclarar que estos escenarios argumentativos se basan en asuntos sociocientíficos que permiten promover el aprendizaje del tema propuesto, desarrollar la habilidad argumentativa y usar una problemática socialmente viva para que así, los estudiantes puedan usar sus conocimientos, discutir, plantear sus opiniones y expresar sus posturas de manera contextualizada en el espacio determinado.

6.7 UNIDAD DIDÁCTICA

Una vez implementado el instrumento inicial de recolección de la información y, caracterizadas las dificultades que tienen los estudiantes respecto a la argumentación y a los agentes mutagénicos, se aplicó una unidad didáctica basada en asuntos sociocientíficos.

La unidad didáctica estuvo estructurada de la siguiente manera.

-Momento de ubicación: En este momento se reconoció la problemática inicial entorno a las habilidades argumentativas de los estudiantes y sus modelos explicativos sobre los agentes mutagénicos. Se recolectó información para identificar los modelos explicativos en los que se encontraban los estudiantes, para establecer los niveles argumentativos en los cuales se encontraban y para determinar los obstáculos que tenían durante el proceso de aprendizaje.

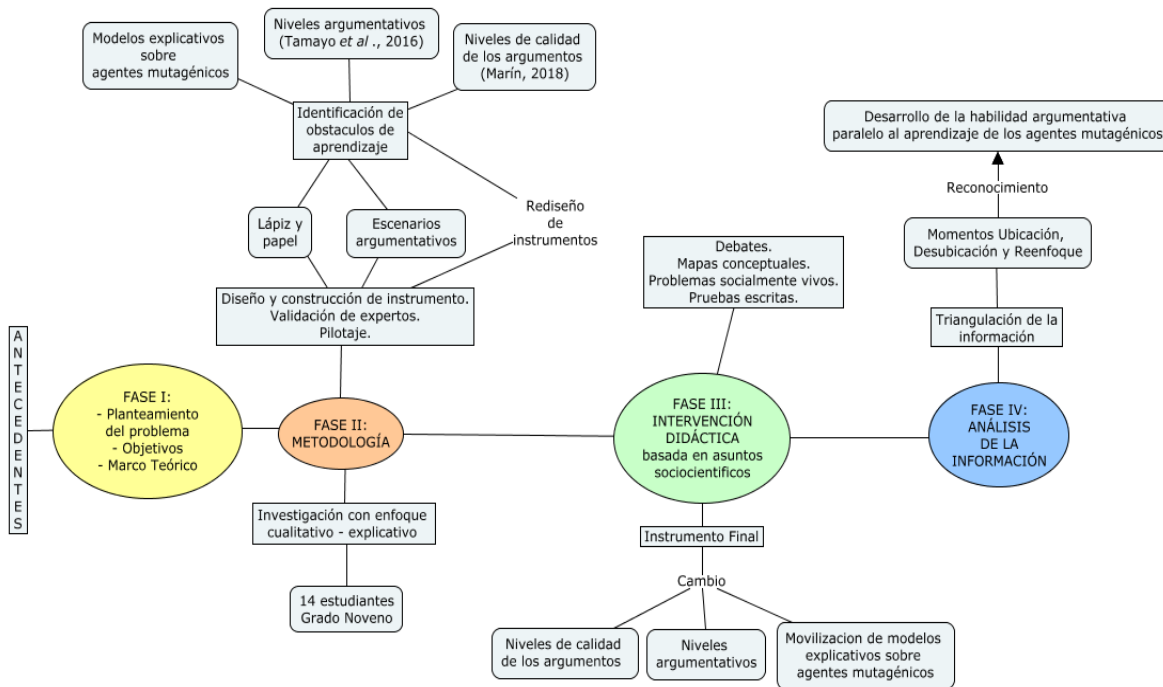
-Momento de desubicación: momento de intervención didáctica con la intención de generar una confrontación de los modelos explicativos iniciales de los estudiantes con el nuevo conocimiento, donde se diseñaron y aplicaron actividades que conllevaron a mejorar la habilidad argumentativa de estos mediante la incursión de espacios argumentativos basados en asuntos sociocientíficos, donde tuvieron la posibilidad de confrontar lo que ya sabían y lo que están aprendiendo, y a su vez, el desarrollo de actividades que tendían a favorecer la comprensión y aprendizaje de los agentes mutagénicos.

-Momento de reenfoque: en este momento mediante la aplicación de los instrumentos iniciales se determinó si hubo o no avances en la habilidad argumentativa así como en el aprendizaje de los agentes mutagénicos por lo que se estableció si hubo o no movilización o evolución de los modelos explicativos de los estudiantes.

6.8 DISEÑO METODOLÓGICO

La Figura 1 explica la lógica seguida para el desarrollo de la investigación:

Figura 1. Diseño metodológico de la investigación



Fuente: Elaboración propia

6.9 PLAN DE ANÁLISIS

Una vez recogida, transcrita y codificada la información, el proceso se realizó en tres partes, las cuales se describen a continuación:

6.9.1 Análisis de los modelos explicativos sobre agentes mutagénicos

Para este caso, se identificaron los marcadores discursivos empleados por los estudiantes en sus declaraciones escritas y orales, las cuales permitieron descifrar el significado de las expresiones de estos a la luz de la teoría. Posteriormente, estos indicadores facilitaron ubicar a los estudiantes en cada uno de los modelos explicativos sobre agentes mutagénicos teniendo en cuenta los indicadores propuestos.

6.9.2 Análisis de la habilidad argumentativa

en esta categoría, se empleó la técnica de análisis del contenido para las respuestas escritas de los estudiantes, en cuyo caso interesó explorar las respuestas a la luz de los indicadores propuestos por Tamayo et al., (2016) y los niveles de calidad sugeridos por Marín (2018).

En cada escenario se analizó el desarrollo de la habilidad argumentativa (función y estructura), así como el uso de los conceptos relacionados con los agentes mutagénicos, esto a partir de cada una de las intervenciones de los estudiantes.

6.9.3 Análisis del desarrollo de la habilidad argumentativa paralelo al aprendizaje de agentes mutagénicos

Las categorías que inicialmente se estudiaron de manera independiente, posteriormente se vincularon en el análisis para generar un estudio integrado y paralelo de la información obtenida. Para validar los análisis y las interpretaciones realizadas por el investigador, se hizo uso de la triangulación de datos, en la cual se focalizó la atención en contrastar la información obtenida antes, durante y después de la intervención didáctica. Asimismo, se empleó triangulación teórica, la cual exigió aprovechar los marcos conceptuales y los antecedentes empleados para validar y respaldar las interpretaciones previamente logradas por el investigador y así, dar mayor significado y validez a cada una de las categorías estudiadas.

7 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Una vez recogida y transcrita la información, esta fue sistematizada en matrices para el tratamiento de los datos. Tal como se mencionó en el apartado anterior, se empleó como técnica el análisis del contenido, en la que se identificaron los marcadores discursivos u oraciones nucleares, dadas por los estudiantes a la luz de los agentes mutagénicos, así como los elementos que constituyen un argumento. Para ello, se presenta a continuación la codificación empleada a lo largo de este apartado y que orientará la lectura de los análisis y la discusión:

- *Para la argumentación:* se empleó la codificación propuesta por Toulmin.

D: datos

C: conclusiones

J: justificaciones

Q: Cualificadores

RT: respaldo teórico

CA: contraargumento

- *Para los modelos explicativos:* se resaltaron con colores las expresiones de los estudiantes a la luz de los indicadores presentados en la tabla 4.

Gc: Modelo genético cotidiano

Mu: Modelo mutaciones

Fi: Modelo de agentes mutagénicos físicos

Qui: Modelo de agentes mutagénicos químicos

Bio: Modelo de agentes mutagénicos biológicos

A continuación se presentan los análisis de los 4 estudiantes seleccionados, a quienes para salvaguardar su identidad, se les denominó así:

Adenina = masculino

Timina = masculino

Citosina = masculino

Guanina = femenino

Para cada caso se presenta el análisis integrado tanto de la habilidad argumentativa como de los modelos explicativos; esto, con el fin de dar cuenta, no de categorías independientes,

sino de su desarrollo paralelo. Asimismo, el análisis presenta el desarrollo de cada caso, pasando por el antes, el durante y el después de la intervención.

En cada caso y, retomando la codificación presentada en líneas anteriores, se presentan los ejemplos de las respuestas, anteceditos de la letra P que hace referencia a la pregunta y acompañado del número de la misma. Las preguntas pueden verse en el anexo 5.

7.1 CASO ADENINA

En Adenina se encuentra la particularidad de transitar por el nivel 0 hasta el 4 de la estructura argumentativa, tal como se aprecia en las siguientes respuestas. Cabe aclarar, que antes de la respuesta presentada, se ubica el nivel en el cual se encuentra al estudiante (P8N0) y como se aprecia aparecen niveles emergentes que serán explicados más adelante:

P8.N0.Adenina: *La muerte de muchas células*

P4.N1.Adenina: *Por medio de errores en las células o exposiciones a sustancias en el medio ambiente (Radiación) (D).*

P3.N1a.Adenina: *Estoy de acuerdo ya que las mutaciones se dan gracias cambios (J) en el medio ambiente, contacto con sustancias o errores celulares (D).*

P10.N3a.Adenina: *Si, por que esos desechos serían consumidos por los animales que viven en el río (J) y estos serían consumidos por los humanos, y como consecuencia se estaría consumiendo peces contaminado (C).*

P5.N4.Adenina: *Es cierto ya que no todas las mutaciones son buenas (J), por lo general (Q) estas se dan para que la especie pueda garantizar su supervivencia (C).*

Como se aprecia en la pregunta 8, se ubica al estudiante en un nivel emergente que se ha denominado 0, dado que no se pudo categorizar dentro de la propuesta de Tamayo et al. (2016) porque es una respuesta ausente de descripción con relación a la pregunta. Para este caso, se presentó una situación relacionada con la exposición de una persona al sol y luego se le solicitó que explicara qué podría suceder más allá de una quemadura solar, a lo cual se evidencia que hay dificultades para realizar explicaciones relacionadas con el ADN. Con

relación a la calidad y dado que es una respuesta corta, intuitiva y sencilla, no se encuentran componentes estructurales del argumento, por lo cual no es posible ubicar un nivel de calidad.

Al respecto, Iñiguez (2013), señala que los estudiantes tienen dificultades en la estructura del material hereditario: genes, cromosomas y ADN, lo cual coincide con los resultados de esta investigación. Cabe aclarar, que estas estructuras son enseñadas desde el grado octavo, por lo que no son conceptos ajenos o nuevos para ellos; sin embargo, revisten mucha complejidad para los estudiantes.

Ahora bien, para este caso, se encuentra una tendencia mayor a ubicarse en N1 y N4. Es característico en N1 que solo se hace una descripción simple de la vivencia, lo cual es coherente con los niveles de calidad encontrados, dentro del cual emerge el nivel de calidad 0 (nC0), pues solo hay datos y no se pueden establecer relaciones entre diferentes componentes del argumento. A continuación un ejemplo:

P7.N1.nC0.Adenina: *Debido al daño que causan los rayos del sol en las células de la piel (D)*

Como se aprecia en esta repuesta, el estudiante solo alude a que la piel se enrojece por los rayos del sol, pero no justifica que sucede a nivel celular, mostrando aquí coherencia entre un bajo nivel de argumentación y calidad, al no arriesgarse a posibles explicaciones o justificaciones de lo sucedido, siendo descripciones centradas en la dimensión experiencial, o como lo plantea Riviere (1987), argumentos con carácter fenoménico sin explicaciones que nos den a entender acerca de su comprensión, limitando así los componentes de su respuesta y la calidad de los mismos.

Ahora bien, respecto a los modelos explicativos encontrados en Adenina, es posible inferir, de acuerdo al uso de colores mostrados en las respuestas, que hay una tendencia a varios modelos, por lo cual, se ubica en un modelo sintético o ecléctico, que según Jiménez-

Aleixandre (1991) hace referencia a la coexistencia de dos o más modelos en la mente de los sujetos.

Dentro de los modelos encontrados en Adenina, de acuerdo con los datos recolectados se pueden evidenciar expresiones recurrentes y con estas establecer relaciones que permiten identificar las siguientes categorías o modelos explicativos por los cuales se encuentra continuamente transitando: por el modelo biológico al afirmar “Por medio de *errores en las células...*”, el químico al plantear que “el contacto con *sustancias*” o “esos *desechos serían consumidos* por los animales”, el físico al indicar que “exposiciones a *sustancias en el medio ambiente (Radiación)*” y donde hace una clara alusión a un agente mutagénico físico y por el modelo mutaciones porque en su respuesta “Es cierto ya que *no todas las mutaciones son buenas*, por lo general estas se dan...” ya que aquí explica un proceso de origen mutacional; sin embargo, cabe aclarar que aunque describe ideas de estos modelos, las explicaciones son superficiales y no hay un uso constante de conceptos propios de estos modelos, reflejando así sus creencias sobre las situaciones planteadas y su dinámica mental inicial.

Durante el proceso de intervención didáctica, se desarrollaron tres escenarios argumentativos, sobre diversas cuestiones sociocientíficas, que fueron analizados con el propósito de describir cómo se va desarrollando la habilidad argumentativa. La participación de Adenina dentro de los escenarios argumentativos permitió identificar un compromiso en reflexionar sobre sus propias concepciones y una activa defensa de su posición con base a los conocimientos adquiridos previamente; además sus intervenciones fueron notoriamente más elaboradas en cuanto a la estructura y la calidad de sus argumentos.

En el escenario argumentativo 1, correspondiente a la sesión 5 de la intervención didáctica, Adenina realizó varias intervenciones, dentro de las cuales se destaca la siguiente por ser la mejor estructurada:

ADENINA: Pues yo creo (Q) dos cosas, la primera es que le causa algún daño en el estómago, ya que *esa sustancia entra en contacto con los tejidos* (J) o también puede causar una deshidratación debido a la diarrea, mmmmmm [tiempo corto mientras piensa] además también *podría pensar que el cuerpo seguramente* (Q) *se adapta genéticamente y empieza a reconocer ese componente*, creando como un cierto grado de inmunidad por lo tanto ya no va a surtir efecto, ya no va a tener ni náuseas ni nada de mucosidad al pasar el tiempo (C) y creo (Q) que un ejemplo puede ser con la comida picante, porque a las personas que casi no comen comida picante comen poquito y le empiezan a salir mocos, les empiezan a llorar los ojos, les pica la boca; pero en cambio alguien que lo consume de seguido cada vez va a estar necesitando mayor cantidad, un estímulo más fuerte para poder generar una reacción. Lo segundo es que esa sustancia puede llegar al **ADN** y tal vez (Q) *va a generar mutaciones*, porque empezaría a cambiar las *bases nitrogenadas del ADN* (J) dañando la estructura original del mismo (C), por ejemplo que haga un cambio A-T por A-G, lo que se considera como *una mutación*.

