



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 2

Neiva, 25 de enero de 2019

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

NEIVA-HUILA

El (Los) suscrito(s):

Marilyn Oliveros Calderón, con C.C. No. 1075295029 de Neiva.

Leidy Lorena Bastidas Vargas, con C.C. No. 1075292388 de Neiva.

Autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado

Titulado: Enseñanza y aprendizaje de la Biología Molecular a través de situaciones problematizadoras y prácticas de laboratorio en estudiantes de grado noveno de la Escuela Normal Superior de Neiva-Huila.

Presentado y aprobado en el año 2019 como requisito para optar al título de: Licenciada en Ciencias Naturales: Física, Química y Biología.

Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional [www.usco.edu.co](http://www.usco.edu.co), link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

2 de 2

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: Marilyn Oliveros Calderón

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: [Handwritten Signature]



**TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO:** Enseñanza y aprendizaje de la Biología Molecular a través de situaciones problematizadoras y prácticas de laboratorio en estudiantes de grado noveno de la Escuela Normal Superior de Neiva – Huila

**AUTOR O AUTORES:**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Bastidas Vargas	Leidy Lorena
Oliveros Calderón	Marilyn

**DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Mosquera	Jonathan Andrés
Amórtegui Cedeño	Elías Francisco

**ASESOR (ES):**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Mosquera	Jonathan Andrés
Amórtegui Cedeño	Elías Francisco

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE:** Licenciada en Ciencias Naturales: Física, Química y Biología

**FACULTAD:** Educación

**PROGRAMA O POSGRADO:** Licenciatura en Ciencias Naturales: Física, Química y Biología

**CIUDAD:** Neiva

**AÑO DE PRESENTACIÓN:** 2019

**NÚMERO DE PÁGINAS:** 390

**TIPO DE ILUSTRACIONES** (Marcar con una X):

Diagramas  Fotografías  Grabaciones en discos \_\_\_ Ilustraciones en general  Grabados \_\_\_ Láminas \_\_\_  
Litografías \_\_\_ Mapas \_\_\_ Música impresa \_\_\_ Planos \_\_\_ Retratos \_\_\_ Sin ilustraciones \_\_\_ Tablas o Cuadros

**SOFTWARE** requerido y/o especializado para la lectura del documento:

Vigilada mieducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional [www.usco.edu.co](http://www.usco.edu.co), link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	2 de 3
--------	--------------	---------	---	----------	------	--------	--------

**MATERIAL ANEXO:** Guías de trabajo

**PREMIO O DISTINCIÓN** (*En caso de ser LAUREADAS o Meritoria*): Meritoria

**PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:**

**Español**

**Inglés**

- |   |                               |
|---|-------------------------------|
| 1. <u>Enseñanza-aprendizaje</u>         | <u>Teaching-learning</u>      |
| 2. <u>Concepciones</u>                  | <u>Conceptions</u>            |
| 3. <u>Situaciones problematizadoras</u> | <u>Problematic situations</u> |
| 4. <u>Prácticas de laboratorio</u>      | <u>Laboratory practices</u>   |
| 5. <u>Biología Molecular</u>            | <u>Molecular biology</u>      |

**RESUMEN DEL CONTENIDO:** (Máximo 250 palabras)

Presentamos resultados de una investigación educativa en el marco de la enseñanza y aprendizaje de la Biología Molecular a través de situaciones problematizadoras y prácticas de laboratorio con estudiantes de grado noveno en la región Sur de Colombia. El estudio lo desarrollamos en el marco de la investigación mixta, un diseño no experimental, de tipo transeccional, exploratorio y descriptivo, en el cual usamos cuestionarios para indagar ideas previas sobre estructuras y procesos característicos de la biología molecular. y para la sistematización, realizamos una tipificación promedio, evaluando la desviación estándar en el software SPSS.