Según lo anterior, se puede evidenciar que Adenina durante el escenario argumentativo se encontró en un nivel 4 dentro de la propuesta de Tamayo et al., (2016) porque presentó una respuesta que comprende argumentos constituidos por datos, conclusiones, justificaciones y hace uso de cualificadores modales. En este escenario se le solicitó investigar los ingredientes de un determinado producto comercial, donde el manifestó mayor interés y curiosidad sobre el sulfito de amoníaco, y se le pidió que compartiera con los demás compañeros, sus conclusiones referente a los efectos de este ingrediente sobre la salud del ser humano, a lo cual en su respuesta el reflejó un mayor uso de componentes estructurales de los argumentos, que pueden dar a entender cierto grado de apropiación en los procesos referentes a la producción argumentativa, expresando datos y conclusiones que se encuentran justificados, así como se observa en la parte de la intervención “*tal vez (Q) va a generar mutaciones, porque empezaría a cambiar las bases nitrogenadas del ADN (J) dañando la estructura original del mismo (C)*” donde además hace uso de calificadores modales, lo cual hace que sus argumentos se clasifiquen en el nivel anteriormente dicho.

Respecto al nivel de calidad durante el escenario argumentativo, se ubica a Adenina en un nivel 2 (nC2) dado que se evidencia el intento por dar una explicación, donde las justificaciones y las conclusiones están relacionadas de tal manera que aportan para que las afirmaciones sean verdaderas o tengan una probabilidad de serlas con un buen grado de certeza; por ejemplo, donde Adenina alude a que se empezarían a cambiar las bases nitrogenadas del ADN, dañando la estructura original del mismo.

A cerca de los modelos explicativos encontrados durante el escenario argumentativo, se infiere que continua existiendo una tendencia al uso de varios modelos, por lo cual, se sigue ubicando a Adenina en un modelo sintético o ecléctico, en donde coexisten explicaciones tanto de un modelo genético cotidiano al usar expresiones relacionadas con creencias populares como “podría pensar que el cuerpo seguramente se adapta genéticamente”, modelo mutaciones al plantear un proceso que “*va a generar mutaciones, porque empezaría a cambiar...*” y de agentes mutagénicos químicos al afirmar “que esa sustancia entra en contacto con los tejidos ”. Aquí se reconoce que frente a ciertos fenómenos del mundo real relacionados con los agentes mutagénicos, el estudiante elabora explicaciones y representaciones cercanas a varios modelos sin hacer mayor uso de terminología que lo incline hacia un modelo o hacia el otro.

En la intervención final de la unidad didáctica, en Adenina se encontró que transita por los niveles 1a, 3a y 4 de la estructura argumentativa. Para mejor visualización de la movilización en los niveles, se sintetizaron los resultados en la Tabla 5, donde se muestra la tendencia de los niveles tanto a nivel estructural, a nivel de calidad y de sus correspondientes modelos explicativos del estudiante Adenina en el Instrumento inicial (Iin) y en el Instrumento Final (If):

Tabla 5. Comparación de los niveles argumentativos en concepciones iniciales y finales, y la cantidad de veces que se repiten en caso Adenina.

Categoría	Iin	If
Niveles estructurales	0 (3), 1 (4), 1a (1), 3a (1), 4 (4)	1a (4), 3a (4), 4 (5)
Niveles de calidad	N.A (3), nC0 (4), nC0a (2), nC0b (1), nC1 (3)	nC0a (4), nC1 (5), nC2 (4)
Modelos explicativos	Gc (2), M (1), Fi (2), Qui (2), Bio (2), E (2), N.A (2)	Gb (1), Mu (1), Fi (1), Qui (2), Bio (3), E (5)

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la anterior tabla, a nivel estructural el estudiante en sus argumentos finales produce una variación en la clasificación de sus respuestas, donde se observa que desaparecen los niveles 0 y 1, y conserva argumentos cuya estructura corresponde a los niveles 1a, 3a y 4.

A continuación algunos ejemplos de respuestas del If:

P4.N1a.Adenina: Se producen mediante errores porque estos no son reparados durante la copia del ADN (J), ocasionados cuando el ADN interactúa con sustancias químicas presentes en el ambiente. (D)

P6.N3a.Adenina: Sí, porque se está exponiendo durante un tiempo muy prolongado a los rayos UV (J) en ese proceso están muriendo y tal vez mutando células las cuales una vez mutadas puede desarrollar un cáncer de piel (C)

P8.N4.Adenina: Yo creo que sí (Q), porque miles o tal vez millones de células se estarían autodestruyendo a causa de los rayos del sol (J) para no mutar y causar una enfermedad como el cáncer (C).

En los argumentos que Adenina proporcionó al final de la UD, el estudiante involucra un lenguaje más cercano al científico, haciendo uso de conceptos propios del campo de la biología; lo que conlleva a que en la clasificación estructural de sus respuestas, desaparezcan los niveles inicialmente bajos (niveles 0 y 1) y por ende, aumente el número de respuestas en niveles de mayor complejidad estructural en los cuales transita con mayor predominancia, al construir argumentos que contienen conclusiones, justificaciones y cualificadores.

Como se puede observar en la respuesta 8, Adenina se encuentra finalmente en un nivel 4 según lo propuesto por Tamayo *et al.*, (2016) donde expresa que a raíz de una exposición prolongada al sol, las células se estarían viendo afectadas y hace el análisis que estas optan por un mecanismo de autoeliminación para así evitar que una mutación se fije en el ADN y esta desencadene una enfermedad como el cáncer; evidenciándose aquí una mejora a nivel estructural en los argumentos, pues pasó de respuestas simples a razonamientos de mayor complejidad, en donde articula los datos aprendidos y los asocia con conclusiones de forma más coherente, y haciendo uso del lenguaje más cercano al científico aprendido durante las intervenciones teóricas.

En este sentido, Corcoran, Mosher y Rogat, (2009) plantean que es conveniente concebir a la argumentación como una habilidad que al igual que un concepto científico tiene su propia progresión de aprendizaje, de esta manera la argumentación se convierte en una herramienta favorable para el desarrollo cognitivo del estudiante, estimulando y desarrollando la producción argumentativa articulada a un conocimiento científico, permitiéndole en este caso Adenina alcanzar niveles estructurales superiores.

Por otra parte, referente a la calidad de los argumentos finales para este caso, se encuentra una tendencia mayor a ubicarse en niveles nC1 y nC2, lo que concuerda con los niveles estructurales alcanzados, por ejemplo:

P5.N4.nC2.Adenina: *Estoy de acuerdo ya que las mutaciones favorecen la evolución (J) y a pesar de que frecuentemente (Q) no trae efectos positivos, es necesaria para que las especies puedan adaptarse y sobrevivir o en el caso contrario morir (C)*

Aquí se puede evidenciar la relación y coherencia existente entre los elementos del argumento, de modo que si las justificaciones sobre los procesos evolutivos son ciertos, la conclusión sobre adaptación y sobrevivencia tiene un buen grado de certeza y por ende, cumple con los criterios funcionales para categorizarse en un nivel de calidad alto (nC2).

Ahora bien, en lo que concierne a los modelos explicativos, de acuerdo al uso de colores mostrados en las respuestas, se infiere que continúa la coexistencia de varios modelos, por lo cual Adenina a lo largo de toda la UD me mantuvo en un modelo sintético o ecléctico transitando por los modelos mutaciones con expresiones como “...errores porque estos no son reparados durante la copia del ADN”, modelo físico al indicar en su respuesta “... a causa de los rayos del sol” donde hace clara alusión a un agente mutagénico físico, y modelo químico al indicar que “el ADN interactúa con sustancias químicas...”. En este sentido Sanmartí, Izquierdo y Garcia (1999), plantean que establecer relaciones entre informaciones aparentemente dispares y, muy especialmente, a comunicar nuestras ideas e interpretar las expresadas por los demás depende de un léxico específico el cual no resulta difícil si se conoce su significado, pero cuando las personas han de utilizar el lenguaje para comunicar algo, se enfrentan al reto de hacerlo de manera coherente, y ello les obliga a revisar y ajustar tanto las ideas como las mismas formas de expresarlas; no obstante para este caso las ideas no se centran o se ajustan en un solo modelo o con mayor afinidad hacia alguno, si no hacia el uso de múltiples modelos para formular sus explicaciones.

7.2 CASO TIMINA

En Timina inicialmente se encuentra un tránsito en los niveles 0, 1a, y 3a de la estructura argumentativa propuesta por Tamayo *et al.*, (2016), así como se puede evidenciar en las siguientes respuestas:

P7.N0.Timina: *Sobreexposición al sol*

P8.N1a.Timina: *Estoy de acuerdo, ya que estas alteraciones o cambios se evidencian más cuando cambia el orden de la secuencia del ADN del individuo (J), se desorganiza y algo similar ocurre con las células. (D)*

P5.N3a.Timina: *Pues, nunca he oído casos en donde una mutación sea ventajosa, aparte de en películas (D). Lo más ventajoso que he visto por parte de una mutación es darle 5 patas a un perro (J), pero cuando el perro creció tuvo problemas para caminar (C)*

A Timina se le ubica en dos niveles emergentes que se han denominado 0 y 1a, dado que en el primer nivel se presentan respuestas ausentes de descripción con relación a la pregunta y en el segundo (N1a) se identifican datos más justificación, sin conclusiones ni demás componentes estructurales. En la pregunta 7 se le cuestiona al estudiante ¿Por qué crees que la piel del campesino se enrojeció? posterior a plantearle una situación relacionada con la exposición de una persona a los rayos solares, a lo cual el estudiante otorga una respuesta en la cual no va más allá de una situación, sin describirla o dar explicación de sus posibles efectos a nivel genético. Adicionalmente la pregunta 7 al ser una respuesta corta y sencilla, con relación a la calidad del argumento, no se encuentra componentes estructurales que permitan ubicarlo en un nivel de calidad. Para la pregunta 8, ante la misma situación de exposición solar el estudiante aporta datos en su argumento y los justifica al hablar de la muerte celular, pero se evidencia una dificultad al no generar una conclusión con la información que poseía.

En este sentido, los resultados coinciden con lo expuesto por Íñiguez & Puigcerver, (2013) y Lewis et al., (2000a) para quienes en la genética los estudiantes presentan aspectos confusos en algunas de las principales concepciones como la no relación entre organismo, célula, núcleo, cromosoma, gen y ADN, en este caso específico la no relación entre un agente mutagénico físico como lo es el sol, un organismo y las consecuencias a nivel celular y genético.

Así mismo, se encuentra que 6 de 13 respuestas se ubicaron en el nivel estructural 1a en donde el estudiante describe datos simples y los justifica, lo cual es coherente con los

niveles de calidad evidenciados, dentro del cual emerge el nivel de calidad nC0a en las mismas seis respuestas, pues de nuevo, se caracteriza porque solo hay datos y una justificación. A continuación un ejemplo:

P1.N1a.nC0a.Timina: *Porque poseemos la estructura del ADN tanto del padre como de la madre, (J) y el ADN de ambos es además fundamental para la formación de un individuo, y este ADN se encuentra situado tanto en las células como en los cromosomas, que son los encargados de asignar nuestro sexo(D)*

Analizando esta respuesta, el estudiante al referirse a la molécula de ADN justifica porque nos parecemos a nuestros padres, y adicionalmente en su argumento se encarga de brindar información (datos) pero no se arriesga a plantear una explicación clara y concisa de como sucede este proceso desde los organismos progenitores a la descendencia, mostrando aquí una gran congruencia entre un bajo nivel de argumentación y el bajo nivel calidad, y así como lo plantean López & Jiménez-Aleixandre, (2007), quienes manifiestan que existen relaciones entre la competencia argumentativa y el desarrollo cognitivo que favorece la calidad de los razonamientos, así que en donde los alumnos que muestran más capacidad de argumentación tienen mejor desempeño cognitivo, tanto en el uso del conocimiento de la genética, como en la calidad de la argumentación, y por ende, en este caso, bajos niveles estructurales de los argumentos conducen a bajos niveles de calidad argumentativa.

Por otro lado, al hablar de los modelos explicativos encontrados en Timina, se evidencia una tendencia a varios modelos los cuales se pueden observar de acuerdo al uso de colores mostrados en las respuestas, ubicando inicialmente a Timina en un modelo ecléctico, en donde transita por el modelo cotidiano haciendo uso de expresiones populares sobre genética como “Lo más ventajoso que he visto por parte de una mutación es darle 5 patas a un perro”, lo básico expresando conceptos claros de genética como “este ADN se encuentra situado tanto en las células como en los cromosomas”, el modelo físico al hablar de “Sobreexposición al sol”, y el modelo biológico donde dice que “...similar ocurre con las células” haciendo referencia a un proceso biológico celular; sin embargo, en el uso del

lenguaje describe ideas superficiales de estos modelos basadas más en las vivencias que en una construcción científica de los conceptos, sin marcar una tendencia marcada hacia algún modelo en específico.

En el marco de los escenarios argumentativos durante la intervención didáctica, la participación de Timina permitió evidenciar la continua defensa de sus puntos de vista haciendo uso de modelos y teorías para explicar los fenómenos de la realidad social que se le presentaban, en donde su práctica discursiva articulaba componentes tanto de la estructura como de la calidad de la argumentación.

En el escenario argumentativo 2, correspondiente a la sesión 6 de la intervención didáctica, Timina realizó varias intervenciones, dentro de las cuales se destaca la siguiente por ser la mejor estructurada:

TIMINA: *En el rio de aquí (Rio Palo) la situación está como el lago de los Simpson, esta negro por la continua contaminación del agua con basuras, colchones, animales muertos, llantas (J) y si usted se mete ahí tal vez (Q) muerde y se le deshaga la mitad del cuerpo (C) (Se ríe, tono jocoso). En este rio hay gente todos los días botando basura, lo que a la larga se convierte en una gran contaminación química para todo el pueblo (C). Quizá (Q) la gente debería reflexionar y tener claras sus acciones, pero son como Homero que se saltó todas las señales para no cruzar y arrojó los desechos al lago y aunque fue un poco exagerado de que dejo el lago negro, si hace alusión a la contaminación por un químico y a la indiferencia por el medio ambiente (C).*

Se encuentra aquí que Timina durante el escenario argumentativo se ubica en el nivel 4 dentro de la propuesta estructural de Tamayo *et al.*, (2016) dado que en el análisis de su respuesta hay procesos argumentativos con los siguientes elementos: datos, conclusiones, justificaciones y cualificadores modales. En este escenario argumentativo se le presentó un video donde se relaciona la contaminación de un lago con un agente mutagénico químico y se le solicitó describir si conocía otro caso de contaminación similar y si eso ha tenido algún efecto sobre los seres vivos, donde Timina manifestó con una realidad

contextualizada a su entorno inmediato que las personas de su región si contaminan el río anteriormente nombrado a tal punto de usar una figura hiperbólica (*...si usted se mete ahí tal vez (Q) mute y se le deshaga la mitad del cuerpo (C)...*), generando un mayor efecto a su situación que a su vez le ayuda a ratificar el nivel de contaminación que él ha observado, reflejando en su respuesta cierto nivel de apropiación en los procesos argumentativos, y donde hace uso de calificadores modales, lo cual conlleva a que se clasifique en el nivel ya nombrado. Se rescata además que como parte de su intervención genera una crítica hacia el accionar de las personas lo que produce una indiferencia por el medio ambiente en el cual vivimos y del cual obtenemos recursos para nuestra supervivencia.

Referente al nivel de calidad durante el escenario argumentativo, se ubica a Timina en un nivel 2 (nC2) dado que las justificaciones y las conclusiones están relacionadas de tal manera que aportan para que las afirmaciones sean verdaderas o tengan una probabilidad de serlas con un buen grado de certeza, como por ejemplo donde Timina responde que arrojar basuras al agua ocasiona la contaminación química de este recurso hídrico, habiendo aquí una buena coherencia entre estos elementos estructurales que conllevan a un buen grado de calidad, lo que concuerda con Joannon & Ihnen, (2015) quienes plantean que una argumentación de calidad es aquella que, además de cumplir con determinados estándares lógicos, es también efectiva para determinar la aceptabilidad de las premisas de un argumento.

Ahora bien, se encuentra que durante el escenario argumentativo Timina hace uso exclusivo del modelo explicativo agentes mutagénicos químicos, dado que en su respuesta hay un uso del lenguaje propio de este modelo en expresiones como “en este río hay gente todos los días botando basura, lo que a la larga se convierte en una gran contaminación química para todo el pueblo”, lo que le permite razonar y construir sus argumentos de forma funcional adecuando sus representaciones mentales a la explicación causal del fenómeno que se le ha presentado.

En la intervención final de la unidad didáctica, en Timina se encuentra que ahora transita por los niveles 3a, 3b hasta el 4 de la estructura argumentativa. Para mejor visualización de la movilización en los niveles, se sintetizaron los resultados en la Tabla 6, donde se muestra la tendencia de los niveles estructural y de calidad, así como los correspondientes modelos explicativos del estudiante Timina en el Instrumento inicial (Iin) y en el Instrumento Final (If):

Tabla 6. Comparación de los niveles argumentativos en concepciones iniciales y finales, y la cantidad de veces que se repiten en el caso Timina.

Categoría	Iin	If
Niveles estructurales	0 (1), 1a (6), 3a (6)	3a (9), 3b (1), 4 (3)
Niveles de calidad	nC0a (6), nC1 (4), nC2 (1), nC3 (1)	nC0a (1), nC1 (5), nC2 (6), nC3 (1)
Modelos explicativos	Gb (1), Gc (4), Fi (3), Qui (1), Bio (1), E (3)	Gb (3), Mu (2), Fi (1), Qui (2), Bio (3), E (3)

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la anterior tabla, a nivel estructural el estudiante en sus argumentos finales produce una variación en la clasificación de sus respuestas, donde se observa que desaparecen los niveles 0 y 1a, conserva argumentos cuya estructura corresponde al nivel 3a; y eleva algunas de sus concepciones finales hasta niveles 3b y 4.

A continuación algunos ejemplos de respuestas del If:

P6.N3a.Timina: *Si tiene un efecto negativo, ya que lo que sucedió con el campesino entra en el tema de las mutaciones ocasionadas por la exposición a los rayos UV al interactuar*

con el ADN (J) y estas no son para nada beneficiosas, llegando a producir enfermedades como el **cáncer** (C)

P7.N3b.Timina: Al estar expuesto por un prolongado tiempo a los **rayos UV del sol**, a diario (J) y sin ningún tipo de protección (J) , estos rayos penetran directamente hacia las células del campesino, lo cual en los mejores casos puede terminar solo con una quemadura (C), pero hay la posibilidad que los **rayos UV** hayan causado un cambio en la estructura del ADN de las **células de la piel** del campesino (C), haciendo que estas células se reproduzcan con una información errónea y esto puede terminar en un cáncer de piel (C)

P13.N4.Timina: Porque es **un virus** que mantiene cambiando constantemente de un día para otro (J), por lo cual es complicado hacer **una vacuna con un virus** que cambia sus características cada día (C). Por ejemplo, en una cadena T-A, un día este **virus** tenía un cambio en la transcripción el cual era G-A, el otro día será G-T, y continuamente cambiará el emparejamiento normal de Timina con Adenina que usted nos enseñó (RT).

Observando la pregunta 13, Timina alcanza finalmente un nivel 4 según lo propuesto por Tamayo *et al.*, (2016) dado que se evidencia buenos argumentos, planteados con una estructura clara y coherente con la pregunta propuesta, expresando datos y conclusiones del fenómeno estudiado y esto se encuentra justificado con un respaldo teórico, elemento clave que permite realizar esta clasificación. De manera general Timina hace mejor uso de los componentes estructurales de la argumentación y articula el conocimiento adquirido para darle mayor validez a su intervención.

Bajo esta perspectiva, Smith *et al.*, (2006) definen que en niveles de mayor sofisticación en el pensamiento, se podría esperar que los estudiantes demuestren mayor dominio sobre la materia que aprenden en la escuela, y de esta forma, elaboren respuestas de complejidad más alta, lo que coincide con el alcance estructural que logró Timina al final de la intervención didáctica.

Por otro lado, referente a la calidad de los argumentos finales para Timina, se encuentran los mismos niveles de calidad que en Iin, pero en el If aumenta la tendencia de respuestas a un nivel nC2, y se mantiene el nivel nC3, lo que es coherente con los niveles estructurales alcanzados, por ejemplo:

P6.N3a.nC3.Timina: *Si tiene un efecto negativo, ya que lo que sucedió con el campesino entra en el tema de las mutaciones ocasionadas por la exposición a los rayos UV al interactuar con el ADN (J) y estas no son para nada beneficiosas, llegando a producir enfermedades como el cáncer (C)*

Se evidencia en esta respuesta que el estudiante relaciona muy bien las justificaciones y las conclusiones, de tal manera que si la primera es cierta, la segunda tiene un alto grado de certeza, además hace un uso correcto del lenguaje científico escolar, así como lo plantea Marín, (2018), y con esto demuestra una comprensión profunda del fenómeno estudiado, lo que le permite expresarse con autoridad y obtener así, un alto nivel de calidad en sus argumentos.

Finalmente siguiendo el uso de colores mostrados en las respuestas, se interpreta que en lo relacionado a los modelos explicativos la coexistencia de varios modelos sigue persistiendo, por ende Timina se sostiene en un modelo sintético o ecléctico compuesto por modelos de agentes mutagénicos químicos al plantear procesos cancerígenos en sus respuestas como “...llegando a producir enfermedades como el cáncer”, físicos al hablar claramente de “mutaciones ocasionadas por la exposición a los rayos UV” donde hay un evidente agente físico y modelo biológico al expresar por ejemplo que “...hacer una vacuna con un virus” donde incluye un organismo inductor de mutaciones biológicas. En este sentido Tamayo, (2009) reconoce que los alumnos emplean distintos modelos explicativos para responder a las diversas situaciones que se les presentan, es decir, en su estructura cognitiva coexisten diferentes modelos, lo que concuerda con la integración de múltiples modelos realizada por Timina en sus argumentos, lo cual le permite realizar explicaciones más coherentes y con mayor consistencia.

7.3 CASO CITOSINA

Citosina se encuentra inicialmente en un tránsito desde el N1a, pasando por los niveles 2a, 3a, 3b hasta el N4 de la estructura argumentativa de Tamayo *et al.*, (2016), a continuación algunas de sus respuestas:

P4.N1a.Citosina: Las **mutaciones se generan cuando el ADN cambia o se daña** (D) ya sea por un problema muy crónico en la adultez o niñez o cuando te conviertes en un cigoto y no hay la **cantidad correcta de cromosomas** (J).

P8.N2a.Citosina: La **piel del campesino** tendrá que reponer células muertas de la primera y segunda capa de la piel (D), es posible que se arrugue (C), que le quede cicatriz (C) y posiblemente si el daño es constante puede que le dé **cáncer** de piel al campesino (C).

P3.N3a.Citosina: Estoy de acuerdo con la expresión, ya que una mutación consta de como la **información genética** se ve afectada por factores opuestos (J) y termina desembocando en síndromes y **enfermedades**. (C)

P10.N3b.Citosina: Esta medida afectaría a los organismos del río ya que su ecosistema se vuelve inhabitable (J) gracias a la **intoxicación de los desechos y desperdicios** (C) además esto también repercutiera en las personas que usan el agua del río como recurso ya que esta está **contaminada** (J)

P13.N4.Citosina: Seguramente (Q) el **virus VIH** es capaz de adaptarse al entorno y **resistir a tratamientos químicos** (J) y volverse aún más inmune. (C).

Como se puede observar en la pregunta 4, se ubica a Citosina en un nivel emergente que se ha denominado 1a, porque es una respuesta que contiene datos y justificación pero no contempla conclusiones por lo no se pudo categorizar dentro de la propuesta de Tamayo *et al.*, (2016). Aquí se le preguntó al estudiante como creía que ocurrían las mutaciones, a lo que el responde con dificultades para generar una idea coherente y realizar explicaciones profundas relacionadas con el cómo se produce el daño en el ADN. Se resalta también que 6 de sus respuestas se encontraron en N3a conteniendo argumentos constituidos por datos, conclusiones y una justificación, elaborando desde un inicio algunas respuestas sólidas desde un campo conceptual que le permite argumentar y dar explicaciones.

En este sentido Zohar & Nemet, (2002) definen un argumento según su estructura y contenido como débil cuando las justificaciones individuales no son relevantes, y como fuerte cuando tiene varias justificaciones que soportan una conclusión incorporando conceptos científicos y hechos relevantes y específicos, lo que es similar a lo encontrado en Citosina quien en el momento inicial presenta niveles bajos (N1a) dado sus justificaciones débiles y niveles más altos o fuertes (N3a) por sus argumentos fuertes, coherentes y bien estructurados.

Ahora bien, respecto a la calidad de los argumentos iniciales se evidencian respuestas que no cumplen con los criterios de Marín (2018), por lo tanto surgen los niveles de calidad emergentes nC0a y nC0b, caracterizados por contener datos y justificación o datos y conclusión respectivamente, lo que hace imposible establecer cualquier tipo de relación o grado de certeza entre las justificaciones y las conclusiones al no estar juntas dentro de la misma respuesta, además esto es coherente con N1a que se encontró a nivel estructural. A continuación un ejemplo:

P2.N1a.nC0a.Citosina: *La herencia genética es el ADN heredado de un padre y una madre a un feto (D), este sirve para otorgarle características físicas y de salud (con un buen sistema inmune y demás) (J).*

Como se puede apreciar, ante la pregunta ¿Qué es la herencia genética y para que crees que sirve? el estudiante de manera superficial plantea su respuesta sin entrar en detalles ni usar los datos que está otorgando para generar una conclusión que le permita darle validez a su justificación, lo que nuevamente coincide con el bajo uso de elementos estructurales que conllevan a una respuesta de baja calidad, donde Timina no se arriesgó a desarrollar mejor su argumento. Según Sandoval & Millwood, (2007) la calidad de los argumentos elaborados por los estudiantes se mide por la calidad conceptual, la cual incluye la pertinencia de las conclusiones causales dentro de un marco teórico específico y la justificación de esas conclusiones con el uso de los datos disponibles, por lo tanto se valida, que la ausencia en este caso de conclusión conlleva al bajo nivel de calidad obtenido.

Respecto a los modelos explicativos encontrados en Citosina, se evidencia de acuerdo al uso de colores en las respuestas, que hay una tendencia a varios modelos, por lo cual, se ubica en un modelo sintético o ecléctico, hallando expresiones recurrentes que transitan por lo cotidiano como por ejemplo “La herencia genética es el ADN heredado de un padre y una madre a un feto”, lo químico al indicar que “la intoxicación de los desechos y desperdicios...” donde alude a agentes mutagénicos de origen químico y lo físico al hablar con certeza de “La piel del campesino tendrá que reponer células” la cual será el órgano que sufrirá las mutaciones físicas; sin embargo, sus explicaciones son superficiales y no hay ninguna tendencia hacia algún modelo en específico respondiendo a las diversas situaciones que se le presentan con una coexistencia de diferentes modelos explicativos.

En este sentido Orrego *et al.*, (2016) destacan que los modelos permiten integrar información suministrada por los sentidos, con la información del conocimiento en general y que a su vez, la construcción de dichos modelos está limitada por los conocimientos técnicos científicos de la persona, por sus experiencias previas y por aspectos motivacionales, lo que pudo haber influenciado la percepción de Citosina en las situaciones presentadas y en el razonamiento de su discurso.

En sesión 5 de la intervención didáctica, en el escenario argumentativo 1, Citosina realizó varias intervenciones, dentro de las cuales se destaca la siguiente por ser la mejor estructurada:

CITOSINA: Yo creo (Q) que lo haría con un producto que tenga la sospecha que **contiene algún químico** malo, (mmmm silencio corto mientras piensa) por ejemplo esos Cheetos que sé que tiene **tartrazina que sé por múltiples estudios y noticias que es cancerígena** (RT), **y esa sustancia probablemente** (Q) ocasiona una mutación (J), esa mutación daña una célula, esa célula se reproduce por mitosis, 2, 4, 8, 16, 32, 64 y así hasta el punto en que produce millones de células dañadas (C) y la acumulación de células dañadas produce cáncer, entonces para evitar eso **me informaría sobre los ingredientes y demás elementos químicos que contiene.**

Se puede evidenciar que Citosina durante el escenario argumentativo se encontró en un nivel 4 dentro de la propuesta estructural de Tamayo *et al.*, (2016) porque presentó una respuesta que comprende argumentos constituidos por datos, conclusiones, justificaciones, hace uso de cualificadores modales y complementa además utilizando un respaldo teórico en su argumento que apoya y le da más fuerza a su respuesta. En este escenario, el estudiante investigo los ingredientes de un producto alimenticio y se le cuestionó si él continuaría incluyendo esta actividad de búsqueda en su vida diaria a lo que él responde con un ejemplo muy cercano a su vida cotidiana, con un paquete de *Cheetos*, y conoce previamente uno de los elementos químicos potencialmente cancerígenos que contiene este paquete, expresando con apropiación y seguridad el proceso a nivel biológico que ocurre al entrar este agente mutagénico en contacto con las células, por lo cual en su respuesta se refleja alto dominio del tema y un mayor uso de componentes estructurales de los argumentos, que permiten inferir una buena generación de argumentos por su parte, y donde claramente se rescata el uso de cualificadores modales y respaldo teórico al mismo tiempo, lo cual hace que sus argumentos se clasifiquen en el nivel 4.

Referente al nivel de calidad, se ubica a Citosina durante el escenario argumentativo en un nivel 3 (nC3) porque las justificaciones y las conclusiones están relacionadas de tal manera que si las justificaciones son ciertas, la conclusión tiene un alto grado de certeza, además se refieren a un modelo explicativo aprendido y hace uso de un lenguaje científico, evidenciando lo anterior cuando Citosina habla de mutaciones y la relaciona con el proceso de mitosis, donde se van a originar nuevas células mutadas.

A cerca del modelo explicativo, siguiendo el uso de colores mostrados en las respuestas durante el escenario argumentativo, se infiere que hace uso dominante del modelo de agentes mutagénicos químicos usando recurrentemente expresiones como “contiene algún químico malo” o “me informaría sobre los ingredientes y demás elementos químicos que contiene”, en donde sus explicaciones usan un lenguaje acorde a este modelo, el cual le permite razonar y representar el conocimiento en sus argumentos adecuándose a la situación presentada.