La población de estudio corresponde a estudiantes de noveno grado de la Escuela Normal Superior de Neiva durante el periodo del año 2017B, 36 estudiantes con edades entre 14 y 17 años y pertenecientes a los estratos socioeconómicos 1 y 2. En este, se reconocieron las dificultades de aprendizaje que presentan los y las estudiantes con relación a los conceptos, estructuras, procesos, métodos técnicas, propios de la Biología Molecular, por lo cual, desde la intervención didáctica, basada en situaciones problematizadoras y prácticas de laboratorio, logramos favorecer la reestructuración de modelos mentales, la promoción de nuevos conocimientos, la movilización de ideas, y el desarrollo de competencias y la generación de actitudes científicas, en torno a estructuras, procesos y procedimientos experimentales de la Biología Molecular.



**ABSTRACT:** (Máximo 250 palabras)

We present the results of an educational investigation within the framework of the teaching and learning of Molecular Biology through problematizing situations and laboratory practices with ninth grade students in the South region of Colombia. The study was developed in the framework of mixed research, a non-experimental, transectional, exploratory and descriptive design, in which we used questionnaires to investigate previous ideas about structures and processes characteristic of molecular biology. and for the systematization, we perform an average typing, evaluating the standard deviation in the SPSS software.

The study population corresponds to students of ninth grade of the Normal Superior School of Neiva during the period of the year 2017B, 36 students with ages between 14 and 17 years and belonging to socioeconomic strata 1 and 2. In this, difficulties were recognized of learning presented by students in relation to the concepts, structures, processes, technical methods, typical of Molecular Biology, so that, from the didactic intervention, based on problematizing situations and laboratory practices, we managed to favor the restructuring of mental models, the promotion of new knowledge, the mobilization of ideas, and the development of competencies and the generation of scientific attitudes, around structures, processes and experimental procedures of Molecular Biology.

**APROBACION DE LA TESIS**

**Nombre Presidente Jurado:**

Firma:

**JHON FREDY CASTAÑEDA GÓMEZ**

Jefe de Programa

**Nombre Jurado:**

Firma:

**SEM VLADIMIR ALVEAR G.**

Jurado

**Nombre Jurado:**

Firma:

**YULY VANESA SÁNCHEZ Q.**

Jurado

**ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LA BIOLOGÍA MOLECULAR A TRAVÉS  
DE SITUACIONES PROBLEMATIZADORAS Y PRÁCTICAS DE  
LABORATORIO EN ESTUDIANTES DE GRADO NOVENO DE LA ESCUELA  
NORMAL SUPERIOR DE NEIVA – HUILA**

**Grupo de Investigación Conocimiento Profesional del Profesor de Ciencias CPPC  
Semillero de Investigación Enseñanza de las Ciencias Naturales - ENCINA**

**Leidy Lorena Bastidas Vargas 20132122091**

**Marilyn Oliveros Calderón 20131119505**

**Asesor: Mg. Jonathan Andrés Mosquera**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
FACULTAD DE EDUCACIÓN  
LICENCIATURA EN CIENCIAS NATURALES: FÍSICA, QUÍMICA Y  
BIOLOGIA  
NEIVA  
2019**

**ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LA BIOLOGÍA MOLECULAR A TRAVÉS  
DE SITUACIONES PROBLEMATIZADORAS Y PRÁCTICAS DE  
LABORATORIO EN ESTUDIANTES DE GRADO NOVENO DE LA ESCUELA  
NORMAL SUPERIOR DE NEIVA – HUILA**

**Grupo de Investigación Conocimiento Profesional del Profesor de Ciencias - CPPC  
Semillero de Investigación Enseñanza de las Ciencias Naturales - ENCINA**

**Investigadores Principales:**

**Leidy Lorena Bastidas Vargas**

**Marilyn Oliveros Calderón**

**Asesor: Mg. Jonathan Andrés Mosquera**

**Co-Asesor: Dr. Elías Francisco Amórtegui Cedeño**

**Trabajo de grado presentado para optar al título de Licenciado en Ciencias  
Naturales: Física, Química y Biología.**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN**