Por otro lado, en la intervención final, Citosina transitó por los niveles 3a, 3b, 4, alcanzando también el N5 de la estructura argumentativa. Para mejor visualización de la movilización en los niveles, se sintetizaron los resultados en la Tabla 7, donde se muestra la tendencia de los niveles tanto a nivel estructural, a nivel de calidad y de sus correspondientes modelos explicativos del estudiante Citocina en el Instrumento inicial (Iin) y en el Instrumento Final (If):

Tabla 7. Comparación de los niveles argumentativos en concepciones iniciales y finales, y la cantidad de veces que se repiten en caso Citosina.

Categoría	Iin	If
Niveles estructurales	1a (2), 2a (1), 3a (6) 3b (3), 4 (1)	3a (4), 3b (5), 4 (3), 5 (1)
Niveles de calidad	nC0a (2), nC0b (1), nC1 (6), nC2 (4)	nC1 (4), nC2 (7), nC3 (2)
Modelos explicativos	Gc (2), Fi (1), Qui (2), E (8)	Gb (2), Mu (1), Fi (1), Qui (2), Bio (3), E (4)

Fuente: Elaboración propia

Observando la tabla anterior, Citosina a nivel estructural tuvo una variación en la clasificación de sus respuestas, donde se evidencia que desaparecen los niveles 1a y 2a, conserva argumentos cuya estructura corresponde al nivel 3a; y eleva algunas de sus respuestas finales hasta niveles 3b, 4 y 5.

A continuación algunos ejemplos de respuestas del If:

P2.N3a.Citosina: La **herencia genética** es la capacidad de transmitir nuestros **genes** (características físicas y biológicas) a nuestros hijos. (D) Esta sirve para darle al nuevo individuo ciertas características que le permiten prevenir o ser inmune a posibles

enfermedades que nosotros ya sufrimos (J). En conclusión mediante la **herencia genética** fluye toda la información genética entre las generaciones. (C)

P6.N3b.Citosina: Si, ya que al estar expuesto a los **rayos UV que trasmite el sol**, interactúan con nuestro ADN en nuestro cuerpo (J) y provoca irritación, quemaduras que de por sí ya es malo, o pudiendo **ocasionar hasta cáncer** (C). Esto se debe a que estos rayos corresponden a un agente mutagénico físico capaz de ingresar al ADN y modificarlo produciendo **mutaciones malignas**. (J)

P3.N4.Citosina: Estoy de acuerdo con la expresión, ya que para generarse **una mutación** debe haber una equivocación o una alteración en la producción de ADN. (J) Por ejemplo: si estamos en contacto con elementos o **compuestos radioactivos**, con demasiada frecuencia (Q) nuestros **genes** cambiaran a modos erróneos provocando así **cáncer** o malformaciones en el organismo. (C)

P4.N5.Citosina: **Las mutaciones se generan porque la secuencia de ADN se copia de forma errónea** (J) por lo tanto hay un mal emparejamiento de los nucleótidos de la cadena original (C) **pero para que no haya una mutación se debe cumplir con el emparejamiento que dicen los libros:** (CA) Guanina-Citocina (y viceversa) y Timina-Adenina (y viceversa).

Enfatizando en la pregunta 4, Citosina alcanzó finalmente un nivel estructural 5 según lo propuesto por Tamayo *et al.*, (2016) dado que muestra un argumento con una conclusión y hace uso de un elemento que lo lleva a tal clasificación, un contraargumento; además integra conocimientos claros y científicos que contribuyen al razonamiento y estructuración de su respuesta, de ahí que investigaciones como la de Buitrago, Mejía y Hernandez, (2013) planteen que aprender a argumentar es a la vez un proceso de aprender a pensar y de discusión para aprender, siendo este un proceso de constante evolución, que a su vez permite el desarrollo de la argumentación como habilidad facilitando alcanzar niveles superiores de argumentación, coherente con lo encontrado en este estudio.

Por otra parte, referente a la calidad de los argumentos finales, se encuentra una marcada tendencia a ubicarse en el nivel nC2 y alcanzó además un nivel superior nC3 en algunas de sus respuestas, lo que concuerda con los niveles estructurales alcanzados, por ejemplo:

P6.N3b.nC3.Citosina: *Si, ya que al estar expuesto a los rayos UV que trasmite el sol, interactúan con nuestro ADN en nuestro cuerpo (J) y provoca irritación, quemaduras que de por sí ya es malo, o pudiendo ocasionar hasta cáncer (C). Esto se debe a que estos rayos corresponden a un agente mutagénico físico capaz de ingresar al ADN y modificarlo produciendo mutaciones malignas. (J)*

En la anterior respuesta se puede evidenciar la fuerte relación entre los elementos estructurales de la argumentación que conllevan a obtener un alto nivel de calidad, en este caso la justificación sobre las interacciones de los rayos UV con el ADN al ser cierta, la conclusión sobre la generación de un cáncer obtiene un alto grado de certeza, por otro lado hace un uso relevante y apropiado del lenguaje científico escolar, y por ende, cumple con los criterios funcionales para categorizarse en el nivel de calidad nC3.

En lo que concierne a los modelos explicativos, de acuerdo al uso de colores mostrados en las respuestas, se evidencia que continúa la coexistencia de varios modelos, por lo cual Citosina se mantuvo en un modelo sintético o ecléctico, donde transita por los modelos cotidiano al expresar su creencia de que “La herencia genética es la capacidad de transmitir nuestros genes”, modelo mutaciones al hablar con propiedad que “para generarse una mutación debe haber una equivocación...”, modelo físico al hacer evidente el principal agente mutagénico físico en “al estar expuesto a los rayos UV que trasmite el sol” y químico con expresiones como “elementos o compuestos radioactivos”.

Desde la perspectiva de Tamayo Alzate, (2009) los alumnos que emplean modelos realizan explicaciones coherentes y, con mayor consistencia interna y, la generación de contextos situacionales diferentes, le exige a los estudiantes reconocer gran variedad de modelos que correspondan con una o más situaciones, lo que coincide con la integración y empleo de modelos realizada por Citosina en las diferentes situaciones que se le presentaron.

7.4 CASO GUANINA

En Guanina inicialmente se encuentra un tránsito en los niveles 1a, 2a y 3a de la estructura argumentativa de Tamayo *et al.*, (2016), así como se puede observar en las siguientes respuestas:

P1.N1a.Guanina: *Nos parecemos a nuestros padres porque en **nuestro ADN** portarnos el **gen hereditario** (J) **que contiene información de nuestros progenitores.** (D)*

P2.N2a.Guanina: ***La herencia genética son los genes o material genético que nos transmiten o que nos dan nuestros progenitores** (D) y nos sirve para saber si ese ser vivo es descendiente o no de sus progenitores (C)*

P6.N3a.Guanina: *Si, tiene un efecto negativo porque se está exponiendo diariamente a los **rayos UV** y sin ninguna protección (J), en cualquier momento puede tener una **mutación en su ADN** (D) y un ejemplo sería que como consecuencia le salgan manchas en la piel.(C)*

Enfocando la pregunta 1, se ubica a Guanina en un nivel 1a el cual es un nivel emergente, porque es una respuesta que contiene datos y justificación pero no contempla conclusiones, por lo cual no fue posible categorizarla dentro de la propuesta de Tamayo *et al.*, (2016). En esta pregunta se le cuestionó al estudiante sobre por qué nos parecemos a nuestros padres, en donde se evidencia que él a pesar de poseer ciertos conocimientos tiene obstáculos o dificultades para la estructuración de su respuesta de una manera coherente por lo cual tampoco vincula otros elementos de la argumentación que le hubiesen permitido alcanzar un nivel superior.

Para Tamayo *et al.*, (2016) las respuestas de los estudiantes que se ubican en el nivel 1, representan en el mejor de los casos, la situación presentada, en donde más que lograr comprensiones cabales de los diferentes fenómenos presentados, los estudiantes describen las actividades fenomenológicamente, corroborando así obstáculos frente a la capacidad de comprender, reflexionar y explorar sus habilidades argumentativas.

En función de la calidad de los argumentos iniciales, se evidencian respuestas caracterizadas por contener datos y justificación o datos y conclusión, lo que no cumple con

los criterios de funcionalidad de Marín, (2018), haciendo imposible establecer cualquier grado de certeza entre las justificaciones y las conclusiones al no estar juntas dentro de la misma respuesta. A continuación un ejemplo:

P3.N1a.nC0a.Guanina: *Estoy a favor de esa expresión, porque las mutaciones si son cambios en la información y herencia genética* (J)

En este momento se le planteó al estudiante que una mutación se refiere a un cambio o alteración en la información genética de un organismo a lo que él de manera superficial, sin arriesgarse a posibles explicaciones de lo que sucede y sin entrar en detalles responde que está a favor de lo dicho con tautologías, por lo cual termina parafraseando lo leído, dando una respuesta tan básica que la ausencia misma de elementos estructurales no permite darle validez a su justificación, no cumpliendo entonces con los criterios de clasificación en torno la calidad argumentativa, lo que coincide con el nivel estructural alcanzado. Según Anderberg (2000), el uso del lenguaje está relacionado con la comprensión del conocimiento de los estudiantes y de la naturaleza de las relaciones entre el significado de la palabra y su entendimiento, siendo una herramienta tanto para la comunicación como para la estructuración del pensamiento, lo que se vincula con lo obtenido aquí, pues el bajo nivel de calidad se relacionaría con la poca significancia evidenciada en sus respuestas.

Pasando a los modelos explicativos iniciales encontrados en Guanina, siguiendo el uso de colores mostrados en las respuestas, se evidencia que hay una tendencia a varios modelos, transitando por lo cotidiano donde hace uso de expresiones como “portarnos el gen hereditario que contiene información”, el modelo básico al hablar de “...porque en nuestro ADN ” y donde hace uso de un concepto claro de la genética, por el modelo mutaciones al plantear que en “cualquier momento puede tener una mutación en su ADN” dada la exposición a un agente mutagénico y por el modelo físico al hablar de “se está exponiendo diariamente a los rayos UV”.

Lo anterior coincide con la investigación de Giere, (1992) quien plantea que los estudiantes en lugar de tener un único modelo explicativo de los diferentes fenómenos que tratan con determinado tema, tienen una familia de modelos que permiten explicar mencionados fenómenos elaborando así, enunciados y representaciones cercanas a uno u otro modelo.

En el escenario argumentativo 1 que correspondió a la sesión 5 de la intervención didáctica, Guanina realizó varias intervenciones, se destaca aquí la siguiente respuesta por ser la mejor estructurada:

GUANINA: Yo investigué el Glutanato monosidico y pues yo pensé que tal vez (Q) *esa sustancia solo se encontraba en los Tostinachos* pero no (tono de asombro), ya averigüe y se encuentra en muchos *alimentos empaquetados* (C), eso es como un potenciador de sabor (D) y está presente en las verduras enlatadas, en la sopa enlatada, en las carnes procesadas, en la comida china, básicamente esta es en toda parte. Y nosotros al consumir esta sustancia e ingresarla al interior de nuestro cuerpo, le estamos permitiendo que tenga contacto con nuestras células, y *esas células tienen nuestro ADN* el cual podría *sufrir alteraciones o mutaciones* (C) porque *las sustancias químicas* pueden cambiar el ADN (J) y a largo plazo estos cambios pueden *ocasionar enfermedades como el cáncer* de estómago por ejemplo. (C)

Se evidencia que Guanina durante el escenario argumentativo se ubica en el N4 dentro de la propuesta estructural de Tamayo *et al.*, (2016) dado que en el análisis de su respuesta hay procesos argumentativos con los siguientes elementos: datos, conclusiones, justificaciones y cualificadores modales. En este escenario, se le solicitó investigar los ingredientes de un determinado producto comercial, donde Guanina manifestó mayor interés y curiosidad sobre el glutamato monosódico, y se le pidió que compartiera a los demás compañeros sus conclusiones referente a los efectos de este ingrediente sobre la salud del ser humano, a lo cual en su respuesta el reflejó un mayor uso de componentes estructurales de los argumentos, que pueden dar a entender cierto grado de apropiación en los procesos referentes a la producción argumentativa, expresando datos y conclusiones que se

encuentran justificados; además hace uso de calificadores modales, lo cual hace que sus argumentos se clasifiquen en el nivel anteriormente dicho.

Referente al nivel de calidad durante el escenario argumentativo, se ubica a Guanina en un nivel 3 (nC3) dado que las justificaciones y las conclusiones están relacionadas de tal manera que si las justificaciones son ciertas, la conclusión tiene un alto grado de certeza, refiriéndose a conceptos aprendidos y haciendo uso de un correcto lenguaje científico escolar, como se observa en la parte de la intervención *“esas células tienen nuestro ADN el cual podría sufrir alteraciones o mutaciones (C) porque las sustancias químicas pueden cambiar el ADN (J) y a largo plazo estos cambios pueden ocasionar enfermedades como el cáncer”*, habiendo aquí una buena coherencia entre estos elementos estructurales que conllevan a un alto grado de calidad.

Acerca de los modelos explicativos encontrados durante el escenario argumentativo, se infiere que continua existiendo una tendencia al uso de varios modelos, por lo cual, se sigue ubicando a Adenina en modelo sintético o ecléctico, en donde coexisten explicaciones tanto de un modelo genético básico pues plantea que *“esas células tienen nuestro ADN...”*, el modelo mutaciones donde expresa que *“podría sufrir alteraciones o mutaciones”* refiriéndose de manera concreta al proceso mutacional y, de agentes mutagénicos químicos con expresiones como *“porque las sustancias químicas pueden cambiar el ”* o referirse al proceso de carcinogénesis *“pueden ocasionar enfermedades como el cáncer de estómago”*, haciendo un mayor uso de terminología que lo inclina hacia un modelo químico.

En la intervención final de la unidad didáctica, en Guanina se encuentra que transita por los niveles 3a, 3b, 4 y 6 de la estructura argumentativa. Para mejor visualización de la movilización en los niveles y sus tendencias, observar la siguiente Tabla 8:

Tabla 8. Comparación de los niveles argumentativos en concepciones iniciales y finales, y la cantidad de veces que se repiten en el caso Guanina.

Categoría	Iin	If
Niveles estructurales	1a (5), 2a (1), 3a (7)	3a (7), 3b (3), 4 (2), 6 (1)
Niveles de calidad	nC0a (5), nC0b (1), nC1 (5), nC2 (2)	nC1 (5), nC2 (7), nC3 (1)
Modelos explicativos	Gb (1), Gc (3), M (1), Qui (1), Bio (1), E (6)	Mu (2), Qui (2), Bio (2), E (7)

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la anterior tabla, a nivel estructural el estudiante en sus argumentos finales tiene una variación en la clasificación de sus respuestas, donde se observa que desaparecen los niveles 1a y 2a, conserva argumentos cuya estructura corresponde al nivel 3a; y eleva algunas de sus respuestas finales hasta niveles 4 y 5.

A continuación algunos ejemplos de respuestas del If:

P5.N3a.Guanina: A favor, porque la expresión nos está diciendo con exactitud que algunas de las mutaciones dependiendo del cambio que provoque en el ADN, esta puede ser tanto buena como dañina (J), todo depende de que tanto cambio en las parejas de nucleótidos provoque la mutación y esos cambios como se expresan en el ser vivo (C).