**LICENCIATURA EN CIENCIAS NATURALES: FÍSICA, QUÍMICA Y  
BIOLOGÍA**

**2019**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

**Presidente del Jurado**

---

**Jurado**

---

**Jurado**

**Neiva, enero de 2019**

## DEDICATORIA

*Quiero dedicar esta tesis única y exclusivamente a quienes le dan sentido a mi vida: Dios y mi familia. A mi madre Fernanda Vargas, por ser mi inspiración principal, por creer siempre en mí, por su apoyo incondicional, por enseñarme el significado de amar a través de sus actos, por inculcar en mí virtudes y principios que reflejan el ejemplo de su esfuerzo y valentía, de no temer a las adversidades y luchar por lo que se quiere, sin desfallecer. A mis hermanos Andrés Bastidas, Juan Carlos Vargas y Johan Fernando Bastidas, por ser mi gran orgullo y motivación, por estar siempre para mí, por ser sinónimos de constancia y disciplina, por llenar de alegrías mis días y por hacer de mí, una mejor persona, a través de sus consejos, enseñanzas e invaluable amor. Por eso y mucho más, siempre serán mi prioridad. ¡Los amo!*

### **Leidy Lorena Bastidas Vargas**

*Este proyecto de investigación lo dedico principalmente a mi padre celestial, mi ser, la razón de mi existir, mi vida, mi todo, por haberme concedido la inteligencia, sabiduría, entendimiento y paciencia para finalizar este trabajo de investigación, guiar mis pasos y enseñarme lo grandioso que es vivir. A mi madre Ana María Calderón Prada por todo su amor, acompañamiento y apoyo incondicional. A mi padre Jesús Miller Oliveros Fierro, quien ya no se encuentra aquí, pero desde siempre me brindo su amor, sus consejos, sus enseñanzas y su ejemplo a seguir, a mi hermana Ana Milena Oliveros Calderón, que ante las adversidades, siempre me tendió su mano, y me motivó a seguir adelante, a mi pareja de vida Carlos Alfredo Barragán, mi felicidad, mi sostén, mi fortaleza, el hombre de mi vida, a María del Rosario Losada Silva por ser el motor de superación, motivación, y ganas de salir adelante y a todos mis familiares que de una u otra forma me brindaron su apoyo y confianza, para ustedes los seres que más amo en esta vida, son dedicados todos los frutos de este esfuerzo.*

**Marilyn Oliveros Calderón**

## AGRADECIMIENTOS

En estas líneas, queremos expresar nuestra gratitud primeramente a Dios, por bendecirnos y orientar nuestras vidas, otorgándonos las capacidades y fortalezas necesarias para continuar trazando metas y materializando sueños. A nuestras familias por haber depositado toda la confianza en nosotras y por ser nuestra motivación permanente en este proceso, ya que sin su amor y apoyo no hubiera sido fácil culminar esta carrera profesional.

A los profesores Jonathan Andrés Mosquera y Elías Francisco Amórtegui Cedeño, adscritos al programa de Licenciatura en Ciencias Naturales: Física, Química y Biología de la Universidad Surcolombiana, quienes, con su dedicación, conocimiento, experiencia, paciencia, consejos y correcciones nos guiaron en la investigación, contribuyendo a nuestro crecimiento tanto personal, como profesional.

A los profesores Marino Valdemar Muñoz y Harold Murcia Yagué, docentes de la Institución Educativa Escuela Normal Superior de Neiva, a quienes manifestamos nuestro más grande y sincero agradecimiento por concedernos el tiempo y espacio requerido en el centro educativo para realizar la intervención didáctica en el último periodo académico el año 2017, con los y las estudiantes del grado 902.

Al grupo de intervención, es decir a los 36 estudiantes que cursaban el grado 902 en dicho momento, quienes asumieron un papel protagónico al colaborar con la aplicación de la secuencia didáctica.

A nuestro semillero de investigación ENCINA por las enseñanzas, amistades y vivencias que nos deja, al haber permitido visibilizar nuestro proyecto de investigación en diferentes eventos académicos a nivel local y nacional, asociados a didáctica de las ciencias en cuanto hace referencia a la enseñanza de la Biología y a la formación del profesorado.

A los miembros del jurado de esta tesis, por su disposición y aportes pertinentes en pro del mejoramiento del trabajo investigativo y a todas las personas que de una u otra forma hicieron parte de este gran logro, a todos mil gracias.

## RESUMEN ANALÍTICO EDUCATIVO (R.A.E.)

<b>Tipo de modalidad de grado</b>	<b>Trabajo de Grado</b>
<b>Tipo de impresión</b>	Magnético y Papel
<b>Nivel de circulación</b>	Universidad Surcolombiana Neiva
<b>Acceso al documento</b>	Biblioteca Universidad Surcolombiana
<b>Título</b>	Enseñanza y Aprendizaje de la Biología Molecular a través de situaciones problematizadoras y prácticas de laboratorio en estudiantes de grado noveno de la Escuela Normal Superior de Neiva-Huila
<b>Estudiantes</b>	Leidy Lorena Bastidas Vargas – Marilyn Oliveros Calderón
<b>Asesor</b>	Jonathan Andrés Mosquera (1)
<b>Co-asesor</b>	Francisco Elías Amórtegui Cedeño
<b>Filiación</b>	1. Docente Catedrático del Programa de Licenciatura en Ciencias Naturales: Física, Química y Biología, Facultad de Educación, Universidad Surcolombiana. Investigador del grupo Conocimiento Profesional del Profesor de Ciencias – CPPC.
<b>Disciplina</b>	Educación en Ciencias
<b>Área de estudio</b>	Formación de Profesores
<b>Grupo/Semillero de Investigación</b>	ENCINA- Enseñanza de las Ciencias Naturales
<b>Publicación</b>	Bastidas, L. L., Oliveros, M. (2019). <i>Enseñanza y Aprendizaje de la Biología Molecular a través de situaciones problematizadoras y prácticas de laboratorio en estudiantes de grado noveno de la Escuela Normal Superior de Neiva-Huila</i> (Tesis de Pregrado). Neiva, Colombia, Universidad Surcolombiana.
<b>Síntesis</b>	Presentamos resultados de una investigación educativa en el marco de la enseñanza y aprendizaje de la Biología Molecular a través de situaciones problematizadoras y prácticas de laboratorio con estudiantes de grado noveno en la región Sur de Colombia. El estudio lo desarrollamos en el marco de la investigación mixta, un diseño no experimental, de tipo transeccional, exploratorio y descriptivo, en el cual usamos cuestionarios para indagar ideas previas sobre estructuras y procesos característicos de la biología molecular.

	<p>y para la sistematización, realizamos una tipificación promedio, evaluando la desviación estándar en el software SPSS.</p> <p>La población de estudio corresponde a estudiantes de noveno grado de la Escuela Normal Superior de Neiva durante el periodo del año 2017B, 36 estudiantes con edades entre 14 y 17 años y pertenecientes a los estratos socioeconómicos 1 y 2. En este, se reconocieron las dificultades de aprendizaje que presentan los y las estudiantes con relación a los conceptos, estructuras, procesos, métodos técnicas, propios de la Biología Molecular, por lo cual, desde la intervención didáctica, basada en situaciones problematizadoras y prácticas de laboratorio, logramos favorecer la reestructuración de modelos mentales, la promoción de nuevos conocimientos, la movilización de ideas, y el desarrollo de competencias y la generación de actitudes científicas, en torno a estructuras, procesos y procedimientos experimentales de la Biología Molecular.</p>
<b><i>Palabra clave</i></b>	Concepciones, Biología Molecular, Situaciones problematizadoras, Prácticas de laboratorio.
<b><i>Fuentes</i></b>	El presente trabajo cuenta con 300 fuentes bibliográficas.
<b><i>Problemas</i></b>	<p>Recientemente el MEN, formuló unos estándares básicos de competencias en ciencias naturales, con el fin de lograr fomentar el pensamiento científico y crítico en los estudiantes del país y precisando en ellos que de octavo a noveno nivel de biología, los estudiantes deberán abarcar temáticas propias de la biología molecular. Sin embargo, Jiménez (2003) y Smith (1988) explican que tanto los docentes como los estudiantes piensan que abordar temas con relación a este componente requiere de un incremento en los niveles de comprensión a raíz de la abstracción y dualidad entre lo microscópico y macroscópico, así como su relación con la realidad. En efecto, Polanco (2011) afirma que el perfil de la ciencia que se enseñe y se aprenda por los estudiantes es el reflejo de las metodologías didácticas empleadas en clases.</p> <p>Por su parte, la Escuela Normal Superior de Neiva, se centra en la misión de “formar maestros íntegros en y para la vida” con una calidad pedagógica, la cual se ve afectada por distintos factores que obstaculizan la implementación de estrategias didácticas como es el caso de los trabajos prácticos de laboratorio, que no se desarrollan por falta de presupuesto, materiales, laboratorios y en general insumos requeridos para la aplicación de dichas metodologías. Esto, ha puesto en duda la calidad de la enseñanza que se imparte en el área de ciencias naturales y la eficacia de las estrategias pedagógicas adoptadas por los docentes, problemática reflejada en los resultados obtenidos en las pruebas ICFES, en donde los rangos para el componente biológico han oscilado entre medio y bajo.</p>