P6.N3b.Guanina: Si, lo que le puede pasar en la piel del campesino es que esta se llene de manchas o provoque un cáncer (C), todo debido al contacto diario que tiene con el sol (rayos UV) (J) y al no estar sin ningún tipo de protección, desarrolle una mutación (C) en la cual actúa un agente mutagénico físico por estar expuesto a los rayos UV (J)

P10.N4.Guanina: El campesino está desarrollando mutaciones en su ADN (J), las cuales son producida por un agente mutagénico físico (C) porque mantiene expuesto de manera constante a los rayos UV del sol y seguramente (Q) esto generará mutaciones y estás más

adelante **se conviertan en un cáncer** (C), pero por el momento solo se está cambiando el ADN del campesino.

P13.N6.Guanina: No han podido desarrollar una vacuna que lo elimine porque el **virus infecta las células** y **cambia el ADN** para poder multiplicarse y esto lo hace con alta frecuencia, cambiando constantemente (J). Aunque todos los tratamientos que han hecho no son únicamente para eliminarlo, sino que también han hecho tratamientos para evitar que infecte todas las células y controlarlo (CA) como son los prep y éste se mantenga estable e incluso se reduzca en cantidad (C). Podría pensar además que para eliminar el vih, el virus debería mutar muy lento y tener una muy baja capacidad de replicación por mitosis, por lo cual se generarían pocas copias del virus que el mismo cuerpo podría acabar (CA).

Haciendo énfasis en la pregunta 13, Guanina alcanzó finalmente el mayor nivel estructural (N6) de la propuesta de Tamayo *et al.*, (2016) dado que presenta un argumento extendido que contiene datos, conclusiones, justificaciones y más de un contraargumento, lo que se reafirma con lo planteado por Rudas, (2019) para quien los argumentos mejor elaborados refleja en los estudiantes la construcción de conocimiento científico, la comprensión de la naturaleza científica, la comprensión de los fenómenos naturales, y una mejor capacidad de discutir, analizar, y confrontar saberes permitiendo la construcción del conocimiento, lo que se evidencia aquí en una respuesta de nivel estructural superior.

Por otro lado, referente a la calidad de los argumentos finales, se encuentra una marcada tendencia a ubicarse en el nivel nC2 y solo en una respuesta alcanzó el nivel nC3. Aquí un ejemplo:

P7.N3a.nC2.Guanina: La piel del campesino se enrojeció porque no lleva ninguna protección (bloqueador o ropa que le cubra los brazos) (D) para protegerse de los **rayos del sol** y está expuesto a recibir de manera agresiva **los rayos del sol (UV)** (J) y el campesino por esto puede estar desarrollando un **cáncer** de piel porque el ADN de sus células de la piel está mutando al recibir estos rayos (C)

En esta respuesta se evidencia que las justificaciones y las conclusiones están relacionadas de tal manera que si las justificaciones son ciertas, la conclusión tiene un buen grado de certeza, lo que según Chion & Adúriz-Bravo, (2014) es el resultado de la producción de un argumento explicativo y este supone mayores desafíos cognitivos a los estudiantes, conllevándolos a una producción de argumentos de mayor calidad, dado que los obliga a usar otros procesos de pensamiento como son analizar e identificar las relaciones existentes entre los conceptos.

En lo que referente a los modelos explicativos, de acuerdo al uso de colores mostrados en las respuestas, se evidencia que persiste la coexistencia de varios modelos, por lo cual Guanina se mantuvo en un modelo sintético o ecléctico, transitando por los modelos mutaciones al definir claramente que “tanto cambio en las parejas de nucleótidos provoque la mutación”, físico expresando que “debido al contacto diario que tiene con el sol (rayos UV)”, el modelo químico al hacer alusión al proceso carcinogénico que puede “más adelante se conviertan en un cáncer” y biológico al incluir en su respuestas un organismo biológico capaz de producir mutaciones porque este “virus infecta las células”.

En este sentido Rivière, (1986) sugiere la existencia de distintos niveles de representación en el razonamiento, proponiendo que cuando se razona, no se usa siempre las mismas representaciones o modelos, si no que se elige diferentes formatos para darle forma a la información, por ende en el proceso de construcción de argumentos, no se emplea un único sistema o modelo explicativo si no que se integran varios, coincidiendo con en el presente caso.

7.5 DESARROLLO DE LA HABILIDAD ARGUMENTATIVA PARALELO AL APRENDIZAJE DE LOS AGENTES MUTAGÉNICOS A TRAVÉS DE UNA INTERVENCIÓN DIDÁCTICA BASADA EN ASUNTOS SOCIOCIENTÍFICOS

Considerando el análisis de los resultados obtenidos en todos los momentos de la intervención didáctica, con relación a la habilidad argumentativa tanto a nivel estructural como a nivel de funcional, con el aprendizaje de los agentes mutagénicos a través de una intervención didáctica basada en asuntos sociocientíficos, se puede asumir que hubo un progreso general en los niveles argumentativos en cada uno de los casos, evidenciando que los estudiantes articulan componentes de la estructura de la argumentación, de los conceptos científicos y de la práctica discursiva, brindando así, respuestas que contienen elementos estructurales como los datos, las justificaciones y las conclusiones, y al relacionar estos elementos entre sí, generan un alto grado de certeza en cuanto a lo funcional, con lo cual se evidencia que hubo un desarrollo paralelo y simultáneo de la habilidad argumentativa y el aprendizaje del concepto. En este sentido, los argumentos tuvieron un progreso cada vez más coherente, relevante y pertinente, dada la articulación entre datos, justificaciones y demás componentes, además que en estos se incorporaba lenguaje propio del campo de la genética que en conjunto permitían dar una explicación a la pregunta que se les planteara.

En cuanto a los escenarios argumentativos llevados a cabo durante la intervención didáctica basada en asuntos sociocientíficos, permitieron afianzar el aprendizaje acerca de los agentes mutagénicos, alcanzando un avance conceptual en la medida en la que se disponía de un mayor conocimiento y que se generaban múltiples modelos en el aprendizaje de los conceptos, articulando de manera interactiva en mayor frecuencia, términos científicos en sus intervenciones. De esta manera, los escenarios argumentativos fueron mediadores para compartir conocimientos, críticas, reflexiones e ideas entre todos los estudiantes, lo que les permitió expresar comprensiones de mejor calidad en relación a los fenómenos presentados, fenómenos con apropiación social que creaban condiciones apropiadas para que la ciencia y los procesos asociados a la argumentación se formaran como parte

inseparable de la dinámica y el entorno inmediato, convirtiéndose estos espacios en focos de debate y defensa de sus posturas con sentido y significado académico y social.

Adicionalmente, el desarrollo de la habilidad argumentativa paralelo al aprendizaje del concepto de agentes mutagénicos se refleja en el discurso de los estudiantes, en donde sus respuestas pasan de ser superficiales en una etapa inicial, a una etapa de inferencia y aplicación de conocimientos, para terminar en respuestas que evalúan la información dada y las mismas incentivan al debate, reuniendo así en sus respuestas el desarrollo consiente de la estructura del pensamiento y el conocimiento académico del campo del saber que se está estudiando, logrando argumentar más claramente y con mayor apropiación conceptual sobre los fenómenos que se analizan, haciendo uso de un mejor lenguaje científico y terminología propia de la temática vista.

8 CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta los objetivos de la propuesta de investigación, se concluye que: Para el desarrollo de la habilidad argumentativa se hace necesario dar prioridad a escenarios donde se generen prácticas discursivas y específicamente procesos argumentativos, lo cual ayuda a debatir sobre las implicaciones sociales de usar el conocimiento científico en la solución de situaciones problema del contexto en el que se vive. En este sentido, el aprendizaje de conceptos y la construcción de argumentos constituyen una actividad indispensable que usa el lenguaje como elemento facilitador para la expresión de razonamientos y argumentos en espacios dialógicos, de ahí que los escenarios argumentativos aportan favorablemente a la evolución conceptual sobre los agentes mutagénicos, permitiendo la construcción del conocimiento científico escolar paralelamente con la mejoría estructural y funcional de los procesos argumentativos en los debates.

La implementación del instrumento inicial permitió evidenciar que los estudiantes en un primer momento generan explicaciones superficiales y poco profundizan en procesos relacionados con los agentes mutagénicos empleando distintos modelos explicativos (modelo sintético) para responder a las diversas situaciones presentadas, expresando sus respuestas con representaciones que en su mayoría hacen referencia a conocimientos de orden intuitivo o cotidiano. En cuanto al nivel estructural de los argumentos presentados, estos se caracterizaban en su mayoría por comprender datos y conclusiones, y en algunos casos justificaciones, y aquí fue necesario proponer dos niveles emergentes de clasificación denominados N0 y N1a en los cuales se ubicaron los argumentos que eran ausentes de descripción o que solo presentaban datos y justificaciones respectivamente. En el mismo sentido, referente a la calidad argumentativa en la mayoría de las respuestas no había relación entre las conclusiones o justificaciones presentadas, además fue necesario proponer tres niveles emergentes de clasificación denominados nC0, nC0a y nC0b en los cuales se ubicaron los argumentos que solo contenían datos, que contenían datos y justificaciones y que contenían datos y conclusiones respectivamente.

La aplicación de la unidad didáctica permitió evidenciar que los modelos explicativos de los estudiantes son dinámicos y evolucionan constantemente al interactuar con el contexto, reflejando sus opiniones sobre los agentes mutagénicos, en tal sentido que existe una correspondencia entre el modelo construido por el estudiante y la situación real a la cual se hace referencia. En esta instancia se alcanzó un nivel de comprensión mayor con respecto a la aprehensión y reconocimiento de los diferentes modelos explicativos incluyendo los tipos de agentes mutagénicos, logrando evolucionar a argumentos más coherentes, haciendo uso de conceptos como alteraciones en el ADN, transcripción y traducción, radiación ultravioleta, contaminación ambiental o maquinaria celular entre otros, y aunque los estudiantes siguen empleando distintos modelos explicativos para responder a las situaciones presentadas, ya responden de manera más acertada y consiente diferenciando mucho mejor sus ideas.

Referente al proceso estructural de la argumentación, se presentaron en su mayoría argumentos constituidos por datos, conclusiones y una o más justificaciones, y en algunos casos se hacía uso de cualificadores modales, respaldo teórico o contraargumentos, logrando así alcanzar niveles argumentativos altos, al incluir elementos de mayor complejidad en las respuestas favoreciendo que las mismas fuesen más sólidas y fuertes. En cuanto al componente funcional de los argumentos, los estudiantes consiguieron progresar en la claridad de estos, incluyendo justificaciones y conclusiones que estaban relacionadas y que producen un buen o un alto grado de certeza; llegando a ubicarse en altos niveles funcionales, en donde se evidencia que sus respuestas se refieren a modelos explicativos coherentes y donde hace uso de un correcto lenguaje científico escolar.

9 RECOMENDACIONES

- Para el desarrollo de la habilidad argumentativa se requiere promover con mayor intensidad espacios argumentativos para que los estudiantes reconozcan y reconsideren sus opiniones dentro del marco o actividad propuesta, para que al hacerlo, tengan que ejercitar algunas de las destrezas como lo son analizar, inferir, contrastar, criticar y discutir entre otras, desarrollando así habilidades del pensamiento de orden superior, en este caso de la argumentación mientras paralelamente van aprendiendo y construyendo conocimiento.
- Continuar con la exploración de habilidades del pensamiento crítico tal como la metacognición o la resolución de problemas complementarias a la argumentación, articulando el desarrollo de procesos cognitivos conscientes, promoviendo espacios conducentes al desarrollo de la habilidad paralelo al aprendizaje de determinada temática.
- Dentro de los aspectos cognitivos en el proceso de elaboración de argumentos, la metacognición reconocida como el conocimiento o control que se tiene sobre los propios procesos del pensamiento, determinan el logro de aprendizajes más profundos por parte de los estudiantes. Por lo tanto, continuar con la generación de un vínculo entre metacognición y argumentación es sugerente tanto en el ámbito teórico como en el ámbito práctico para elevar las habilidades tanto cognitivas como argumentativas.
- Dada la presente experiencia adquirida durante el desarrollo de este trabajo, se sugiere la implementación de unidades didácticas en todos los grados de escolaridad que promuevan el pensamiento crítico, en especial de habilidades argumentativas para que se pueda evidenciar un mayor cambio en el aprendizaje profundo de los estudiantes.

- Para futuras investigaciones este trabajo es base en el desarrollo de la habilidad argumentativa paralelo al aprendizaje de un concepto, en este caso de los agentes mutagénicos, con el objetivo de obtener avances en los procesos argumentativos estructurales y funcionales, paralelamente al proceso de aprendizaje.

10 BIBLIOGRAFÍA

- Abril, A. M., Mayoral, M. V., & Muela, F. J. (2004). Los medios de comunicación social y la didáctica de la Genética y la Biología Molecular en E.S.O. *La Nueva Alfabetización: Un Reto Para La Educación Del Siglo*, 367–368.
- Abril, S., & Jimenez, A. (2019). *La argumentacion escrita y el aprendizaje de la biotecnologia en estuديات de grado decimo*. (Vol. 22). Universidad Autonoma de Manizalez.
- Adúriz-Bravo, A. (2010). Aproximaciones histórico-epistemológicas para la enseñanza de conceptos disciplinares. *Asociación Colombiana Para La Investigación En Educación En Ciencia y Tecnología, EDUCyT*, 1(1), 107–126.
- Adúriz-Bravo, A. (2012). Competencias metacientíficas escolares dentro de la formación del profesorado de ciencias. In *El desarrollo de competencias en la clase de ciencias y matemáticas* (pp. 43–67). Universidad de Los Andes.
- Alvarez, J. M. (2018). *Aprendizaje de la teoria celular a travez de la argumentacion desde un enfoque ciencia, tecnologia, sociedad y ambiente*. Universidad Autonoma de Manizales.
- Ames, B., Shigenaga, M., & Gold, L. (1993). DNA lessions, inducible DNA repair, and cell division: Three key factors in mutagenesis and carcinogenesis. *Environmental Health Perspectives*, 101(SUPPL. 5), 35–44.
- Anderberg, A. (2000). Word meaning and conceptions. An empirical study of relationship between students' thinking and use od language when reasoning about a problem. *Instructional Science*, 28(2), 89–113.
- Antonucci, G. A., & de Syllos Colus, I. M. (2000). Chromosomal aberrations analysis in a Brazilian population exposed to pesticides. *Teratog Carcinog Mutage*, 20(5), 265–272.
- Archila, P. A. (2012). La investigación en argumentación y sus implicaciones en la formación inicial de profesores de ciencias. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y*

Divulgación de Las Ciencias., 9(3), 361–375.

- Archila, P. A. (2014). La argumentación en la formación de profesores de química: relaciones con la comprensión de la historia de la química-Argumentation in chemistry teacher training: relations with the understanding of the history of chemistry. *Revista Científica*, 18(1), 50–66.
- Auerbach, C., Robson, J. M., & Carr, J. G. (1947). The Chemical Production of Mutations. *Science*, 105(2723), 243–247.
- Ayuso, E., Banet, E., & Abellán, T. (1996). Introducción a la Genética en la enseñanza secundaria y el bachillerato: resolución de problemas o realización de ejercicios. *Enseñanza de Las Ciencias*, 14(2), 127–142.
- Ayuso, G. E., & Banet, E. (2002). Alternativas a la enseñanza de la genética en educación secundaria. *Enseñanza de Las Ciencias*, 20(1), 133–157.
- Banet, E., & Ayuso, E. (2000). Teaching genetics at secondary school: A strategy for teaching about the location of inheritance information. *Science Education*, 84(3), 313–351.
- Beltrán, J. (1996). Estrategias de aprendizaje. In Síntesis (Ed.), *Psicología de la instrucción I. Variables y procesos básicos* (pp. 429–504).
- Bernal, L. M., Forero, G., & Montero, R. (2012). Propuesta didáctica de organización de contenidos para la enseñanza de la genética en educación superior a distancia. *Revista de Investigaciones UNAD*, 11(2), 115–136.
- Bravo, B., & Jiménez-Aleixandre, M. P. (2010). ¿Salmones o sardinas?: una unidad para favorecer el uso de pruebas y la argumentación en ecología. *Alambique: Didáctica de Las Ciencias Experimentales*, 63, 19–25.
- Brown, C. R. (1990). Some misconceptions in meiosis shown by students responding to an Advanced level practical examination question in biology. *Journal of Biological Education*, 24(3), 182–186.

- Bugallo, A. (1995). La didáctica de la genética: revisión bibliográfica. *Enseñanza de Las Ciencias*, 13(3), 379–385.
- Buitrago, Á., Mejía, N., & Hernández, R. (2013). La argumentación: de la retórica a la enseñanza de las ciencias. *Innovación Educativa*, 13, 17–39.
- Caballero-Armenta, M. (2008). Algunas ideas del alumnado de secundaria sobre conceptos básicos de genética. *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 26(2), 227–244.
- Caballero, M., González, M., Olivares, E., Santisteban, A., & Serrano, P. (1997). *Didáctica de las Leyes de Mendel* (Cuadernos).
- Candela, A. (1996). “La construcción discursiva de contextos argumentativos en la enseñanza de ciencias.” In Coll y Edwards (Ed.), *Enseñanza, aprendizaje y discurso en el aula: Aproximaciones al estudio del discurso educacional*. Fundación Infancia y Aprendizaje.
- Candela, A. (1999). Prácticas discursivas en el aula y calidad educativa. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 4(8), 273–298.
- Candela, A. (2001). *Ciencia en el aula. Los alumnos entre la Argumentación y el consenso* (p. 300).
- Chion, A. R., & Adúriz-Bravo, A. (2014). La argumentación científica escolar. Contribuciones a una alfabetización de calidad. *Pensamiento Americano*, 7(13), 113–122.
- Clough, E. E., & Wood-Robinson, C. (1985). Children’s understanding of inheritance. *Journal of Biological Education*, 19(4), 304–310.
- Corcoran, T., Mosher, F. A., & Rogat, A. (2009). Learning Progressions in Science. An evidence-based Approach to Reform. *Consortium for Policy Research in Education*, 86.
- Cotran, R., Vinay, K., & Robbins, S. (2008). *Patología Humana* (8.ºa edici).

- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84(3), 287–312.
- Duncan, R. G., Rogat, A. D., & Yarden, A. (2009). A learning progression for deepening students' understandings of modern genetics across the 5 th- 10 th grades. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 655–674.
- Duschl, R. A., & Gitomer, D. H. (1997). Strategies and challenges to changing the focus of assessment and instruction in science classrooms. *Educational Assessment*, 4(1), 37–73.
- Ebbers, M., & Rowell, P. (2002). Scaffolding children's explanations. *Primary Science Review*, 74, 10–13.
- Erduran, S. (2008). Methodological foundations in the study of argumentation in science classroom. In Springer (Ed.), *Argumentation in Science Education. Perspectives from classroom-based research* (pp. 47–69).
- Erduran, S., Simon, S., & Osborne, J. (2004). TAPping into argumentation: Developments in the application of Toulmin's Argument Pattern for studying science discourse. *Science Education*, 88(6), 915–933. <https://doi.org/10.1002/sce.20012>
- Figini, E., & De Micheli, A. (2005). La enseñanza de la genética en el nivel medio y la educación polimodal: contenidos conceptuales en las actividades de los libros de texto. *Enseñanza de Las Ciencias*, 5.
- Flores, O. (2015). La participación de los estudiantes en el aula como factor determinante para mejorar la calidad de los aprendizajes. In *Universidad Alberto Hurtado*. Universidad Alberto Hurtado, Facultad de Educación.
- Garaj-Vrhovac, V., & Zeljezic, D. (2000). Evaluation of DNA damage in workers occupationally exposed to pesticides using single-cell gel electrophoresis (SCGE) assay Pesticide genotoxicity revealed by comet assay. *Mutation Research* 469, 469, 279–285.

- Giere, R. N. (1992). *La explicación de la Ciencia. Un acercamiento cognoscitivo*. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- González, C., Banet, E., & Banet, L. (2017). Conocimientos de los estudiantes de secundaria sobre herencia biológica: implicaciones para su enseñanza. *Revista Eureka*, 14(3), 550–569.
- González, M. I. (2014). *Enseñanza-Aprendizaje del concepto de herencia en estudiantes de básica secundaria rural*. Universidad Nacional de Colombia.
- Griffiths, A. J. F., Miller, J. H., Suzuki, D. T., Lewontin, R. C., & Gelbart, W. M. (2002). *Genética* (7ma edición). Mc Graw-Hill - Interamericana.
- Herrera, A., Barrueco, C., Caballo, C., & de la Peña, E. (1992). Effect of Permetkrin on the Induction of Sister Chromatid Exchanges and Micronuclei in Cultured Human lymphocytes. *Environmental and Molecular Mutagenesis*, 20, 218–222.
- Hollaender, A. (1982). *Chemical mutagens. Principles and methods for their detection*. Plenum.
- Ibañez, M. ., & Martinez, M. (2005). Solving problems in Genetics II: Conceptual restructuring. *International Journal in Science Education*, 27(12), 1495–1519.
- Íñiguez, F. J. (2005). *La Enseñanza de la genética: Una propuesta didáctica para la educación secundaria obligatoria desde una perspectiva constructivista*. Universitat de Barcelona.
- Íñiguez, F. J., & Puigcerver, M. (2013). Una propuesta didáctica para la enseñanza de la genética en la Educación Secundaria. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 10(3), 307–327.
- Jiménez-Aleixandre, M. P. (1998). Diseño curricular: indagación y razonamiento con el lenguaje de las ciencias. *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 16(2), 203–216.
- Jiménez-Aleixandre, M. P. (2011). Argumentar y usar pruebas en clase de ciencias. In

Cuaderno de indagación en el aula y competencia científica (pp. 6–15).

Jiménez-Aleixandre, M. P., & de Bustamante. (2003). Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas. *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 21(3), 359–370.

Jiménez-Aleixandre, M. P., & Erduran, S. (2008). “Argumentation Science Education: An Overview”. In Springer. (Ed.), *Argumentation in science education. Perspectives from classroom-based research* (pp. 3–27). Springer.

Jimenez, M. P., Bugallo, A., & Duschl, R. . (2000). Doing the lesson or Doing Science: Argument in High School Genetics. *Science Education*, 84, 757–792.

Joannon, C., & Ihnen, C. (2015). Argumentación de Calidad. In *Argumentación y pragma-dialéctica: Estudios en honor a Frans van Eemeren*. Editorial Universitaria-Libros UDG.

Kargbo, D. B., Hobbs, E. D., & Erickson, G. L. (1980). Children’s beliefs about inherited characteristics. *Journal of Biological Education*, 14(2), 137–146.

Kleinsasser, N. H., Weissacher, H., Kastenbauer, E., Dirschedl, P., Wallner, B., & Harréus, U. (2000). Altered genotoxicity in mucosal cells of head and neck cancer patients due to environmental pollutants. *European Archives of Otorhinolaryngology*, 257(6), 337–342.

Lemke, J. L. (1990). *Aprender a hablar ciencia. Lenguaje, aprendizaje y valores*. (Paidós (ed.)).

Lemke, J. L. (1997). *Aprender a hablar ciencia*. (Paidós (ed.)).

Lewin, B. (2008). *Genes IX* (Interamericana (ed.); Novena Ed.). Mc Graw-Hill.

Lewis, J., & Kattmann, U. (2004). Traits, genes, particles and information: Re-visiting students’ understandings of genetics. *International Journal of Science Education*, 26(2), 195–206.

Lewis, J., Leach, J., & Wood-Robinson, C. (2000a). All in the genes? - young people’s

- understanding of the nature of genes. *Journal of Biological Education*, 34(2), 74–79.
- Lewis, J., Leach, J., & Wood-Robinson, C. (2000b). Chromosomes: The missing link - Young people's understanding of mitosis, meiosis, and fertilisation. *Journal of Biological Education*, 34(4), 189–199.
- Lewis, J., & Wood-Robinson, C. (2000). Genes, chromosomes, cell division and inheritance - do students see any relationship? *International Journal of Science Education*, 22(2), 177–195.
- Llambí, S. (2013). *Plan de Desarrollo Académico del Área Genética de La Facultad De Veterinaria - Udelar*. (Universida).
- López, R., & Jiménez-Aleixandre, M. P. (2007). ¿Podemos cazar ranas? Calidad de los argumentos de alumnado de primaria y desempeño cognitivo en el estudio de una charca. *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 25(3), 309–324.
- Marín, R. (2018). *Desarrollo de la habilidad argumentativa, mediado por el diseño y aplicación de una unidad didáctica sobre modelos atómicos, en estudiantes de grado 7 de la Institución Educativa Agustín Nieto Caballero (Dosquebradas, Risaralda)* (Vol. 1, Issue 1). Universidad Autónoma de Manizales.
- Martinez, M., & Ibañez, M. . (2006). Resolver situaciones problemáticas en genética para modificar las actitudes relacionadas con la ciencia. *Enseñanza de Las Ciencias*, 24(2), 193–206.
- Mortimer, L., & Richard, J. (1990). Mutation and the environment.Part. A: Basic mechanisms. *Progress in Clinical and Biological Research*, 340A, 426.
- Müller, H. J. (1927). Artificial transmutation of the gene. *Science*, 66(1699), 84–87.
- Murray, R. K., Granner, D. K., Mayes, P. A., & Rodwell, V. W. (2004). *Bioquímica de Harper* (14a edición). Manual Moderno.
- Nussbaum, R., McInnes, R., & Willard, H. (2008). *Thompson & Thompson - Genética en*

medicina (7a edición). Elsevier Masson.

- Orrego, M., Tamayo, O. E., & Ruiz, F. J. (2016). *Unidades didácticas para la enseñanza de las ciencias* (UAM (ed.)).
- Perelman, C., & Olbrechts-Tyteca, L. (1989). *Tratado de la argumentación: La nueva retórica* (Editorial Gredos (ed.)). Biblioteca Romanica Hispánica.
- Polanco, A., Magaña, T., Iuit, J., & Quintal, R. (2019). Uso de agroquímicos cancerígenos en la región agrícola de Yucatán , México. *Revista Centro Agrícola*, 46(2), 72–83.
- Posada, J. M. (2002). Memoria, cambio conceptual y aprendizaje de las ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias*, 1(2), 92–113.
- Prego, N. A., & Puig, B. (2016). Modelizar La Expresión De Los Genes Para El Aprendizaje De Enfermedades Genéticas En Secundaria. *Ensaio Pesquisa Em Educação Em Ciências (Belo Horizonte)*, 18(1), 65–84.
- Riviere, A. (1987). *El sujeto de la psicología cognitiva* (Alianza Ed).
- Rivière, Á. (1986). *Razonamiento y representación* (Siglo Veintiuno (ed.)).
- Rodriguez, J. I. (2018). *Enseñanza de la Genética mediada por herramientas TIC para alcanzar un aprendizajesignificativo* (Vol. 372, Issue 2). Universidad Nacional de Colombia.
- Rudas, Y. O. (2019). *Niveles argumentativos a partir de la controversia sociocientífica técnicas de manipulación genética*. Universidad Autónoma de Manizales.
- Ruiz, F. J. (2007). Modelos Didácticos para la Enseñanza de las Ciencias Naturales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (Colombia)*, 3(2), 41–60.
- Ruiz, F. J., Tamayo, O. E., & Márquez, C. (2015). La argumentación en clase de ciencias, un modelo para su enseñanza. *Educação e Pesquisa*, 41(3), 629–646.
- Ruiz, F. J., Tamayo, Ó. E., & Márquez, C. (2013). La enseñanza de La argumentación en ciencias : Un proceso que requiere cambios en la concepciones epistemologicas,

- conceptuales, didácticas y en la estructura argumentativa de los docentes. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (Colombia)*, 9(1), 29–52.
- Sadler, T. D., & Zeidler, D. L. (2005). Patterns of informal reasoning in the context of socioscientific decision making. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(1), 112–138.
- Sampieri, R., Fernández, C., & Baptista, M. del P. (2011). *Metodología de la Investigación* (McGRAW-HILL (ed.); Sexta edición).
- Sánchez, E. H. (2012). *Las dificultades en el aprendizaje de los estudiantes de grado noveno de la institución educativa técnico industrial Carlos Holguín Mallarino (sede: comunero) sobre el contenido conceptual de genética*. Universidad del Valle.
- Sandoval, W. A., & Millwood, K. A. (2007). *What can argumentation tell us about epistemology?* Springer, Dordrecht.
- Sanmartí, N., Izquierdo, M., & García, P. (1999). Hablar y escribir, una condición necesaria para aprender ciencias. *Cuadernos de Pedagogía*, 281, 55–58.
- Saravia, F., Borlido, C., & Llambi, S. (2017). Análisis de las dificultades en el aprendizaje de Genética veterinaria. *Revista Miscelánea de Investigación*, 1, 71–89.
- Sardá, A., & Sanmartí, N. (2000). Enseñar a Argumentar Científicamente: Un reto de las Clases de Ciencias. *Enseñanza de Las Ciencias*, 18(3), 405–422.
- Schrader, T. J. (2016). Mutagens. *Encyclopedia of Food and Health*, 20–28.
- Sigüenza, A. (2000). Formación de modelos mentales en la resolución de problemas de genética. *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 18(3), 439–450.
- Smith, C., Wiser, M., Anderson, C. ., & Krajcik, J. (2006). Implications of research on children's learning for standards and assessment: A proposed learning progression for matter and the atomic molecular theory. *Measurement: Interdisciplinary Research and Perspectives*, 14, 1–98.