<b><i>Pregunta problema</i></b>	¿Cómo se favorece el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Biología Molecular a través de situaciones problematizadoras y trabajos prácticos de laboratorio en estudiantes de grado noveno de la Escuela Normal Superior de Neiva-Huila?
<b><i>Objetivos</i></b>	<p><b>General</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Favorecer el proceso de enseñanza–aprendizaje de la biología molecular a través de situaciones problematizadoras y prácticas de laboratorio en estudiantes de grado noveno de la escuela normal superior de Neiva, Huila.</li> </ul> <p><b>Específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistematizar las concepciones que tienen los estudiantes del grado noveno de la ENS, sobre biología molecular, antes y después de la intervención didáctica.</li> <li>• Diseñar y aplicar una secuencia de clase para la enseñanza y aprendizaje de la biología molecular a través de situaciones problematizadoras y prácticas de laboratorio.</li> <li>• Establecer las contribuciones de la intervención didáctica, con relación a la progresión de las concepciones de los estudiantes sobre biología molecular.</li> </ul>
<b><i>Población</i></b>	Estudiantes de noveno grado de la Institución Educativa Escuela Normal Superior de Neiva-Huila
<b><i>Metodología</i></b>	El presente trabajo tiene una metodología de tipo mixto, diseño no experimental, de tipo transeccional, exploratorio y descriptivo con método de análisis de contenido mediante el software <i>Atlas ti</i> , y un análisis estadístico básico de datos cuantitativos con el paquete SPSS. Para la recolección de información aplicamos un cuestionario con el fin de evaluar las concepciones sobre estructuras, procesos y procedimientos propios de la biología molecular al inicio y al final del proceso educativo. Así mismo, diseñamos guías para la intervención didáctica, las cuales fueron abarcadas durante seis semanas del mes de septiembre y octubre del año 2017B. Así pues, fue posible la consolidación de 3 etapas que rigieron la investigación, la etapa inicial en donde llevamos a cabo toda la consulta bibliográfica de los principales temas de biología molecular y de la enseñanza y el aprendizaje de éstos a través de situaciones problemas y prácticas de laboratorios artesanales; la etapa de desarrollo, en la cual a su vez con tres fases, desarrollamos la contextualización, la aplicación del cuestionario inicial, el trabajo en clase, el trabajo práctico y la aplicación del cuestionario final respectivamente; y la etapa final a través de la cual mostramos los resultados finales y alcances del