- Smith, R. M. (1988). *Learning how to Learn* (Milton Key). Open University Press.
- Solari, J. (2011). Mutación. In Panamericana (Ed.), *Genética Humana: Fundamentos y aplicaciones en Medicina* (4a edición, pp. 1–556).
- Song, Y., & Carheden, S. (2014). Dual meaning vocabulary (DMV) words in learning chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 15, 128–141.
- Tamayo Alzate, O. E. (2009). *Didáctica de las ciencias : la evolución conceptual en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias* [Book]. Universidad de Caldas, Departamento de Estudios Educativos.
- Tamayo, O. E., Zona, J. R., & Loaiza, Y. E. (2016). *Pensamiento crítico en el aula de ciencias*. Editorial Universidad de Caldas.
- Torres, M. I. (2010). La enseñanza tradicional de las ciencias versus las nuevas tendencias educativas. *Revista Electrónica@ Educare. Universidad Nacional Heredia de Costa Rica.*, XIV(Nº 1), 131–142.
- Toulmin, S. (1958). *The uses of argument*. Cambridge University Press.
- Trujillo, C. M. (2018). *Aporte De La Argumentación Al Cambio En Los Modelos Explicativos Sobre Equilibrio Ecológico*. Universidad Autónoma de Manizales.
- Valle, A., González, R., & Cuevas, L. (1998). Las estrategias de aprendizaje: Características básicas y su relevancia en el contexto escolar. *Revista de Psicodidáctica*, 1(6), 53–68.
- Vallejo, J. A. (2019). *Fortalecimiento de la estructura argumentativa del tema de genética mendeliana “Leyes de Mendel” utilizando laboratorios virtuales (stargenetics y simulador de genética), en los estudiantes del grado noveno de la institución educativa San José*. Universidad Autónoma de Manizales.
- Weston, A. (2001). *Las Claves de la Argumentación* (S. A. Ariel (ed.)).
- Wilson, D., Goldsworthy, T., Popp, J., & Butterworth, B. (1992). Evaluation of genotoxicity, pathological lesions, and cell proliferation in livers of rats and mice

trated with furan. *Environmental and Molecular Mutagenesis*, 19, 209–222.

Zohar, A., & Nemet, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 35–62.

Zuzovsky, R., & Tamir, P. (1999). Growth patterns in students' ability to supply scientific explanations: Findings from the Third International Mathematics and Science Study in Israel. *International Journal of Science Education*, 21, 1101–1121.

11 ANEXOS

Anexo 1

	FORMATO PROTOCOLO PARA EL MANEJO DE SERES VIVOS EN INVESTIGACIÓN COMITÉ DE BIOÉTICA	CODIGO: GIN-FOR-033
		VERSION: 1
		FECHA ELABORACION DEL DOCUMENTO: 15/FEB/2019

Nombre de la investigación: DESARROLLO DE LA HABILIDAD ARGUMENTATIVA PARALELO AL APRENDIZAJE DE LOS AGENTES MUTAGÉNICOS MEDIANTE ASUNTOS SOCIOCIENTÍFICOS EN ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN BÁSICA SECUNDARIA

Fases y Procedimientos a realizar antes, durante, y después de los procedimientos	Posibles riesgos a los que se exponen los participantes	Acciones que se implementarán para minimizar los riesgos	Acciones que se implementarán en caso que suceda un evento adverso	Evidencias científicas que demuestran que las acciones a implementar tienen sustento teórico con las referencias

Investigadores: JUAN CAMILO VIDAL OJEDA

Ciudad y Fecha:

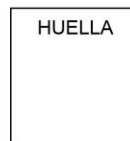
Anexo 2

	CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA LA PARTICIPACIÓN EN INVESTIGACIONES
---	--

Yo _____, acudiente del estudiante: _____ y de _____ años de edad, acepto de manera voluntaria que él (ella) se incluya como sujeto de estudio en el proyecto de investigación denominado: *DESARROLLO DE LA HABILIDAD ARGUMENTATIVA PARALELO AL APRENDIZAJE DE LOS AGENTES MUTAGÉNICOS MEDIANTE ASUNTOS SOCIOCIENTÍFICOS EN ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN BÁSICA SECUNDARIA*, luego de haber conocido y comprendido en su totalidad, la información sobre dicho proyecto, riesgos si los hubiera y beneficios directos e indirectos de su participación en el estudio, y en el entendido de que:

- La participación del alumno no repercutirá en sus actividades ni evaluaciones programadas en el curso.
- No habrá ninguna sanción para el estudiante en caso de no aceptar la invitación.
- El estudiante podrá retirarse del proyecto si lo considera conveniente, aun cuando el investigador responsable no lo solicite, informando sus razones para tal decisión. Asimismo, si así lo deseo, puedo recuperar toda la información obtenida de la participación del estudiante.
- No haré ningún gasto, ni recibiré remuneración alguna por la participación en el estudio.
- Se guardará estricta confidencialidad sobre los datos obtenidos producto de la participación, con un número de clave que ocultará la identidad del estudiante.
- Si en los resultados de la participación del alumno se hiciera evidente algún problema relacionado con el proceso de aprendizaje, se le brindará orientación al respecto.
- Puedo solicitar, en el transcurso del estudio información actualizada sobre el mismo, al investigador responsable.

Lugar y Fecha: _____
 Nombre y firma del participante: _____
 Firma: _____
 Número de documento: _____
 Huella índice derecho: _____



Nombre y firma de quien proporcionó la información para fines de consentimiento.
 TESTIGOS

Nombre del investigador: Juan Camilo Vidal Ojeda
 Fecha: _____

Anexo 3

	CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA LA PARTICIPACIÓN EN INVESTIGACIONES	CÓDIGO: GIN-FOR-016
		VERSIÓN: 1
		FECHA ELABORACIÓN DEL DOCUMENTO : 04/JUN/2015

GRUPO DE INVESTIGACIÓN COGNICIÓN Y EDUCACIÓN

INVESTIGACIÓN:

DESARROLLO DE LA HABILIDAD ARGUMENTATIVA PARALELO AL APRENDIZAJE DE LOS AGENTES MUTAGÉNICOS MEDIANTE ASUNTOS SOCIOCIENTÍFICOS EN ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN BÁSICA SECUNDARIA

Ciudad y fecha: _____

Yo, _____ una vez informado sobre los propósitos, objetivos, procedimientos de intervención y evaluación que se llevarán a cabo en esta investigación y los posibles riesgos que se puedan generar de ella, autorizo a JUAN CAMILO VIDAL OJEDA, estudiante de la Maestría en Enseñanza de las Ciencias de la Universidad Autónoma de Manizales, para la realización de las siguientes procedimientos:

1. Realizar la intervención didáctica
2. Manejar la información obtenida

Adicionalmente se me informó que:

- Mi participación en esta investigación es completamente libre y voluntaria, estoy en libertad de retirarme de ella en cualquier momento.
- No recibiré beneficio personal de ninguna clase por la participación en este proyecto de investigación. Sin embargo, se espera que los resultados obtenidos permitan mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje de la Institución Educativa Puerto Rico.
- Toda la información obtenida y los resultados de la investigación serán tratados confidencialmente. Esta información será archivada en papel y medio electrónico. El archivo del estudio se guardará en la Universidad Autónoma de Manizales bajo la responsabilidad de los investigadores.
- Puesto que toda la información en este proyecto de investigación es llevada al anonimato, los resultados personales no pueden estar disponibles para terceras personas como empleadores, organizaciones gubernamentales, compañías de seguros u otras instituciones educativas. Esto también se aplica a mi cónyuge, a otros miembros de mi familia y a mis médicos.

Hago constar que el presente documento ha sido leído y entendido por mí en su integridad de manera libre y espontánea.

Firma
Documento de identidad _____ No. _____ de _____
Huella Índice derecho:

HUELLA



Ciudad, fecha

Señor

ENAR SANDOVAL GALINDEZ

Rector

Institución Educativa Puerto Rico

Argelia - Cauca

Cordial saludo.

Yo, JUAN CAMILO VIDAL OJEDA, como estudiante de la Maestría en Enseñanza de las Ciencias de la Universidad Autónoma de Manizales, solicito ante usted permiso para desarrollar dentro de su institución educativa y con los estudiantes de Noveno grado, la propuesta de investigación denominada **DESARROLLO DE LA HABILIDAD ARGUMENTATIVA PARALELO AL APRENDIZAJE DE LOS AGENTES MUTAGÉNICOS MEDIANTE ASUNTOS SOCIOCIENTÍFICOS EN ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN BÁSICA SECUNDARIA..**

Para el desarrollo de la investigación, se recolectará información a través de instrumentos de lápiz y papel y escenarios argumentativos. Vale la pena resaltar que la información se utilizará únicamente con fines investigativos y se manejará la confidencialidad de la misma, al igual que me comprometo a dar a conocer los resultados a la comunidad educativa una vez concluido el proyecto.

Atentamente,

JUAN CAMILO VIDAL OJEDA

Estudiante de Maestría en Enseñanza de las Ciencias

Universidad Autónoma de Manizales

Anexo 5

UNIDAD DIDÁCTICA

1. SESIÓN 1: Inicio de las intervenciones

- Objetivo de enseñanza: El estudiante resuelve la prueba propuesta
- Objetivo de aprendizaje: El estudiante reconoce su estado inicial referente a habilidades argumentativas y modelos explicativos.
- Tiempo: 2 horas

El docente socializa el proyecto de investigación con los estudiantes, la dinámica que se llevará a cabo en la intervención y resuelve las dudas que se puedan generar.

Se aplica el instrumento inicial de lápiz y papel para reconocer la problemática inicial entorno a las habilidades argumentativas de los estudiantes y sus modelos explicativos sobre los agentes mutagénicos.

2. SESIÓN 2: Momento teórico sobre la argumentación

- Objetivo de enseñanza: El estudiante reconoce la estructura de los argumentos
- Objetivo de aprendizaje: El estudiante comprende los componentes de un argumento y los aplica en la construcción de los mismos.
- Tiempo: 2 horas

El docente explica la guía sobre la buena argumentación, se realizan los ejercicios propuestos en la guía para resolver inquietudes y se propone la realización de ejercicios adicionales donde los estudiantes puedan construir argumentos que contengan tesis, datos, justificación, respaldo, cualificador modal y refutación.

3. SESIÓN 3: Momento teórico sobre genética general

- Objetivo de enseñanza: El estudiante identifica temas generales de genética
- Objetivo de aprendizaje: El estudiante transita del lenguaje cotidiano a un lenguaje científico relacionado con la genética

- Tiempo: 2 horas

El docente explica el fundamento teórico de la genética general que precede a la temática de especial interés de este proyecto sobre agentes mutagénicos. Se abarcarán los siguientes temas:

- Genética
- Bases nitrogenadas
- Ácido desoxirribonucleico ADN
- Dogma centra de la biología molecular

4. SESIÓN 4: Momento teórico sobre agentes mutagénicos

- Objetivo de enseñanza: El estudiante comprende la temática de agentes mutagénicos

- Objetivo de aprendizaje: El estudiante transita del lenguaje cotidiano a un lenguaje científico relacionado los agentes mutagénicos

- Tiempo: 2 horas

El docente explica el fundamento teórico sobre los agentes mutagénicos, sus efectos sobre la molécula del ADN y el organismo en general. Se abarcarán los siguientes temas:

- Mutaciones
- Agentes mutagénicos
- Agentes mutagénicos físicos
- Agentes mutagénicos químicos
- Agentes mutagénicos biológicos

5. SESIÓN 5: Actividad # 1 Práctica de investigación “¿Qué contiene este producto?”

- Objetivo de enseñanza: El estudiante analiza los ingredientes de algún producto del hogar

- Objetivo de aprendizaje: El estudiante establece el potencial efecto mutagénico de los productos del hogar y reflexiona sobre sus efectos.

- Tiempo: 2 horas

En esta sesión el estudiante investigará de manera práctica los ingredientes que contienen algún producto del hogar, reconociendo los ingredientes con potencial efecto adverso sobre la salud del ser humano y reflexionando sobre el uso diario de estos productos.

Se desarrollará el taller propuesto en la actividad y se socializarán las respuestas incentivando los escenarios argumentativos.

6. SESIÓN 6: Actividad # 2 Análisis de video “Homero contamina el lago Springfield”

- Objetivo de enseñanza: El estudiante observa un video y reconoce la temática de estudio

- Objetivo de aprendizaje: El estudiante reflexiona sobre los cambios irreversibles y a menudo tóxicos o letales producidos por los agentes mutagénicos

- Tiempo: 2 horas

Se observará un video con la intención de que los estudiantes reflexionen en un escenario argumentativo, como hilo conductor de las reflexiones se proponen unas preguntas guía.

7. SESIÓN 7: Actividad # 3 Discusión sobre lectura de Marie Curie

- Objetivo de enseñanza: El estudiante lee críticamente una lectura propuesta sobre agentes mutagénicos

- Objetivo de aprendizaje: El estudiante analiza, debate y argumenta su posición sobre la lectura dada.

- Tiempo: 2 horas

Se lleva una lectura al aula con el fin de leerla y posteriormente discutir sobre los aportes de Marie Curie a la ciencia versus los efectos sobre su salud, para esta actividad se proponen unas preguntas guía que orientarán la discusión.

8. SESIÓN 8: Finalización de las intervenciones

- Objetivo de enseñanza: El estudiante resuelve la prueba propuesta
- Objetivo de aprendizaje: El estudiante reconoce su estado final referente a habilidades argumentativas y modelos explicativos.
- Tiempo: 2 horas

En esta sesión se aplica el mismo instrumento inicial de lápiz y papel con el fin de determinar si hubo o no avances en la habilidad argumentativa así como en el aprendizaje de los agentes mutagénicos estableciendo la movilización de los modelos explicativos de los estudiantes.

INSTRUMENTO DE LÁPIZ Y PAPEL

Este cuestionario busca potenciar los procesos argumentativos, mediante la reflexión crítica de diversas situaciones planteadas además de obtener información sobre cómo se desarrolla la habilidad argumentativa paralelo al aprendizaje de los agentes mutagénicos.

ESTIMADO ESTUDIANTE: Por favor responde la totalidad del cuestionario, contesta de forma honesta cada una de las preguntas. Este cuestionario no tiene nota y no afectará tu proceso académico. Recuerda leer detenidamente cada uno de los enunciados y responder justificando tu respuesta, no tienes límite de palabras.

1. MODELO GENÉTICO COTIDIANO

¿Tú por qué crees que nos parecemos a nuestros padres? Argumenta tu respuesta

¿Qué es la herencia genética y para qué crees que sirve en los seres vivos? Explica claramente tu respuesta.

2. MODELO MUTACIONES

Una mutación se refiere a un cambio o alteración en la información genética de un organismo. Argumenta las razones por la que estás a favor o en contra de esa expresión.

En el ADN, ¿Cómo crees que ocurren las mutaciones? Argumenta tu respuesta.

Una mutación puede resultar beneficiosa cuando da origen a un carácter ventajoso o puede ser dañina cuando ocasiona efectos negativos para el ser vivo. Argumenta las razones por la que estás a favor o en contra de esa expresión.

3. MODELO DE AGENTES MUTAGÉNICOS FÍSICOS

Lee la siguiente situación y responde:

“Un campesino sale a diario a recoger sus cosechas, él no usa bloqueador solar ni cubre totalmente su rostro y brazos, al volver a casa llega con su piel enrojecida y con algo de quemaduras”

¿Crees que lo sucedido en la piel del campesino tiene algún efecto negativo? Argumenta tu respuesta

¿Por qué crees que la piel del campesino se enrojeció?

¿Pasará algo más en el cuerpo del campesino adicional al enrojecimiento?

4. MODELO DE AGENTES MUTAGÉNICOS QUÍMICOS

¿Consideras que es mejor consumir alimentos naturales y orgánicos o consumir alimentos procesados y de paquetes? Explica tu respuesta.

Lee la siguiente situación y responde:

“Una famosa compañía mundial de productos agrícolas puso una sucursal en un municipio Colombiano. En el proceso de fabricación de sus productos muchos de los desechos y desperdicios químicos fueron arrojados al río más cercano”

¿Crees que estos desechos y desperdicios podrían tener efectos sobre los seres humanos u organismos vivos del municipio? Argumenta tu respuesta.