	<p>proyecto, respecto a las actividades y metodologías aplicadas en el aula durante la intervención didáctica, al marco teórico, los antecedentes y el planteamiento del problema puesto en conocimiento con anterioridad.</p>
<p><b>Resultados</b></p>	<p>En fundamento con los resultados alcanzados en la aplicación de los cuestionarios, pre y pos test, con base a los 13 interrogantes efectuados en un momento antes y después de la intervención didáctica, destacamos que inicialmente las concepciones estaban alejadas en términos de confusión o en desconocimiento total, evidenciando así la dificultad que presentaban los estudiantes para identificar ubicación, composición, estructuración, e importancia biológica de algunas estructuras biomoleculares tales como el ADN, ARN, los cromosomas, los ribosomas, y su relación con algunos procesos genéticos vitales tales como duplicación, transcripción y traducción, mecanismos de manipulación e ingeniería genética. En efecto, después de la intervención didáctica, evidenciamos una significativa progresión conceptual, procedimental y actitudinal, en donde los estudiantes construyeron conocimientos organizados en torno a la estructura, composición correlación e importancia del material genético en los diferentes procesos celulares para el almacenamiento y transferencia de la información genética. Así mismo mediante las prácticas de laboratorio, lograron desarrollar habilidades procedimentales las cuales se dieron desde las conexiones entre la teoría y el fenómeno establecido a fin de dar solución a los interrogantes planteados, desde el quehacer práctico. A su vez, la apropiación de métodos y procesos científicos para la validación de resultados, y la adquisición de actitudes como la disciplina, autonomía en la toma de decisiones, el compromiso. Con ello, logramos favorecer el proceso de aprendizaje desde un fundamento teórico- práctico y la construcción significativa de estructuras mentales que permitieron la elaboración y comprensión de conceptos y procesos moleculares dinámicos propios de la Biología Molecular, así mismo, el fortalecimiento de habilidades científicas y actitudes positivas y reflexivas en torno a las temáticas y a los avances en el campo de la genética, la clonación, los transgénicos, y la biotecnología, que pese a que son de gran importancia dada su implicación en la globalización e impacto social, ético y cultural, son promovidos por los y las estudiantes en la mejora de la calidad de vida. En cuanto a los resultados pedagógicos, encontramos que a partir de la aplicación del software SPSS el cual estima las diferencias significativas entre los conocimientos previos y los conocimientos finales, se da validez a la hipótesis alternativa, confirmando el progreso en las concepciones del profesorado participante después de la aplicación de la intervención didáctica.</p>
<p><b>Conclusiones</b></p>	<p>La implementación de situaciones problematizadoras y prácticas de laboratorio como estrategias mediadoras nos permitió favorecer el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Biología Molecular, promoviendo y reestructurando concepciones en torno a estructuras, procesos y</p>

	<p>procedimientos propios de esta rama de la Biología, desarrollando habilidades, capacidades y destrezas cognitivas, críticas, analíticas, e investigativas, como las de pensamiento científico, tales como la formulación de preguntas, la observación, la descripción, el registro de datos, la elaboración de hipótesis y procedimientos, y la interpretación, argumentación y discusión de la información, y a su vez actitudes positivas y reflexivas en torno a temáticas controversiales y de interés público en el mundo actual, como lo es la biotecnología, manipulación e ingeniería genética.</p> <p>En efecto, en torno a las concepciones finales alcanzadas luego de la intervención didáctica, evidenciamos que los conocimientos en torno a la estructura del ADN, con <b>Cadena doble, bases nitrogenadas Adenina, Guanina, Citosina, Timina y azúcar desoxirribosa</b>; ubicación del ADN, con <b>núcleo-cromosoma</b>; las técnicas y herramientas para la extracción u observación del ADN, con el <b>procedimiento</b> detallado, el uso biológico, instrumental y equipamiento; la estructura del ARN, con <b>Cadena sencilla-bases nitrogenadas Uracilo en lugar de Timina, Azúcar ribosa</b>; ubicación del ARN, con <b>núcleo-nucleolo-ribosoma</b>; la relación entre ARN y ADN funcional con <b>Transcripción-Traducción</b>; el reconocimiento de la estructura, composición, ubicación estructuración e importancia biológica del cromosoma, con las subcategorías <b>cromosoma, núcleo-nucleoide, ADN, enrollamiento ADN por proteínas, almacena y transfiere información</b>; la importancia biológica del ribosoma, con la <b>síntesis de proteínas</b>; la influencia del alimento consumido, que <b>interviene síntesis de AA y proteínas</b>; la definición de manipulación genética en donde se <b>altera material genético</b>; la incidencia de ciertas sustancias y agentes propensos a la formación congénita de alguna <b>alteración genética</b> del feto; sobresalen dentro de las categorías mayormente significativas, lo que pone en evidencia la movilidad conceptual procedimental y actitudinal en torno a la Biología Molecular. Con base a lo anterior, reconocemos y damos créditos a la mediación mediante situaciones problematizadoras y prácticas de laboratorio, como estrategia didáctica que permite en el estudiantado desarrollar conocimientos, procedimientos y actitudes valorativas propias de la actividad científica.</p>
<b>Tipo de trabajo</b>	Investigación definida
<b>Autor del RAE y fecha de elaboración</b>	LLBV, MOC - 23 de enero de 2019

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. Introducción</b> .....	19
<b>2. Planteamiento del Problema</b> .....	21
<b>3. Antecedentes</b> .....	29
3.1 Internacional.....	29
3.2 Nacional .....	36
3.3 Regional .....	44
<b>4. Justificación</b> .....	47
<b>5. Objetivos</b> .....	51
5.1 General .....	51
5.2 Específicos .....	51
<b>6. Marco Teórico</b> .....	52
6.1 Enseñanza de las Ciencias.....	52
6.2 Enseñanza y Aprendizaje de la biología .....	54
6.3 Enseñanza de la biología molecular .....	56
6.3.1 Estándares básicos de competencias en Ciencias Naturales .....	59
6.3.2 Biología Molecular.....	60
6.3.3 El DNA .....	60
6.3.4 El RNA.....	62
6.3.5 El Código Genético .....	63
6.3.6 Replicación.....	64
6.3.7 Transcripción.....	65
6.3.8 Traducción.....	66
6.3.9 Selección Natural .....	66
6.3.10 Mutación .....	67
6.3.11 Anomalías Estructurales.....	67
6.3.12 Clonación .....	68
6.3.13 Manipulación Genética .....	68
6.4 Secuencia de clase.....	69
6.5 Concepciones .....	70
6.6 Situaciones problematizadoras.....	72

6.7	Trabajos prácticos de laboratorio (TPL) .....	75
<b>7.</b>	<b>Metodología</b> .....	<b>78</b>
7.1	Caracterización del grupo .....	78
7.2	Tipo de investigación .....	84
7.3	Enfoque de investigación .....	85
7.4	Diseño de investigación .....	86
7.5	Técnicas de recolección de la información .....	88
7.5.1	Encuesta .....	89
7.5.2	Cuestionario .....	89
7.5.3	Intervención didáctica .....	90
<b>7.6</b>	<b>Técnica de Análisis de Información</b> .....	<b>90</b>
7.6.1	Datos Cualitativos .....	90
7.6.2	Datos Cuantitativos .....	91
7.7	Etapas de la investigación .....	92
<b>8.</b>	<b>Resultados y Discusión</b> .....	<b>95</b>
8.1	Validación del cuestionario.....	95
8.2	Concepciones Iniciales.....	96
8.3	Intervención Didáctica .....	155
8.4	Comparación de las Concepciones iniciales y finales.....	271
<b>9.</b>	<b>Conclusiones</b> .....	<b>323</b>
9.1	Concepciones iniciales .....	323
9.2	Intervención didáctica .....	326
9.3.	Comparación concepciones iniciales y finales.....	328
<b>10.</b>	<b>Recomendaciones</b> .....	<b>333</b>
<b>11.</b>	<b>Referencias</b> .....	<b>334</b>
<b>12.</b>	<b>Anexo</b> .....	<b>351</b>