5. MODELO DE AGENTES MUTAGÉNICOS BIOLÓGICOS

Lee la siguiente afirmación y responde:

“El VIH se adueña poco a poco de nuestro organismo atacando y debilitando el sistema inmunológico”

¿Por qué crees que este virus se adueña del organismo, lo ataca y lo debilita?

¿Por qué crees que hasta el momento no hay una vacuna contra el VIH?

¿Qué crees que sucede con este virus que hasta el momento nadie ha podido desarrollar una vacuna para evitarlo o eliminarlo?

ESCENARIOS ARGUMENTATIVOS

Objetivo:

Generar encuentros de reflexión crítica para debatir acerca de una situación problematizadora y establecer los niveles y la calidad de los argumentativos en los estudiantes que participan.

Reglas:

Es de vital importancia tener en cuenta las siguientes reglas antes de iniciar el escenario argumentativo, para que este se desarrolle de forma adecuada:

1. Realizar sus aportes teniendo en cuenta el valor del respeto y la escucha, para que se llegue a una buena comunicación.
2. Realizar sus aportes e intervenciones de forma clara utilizando un lenguaje adecuado que evite malos entendidos, de igual forma interpretar con cuidado los puntos de vista de lo demás participantes.
3. Expresar lo que comprenden desde su propia cotidianidad, refutar conceptos si es necesario y no a la persona que los sostiene, decir el porqué de las cosas, y explicar generando un ambiente de socialización.
4. Pueden aportar sus opiniones libremente respetando los turnos para intervenir, o pedir la palabra para no interrumpir a la persona que esté argumentando en ese momento.
5. Estar dispuesto a defender sus argumentos y opiniones si así se lo solicitan.

Momentos: El escenario argumentativo se desarrolla a través de tres momentos clave (Trujillo, 2018):

- a) Confrontación: se presenta una situación problematizadora con la cual los participantes podrán plantear sus opiniones y manifestar si están o no de acuerdo.
- b) Argumentación: momento donde surgen los argumentos o razones para defender o refutar los puntos de vista que se presentan, los cuales serán analizados y discutidos.
- c) Conclusión: genera el cierre del debate, fijando las conclusiones sobre las discusiones planteadas.

GUIA DE LA BUENA ARGUMENTACIÓN

Diferentes autores a través de la historia han reflexionado sobre la importancia de la argumentación, uno de ellos es Anthony Weston (2001) quien plantea que «dar un argumento» significa ofrecer un conjunto de razones o de pruebas en apoyo de una conclusión. Aquí, un argumento no es simplemente la afirmación de ciertas opiniones, ni se trata simplemente de una disputa, los argumentos son intentos de apoyar ciertas opiniones con razones.

El argumento es esencial, en primer lugar, porque es una manera de tratar de informarse acerca de que opiniones son mejores que otras. No todos los puntos de vista son iguales. Algunas conclusiones pueden apoyarse en buenas razones, otras tienen un sustento mucho más débil. Pero a menudo, desconocemos cual es cual. Tenemos que dar argumentos en favor de las diferentes conclusiones y luego valorarlos para considerar cuan fuertes son realmente. En este sentido, un argumento es un medio para indagar.

Argumentar es importante también porque una vez que hemos llegado a una conclusión bien sustentada en razones, la explicamos y la defendemos mediante argumentos. Un buen argumento no es una mera reiteración de las conclusiones. En su lugar, ofrece razones y pruebas, de tal manera que otras personas puedan formar sus propias opiniones por sí mismas.

Teniendo en cuenta las investigaciones realizadas para conocer más sobre los procesos argumentativos, se toma como punto de partida las matrices argumentativas presentadas por Toulmin (1958) quien planteó una estructura compuesta que se caracteriza por contener los siguientes componentes:

- **T = Tesis:** es una hipótesis que se propone, que se va a defender, el asunto a debatir, a demostrar o a sostener, el punto de vista que la persona quiere mantener, la proposición que se aspira que otro acepte.

En el siguiente ejemplo se mostrará la respuesta a una determinada pregunta, donde se utiliza letra en **negrilla** para resaltar cada componente de la estructura del argumento.

Ejemplo: Ante la pregunta: ¿Puedo tomar una bebida azucarada? Una persona puede responder: **“las bebidas azucaradas son muy malas”** (T).

- **D = Datos:** son evidencias, hechos o informaciones que apoyan la tesis. Estas pruebas nos permiten sostener nuestro punto de vista a defender y que son la mayor fuente de credibilidad. Estos datos aportan información que se ofrece para soportar la premisa o tesis. Existen diversos tipos de evidencias: estadísticas, citas, reportes, evidencias físicas.

Ejemplo: Retomemos la pregunta: ¿Puedo tomar una bebida azucarada? Alguna personas respondió lo siguiente: “las bebidas azucaradas son muy malas” (T). Para sostener esta tesis, la misma persona aportó los siguientes datos: **Según diferentes investigaciones se ha comprobado que grandes cantidades de azúcar pueden producir obesidad.** (D)

- **J = Justificación:** razones que se proponen para justificar las conexiones entre la tesis y los datos; es decir, la justificación es el puente que une a los datos con la a tesis que proponemos. Como su nombre lo indica, justifica la importancia de los datos.

Ejemplo: Continuando con la pregunta ¿Puedo tomar una bebida azucarada?, una persona respondió: las bebidas azucaradas son muy malas (T). Según diferentes investigaciones se ha comprobado que grandes cantidades de azúcar pueden producir obesidad (D) **por lo tanto el azúcar puede enfermarte.** (J)

- **R = Respaldo:** apoya a la justificación. Puede ser un estudio científico, una estadística, o una creencia firmemente arraigada dentro de una comunidad científica., para que nuestro argumento sea fuerte. El respaldo es similar a los datos en el sentido de que se expresa por medio de estadísticas, testimonios o ejemplos, sin embargo, se distingue en que el respaldo apoya a la justificación, mientras que los datos apoyan a la tesis.

Ejemplo: La persona que propuso “las bebidas azucaradas son muy malas” (T), justificó su tesis con lo siguiente: “el azúcar puede enfermarte” (J). Ahora para sostener esta justificación debe tener un respaldo científico o teórico para haber dicho esta conclusión. Esta persona indagó en el internet y halló que: **El Instituto Nacional de Salud dice que 1 de cada 100 personas que consumen en exceso bebidas azucaradas junto con estilos de vida poco activos, presentan un aumento de peso corporal, trastornos metabólicos y cardiovasculares** (R). Esta investigación de la persona es lo que consideramos como respaldo.

- **Q = Cualificador modal:** proporciona un grado de verdad o certeza al argumento. Los argumentos que planteamos deben proponer un grado de verdad o certeza de lo que estamos diciendo, es decir darle un grado de fuerza a la tesis para que pueda ser aceptado o no por las otras personas. Este grado de verdad o de fuerza se conoce como cualificador modal.

Ejemplo: las bebidas azucaradas son muy malas (T). Según diferentes investigaciones se ha comprobado que grandes cantidades de azúcar puede producir obesidad. (D) por lo tanto el azúcar puede enfermarte (J) **gravemente** (Q). El Instituto Nacional de Salud dice que 1 de cada 100 personas que consumen en exceso bebidas azucaradas junto con estilos de vida poco activos, presentan un aumento de peso corporal, trastornos metabólicos y cardiovasculares (R).

Se señala la palabra “**gravemente**” porque con esta la persona pretende darle fuerza a la probabilidad de que el azúcar enferma personas.

- **F = Refutación:** es una excepción de la tesis y con esta se refuta el argumento. Para un investigador es fundamental encontrar rechazos para contraponer posturas y criterios de los autores sobre un mismo asunto y de esta manera hacer sus argumentos más potentes.

Ejemplo: Para nuestro argumento sobre los efectos negativos del azúcar en las personas, también podemos tener en cuenta que la principal función del azúcar es proporcionar la energía que nuestro organismo necesita para el funcionamiento de

los diferentes órganos, por ende, **el azúcar consumido en cantidades moderadas, y en el contexto de una dieta equilibrada y de vida activa, es un componente que permite una correcta actividad física e intelectual en nuestro cuerpo (F).**

Esta idea nos ayuda a contraponer en cierto modo las ideas que se han venido presentando sobre el azúcar y tener en cuenta los otros argumentos de las otras personas que pudiesen estar de acuerdo con su consumo.

De esta manera el argumento final para la pregunta ¿Puedo tomar una bebida azucarada? quedaría estructurado así:

Las bebidas azucaradas son muy malas **(T)**. Según diferentes investigaciones se ha comprobado que grandes cantidades de azúcar puede producir obesidad. **(D)** por lo tanto el azúcar puede enfermarte **(J)** gravemente **(Q)**. El Instituto Nacional de Salud dice que 1 de cada 100 personas que consumen en exceso bebidas azucaradas junto con estilos de vida poco activos, presentan un aumento de peso corporal, trastornos metabólicos y cardiovasculares **(R)**, pero el azúcar consumido en cantidades moderadas, y en el contexto de una dieta equilibrada y de vida activa, es un componente que permite una correcta actividad física e intelectual en nuestro cuerpo **(F)**.

Querido estudiante:

Ahora, lee la siguiente situación y responde la pregunta construyendo un argumento que contenga tesis, datos, justificación, respaldo, cualificador modal y refutación:

“En la huerta orgánica de una casa, una familia ha sembrado plantas de yuca, plátano, frijol, café y maní. Cierta día una plaga de insectos llegó a comerse las plantas de frijol, ¿Cómo podemos tratar esta plaga?

ESCENARIO ARGUMENTATIVO ACTIVIDAD # 1

Práctica de investigación “¿Qué contiene este producto?”

Introducción:

La etiqueta de los productos es una parte importante que debe estar visible en el empaque y cuya finalidad es la de brindarle al cliente una información útil que le permita en primer lugar, identificar el producto mediante su nombre y marca; y en segundo lugar, conocer sus características, ingredientes y componentes.

Todos los productos que venden en el mercado por ley deben mostrar sus ingredientes de composición, los cuales tienen un orden de aparición en la lista: aparecen primero los ingredientes con mayor cantidad de este en el producto y de ultimo los ingredientes cuyas cantidades son muy mínimas.

En estas etiquetas de ingredientes se incluyen a menudo nombres químicos poco conocidos, químicos que se utilizan masivamente y forman parte de nuestras vidas, tanto en el hogar, la escuela, o el entorno social. Algunos de estos químicos se consideran agentes mutagénicos y son peligrosos para la salud del ser humano cuando se exceden las proporciones de uso recomendadas. Cuando estos químicos son consumidos en cantidades suficientes, pueden destruir nutrientes; ser carcinogénicos, mutagénicos o teratogénicos y pueden causar intoxicaciones o enfermedades severas e incluso la muerte, debido a su efecto en el cuerpo humano.

Objetivos:

- Investigar los ingredientes que contienen los productos del hogar.
- Reconocer los ingredientes con potencial efecto adverso sobre la salud del ser humano.
- Reflexionar sobre el uso diario de estos productos.

Materiales:

- Producto del hogar (paquete de alimentos, producto de aseo personal o del hogar, bebidas embotelladas, producto de jardinería, etc...)

- Libreta de apuntes

- Internet

Guía de trabajo:

Observa la etiqueta del producto que te interesa investigar y responde las siguientes preguntas:

1. ¿Qué producto vas a investigar? ¿Cómo se llama?
2. ¿Cuáles son sus ingredientes? Escríbelos todos
3. Selecciona 3 ingredientes, investiga en internet la ficha de seguridad de cada uno y responde:
 - a) ¿Estos ingredientes son tóxicos para el ser humano? Sustenta tu respuesta
 - b) ¿Qué sucede cuando un ser humano los ingiere en grandes cantidades?
 - c) ¿Crees que estos ingredientes son buenos o malos para el ser humano? Sustenta tu respuesta
 - d) ¿Crees que es importante revisar los ingredientes de los productos que usamos a diario? ¿Por qué? Sustenta tu respuesta
 - e) ¿Sucede algo en nuestro cuerpo si consumimos por varios años estos ingredientes? Sustenta tu respuesta
 - f) ¿Qué te fue lo que más te llamó la atención de hacer esta investigación?
4. Redacta una conclusión general de lo que aprendiste en esta investigación.

ESCENARIO ARGUMENTATIVO ACTIVIDAD # 2

Análisis de video “Homero contamina el lago Springfield”

<https://www.youtube.com/watch?v=PRfo6V2gnmc>

Introducción:

Las actividades agropecuarias y los residuos de alimentos, entre otros; generan desperdicios tóxicos y sus vertimientos a fuentes hídricas como ríos y lagos ingresan en un ecosistema a una velocidad que excede la capacidad normal de éste para procesarlos y distribuirlos, constituyéndose en un problema de contaminación ambiental química, la cual puede desencadenar mutaciones, alterando los códigos en la secuencia del ácido desoxirribonucleico (ADN) de los organismos vivos que habitan ese ambiente.

Estos contaminantes químicos pueden introducirse en tejidos y órganos ocasionando cambios irreversibles y a menudo tóxicos o letales, como consecuencia de reacciones químicas descontroladas que se producen.

Objetivos:

- Reflexionar sobre el video “Homero contamina el lago Springfield”

Materiales:

- Computador
- Libreta de apuntes

Guía de trabajo:

Observar atentamente el video y responder las siguientes preguntas:

- a) ¿Qué sucedió en el video?
- b) ¿Qué efectos produce sobre los seres vivos lo que hizo Homero?
- c) ¿Cuál es tu opinión personal sobre el video?

- d) ¿Beberías agua de un lago donde sabes que se vertieron químicos? Sustenta tu respuesta.
- e) ¿Conoces otro caso de contaminación química? ¿Tuvo algún efecto negativo sobre los seres vivos? ¿Qué pasó?

ESCENARIO ARGUMENTATIVO ACTIVIDAD # 3

Discusión sobre lectura de Marie Curie

<https://actualidad.rt.com/actualidad/233984-marie-curie-producto-curar-cancer-causar-enfermedad>

Introducción:

Desde el descubrimiento de los Rayos X en 1895 los estudios y usos médicos de las radiaciones han ido evolucionado a lo largo de los años. Actualmente son muchas sus aplicaciones en el diagnóstico de enfermedades (Radiología general, mamografía, TAC...) y en el tratamiento de enfermedades (radioterapia y braquiterapia), pero al mismo tiempo, pueden producir efectos dañinos sobre las estructuras biológicas del ser humano causando daños y alterando la estructura de la materia.

Objetivos:

- Discutir sobre los aportes de Marie Curie a la ciencia vs. los efectos sobre su salud.

Materiales:

- Lectura impresa
- Libreta de apuntes

Guía de trabajo:

Leer atentamente la lectura titulada "...” para posteriormente aportar al debate que se realizará con los demás compañeros.

Preguntas guía del debate:

- ¿De que murió Marie Curie?
- ¿Cómo se produjo la enfermedad de Marie Curie?
- ¿Hay forma de evitar los riesgos que tuvo Marie Curie?
- ¿Qué sucede cuando uno va a que le saquen una radiografía? ¿Toman cuidados? ¿Por qué?
- Además de los rayos x, ¿Qué otros tipos de rayos conocen que pueden afectar al ser humano? ¿Qué producen? ¿Cómo los evitamos?