## LISTADO DE TABLAS

<i>Tabla 1. Recopilación de antecedentes a nivel Internacional. ....</i>	31
<i>Tabla 2. Recopilación de antecedente a nivel Nacional. ....</i>	38
<i>Tabla 3. Recopilación de antecedente a nivel Regional. ....</i>	45
<b>Tabla 4. Relación de los profesionales que validan el cuestionario. ....</b>	<b>95</b>
<i>Tabla 5. Sistema de categorías, media y desviación típica de las subcategorías. ....</i>	98
<b>Tabla 6. Áreas temáticas de la secuencia didáctica con relación a Biología Molecular. ....</b>	<b>156</b>
<b>Tabla 7. Aspectos didácticos de la Temática 1. ....</b>	<b>157</b>
<b>Tabla 8. Aspectos didácticos de la Temática 2. ....</b>	<b>176</b>
<b>Tabla 9. Aspectos didácticos de la Temática 3. ....</b>	<b>210</b>
<b>Tabla 10. Aspectos didácticos de la Temática 4. ....</b>	<b>227</b>
<b>Tabla 11. Aspectos didácticos de la Temática 5. ....</b>	<b>245</b>
<b>Tabla 12. Comparación estadística de las concepciones iniciales y finales del estudiantado frente a la cuestión 1. ....</b>	<b>272</b>
<b>Tabla 13. Comparación del pre y pos test de las concepciones de los y las estudiantes con respecto al interrogante 2. ....</b>	<b>275</b>
<b>Tabla 14. Comparación del pre y pos test de las concepciones de los y las estudiantes con respecto al interrogante 3. ....</b>	<b>278</b>
<b>Tabla 15. Comparación del pre y pos test de las concepciones de los y las estudiantes con respecto al interrogante 3.1. ....</b>	<b>281</b>
<b>Tabla 16. Comparación del pre y pos test de las concepciones de los y las estudiantes con respecto al interrogante 3.2. ....</b>	<b>284</b>
<b>Tabla 17. Comparación del pre y pos test de las concepciones de los y las estudiantes con respecto al interrogante 5. ....</b>	<b>288</b>
<b>Tabla 18. Comparación del pre y pos test de las concepciones de los y las estudiantes con respecto al interrogante 5.1. ....</b>	<b>291</b>
<b>Tabla 19. Comparación del pre y pos test de las concepciones de los y las estudiantes con respecto al interrogante 5.2. ....</b>	<b>294</b>
<b>Tabla 20. Comparación del pre y pos test de las concepciones de los y las estudiantes con respecto al interrogante 5.3. ....</b>	<b>296</b>
<b>Tabla 21. Comparación estadística de las concepciones iniciales y finales del estudiantado frente a la cuestión 5.4. ....</b>	<b>299</b>
<b>Tabla 22. Comparación estadística de las concepciones iniciales y finales del estudiantado frente a la cuestión 6. ....</b>	<b>302</b>
<b>Tabla 23. Comparación estadística de las concepciones iniciales y finales del estudiantado frente a la cuestión 7. ....</b>	<b>304</b>
<b>Tabla 24. Comparación estadística de las concepciones iniciales y finales del estudiantado frente a la cuestión 8. ....</b>	<b>307</b>
<b>Tabla 25. Comparación estadística de las concepciones iniciales y finales del estudiantado frente a la cuestión 9. ....</b>	<b>310</b>
<b>Tabla 26. Comparación estadística de las concepciones iniciales y finales del estudiantado frente a la cuestión 11. ....</b>	<b>316</b>
<b>Tabla 27. Comparación estadística de las concepciones iniciales y finales del estudiantado frente a la cuestión 13. ....</b>	<b>320</b>

## LISTADO DE FIGURAS

<i>Figura 1. Etapas del Ciclo Celular con sus respectivos periodos de interfase (G1, S, G2) y mitosis con el reparto del material genético.....</i>	<b>jError! Marcador no definido.</b>
<i>Figura 2. Proceso de División Celular por Meiosis donde a partir de una célula madre diploide se origina cuatro células hijas haploides diferentes genéticamente a su madre, mediante una Meiosis I y Meiosis II con sus respectivas etapas de Profase, Metafase, Anafase, Telofase y Citocinesis. ....</i>	<b>jError! Marcador no definido.</b>
<i>Figura 3. Número de estudiantes activos en el grado 902.....</i>	78
<i>Figura 4. Edades de los estudiantes del grado 902 en términos de porcentaje.....</i>	79
<i>Figura 5. Género de los estudiantes del grado 902.....</i>	79
<i>Figura 6. Barrios en donde habitan los estudiantes del grado 902 de la ENS.....</i>	80
<i>Figura 7. Limitaciones que padecen los estudiantes del grado 901: Auditiva y visual.....</i>	81
<i>Figura 8. Actividades complementarias que realizan los estudiantes del grado 902.....</i>	82
<i>Figura 9. Asignatura de las Ciencias Naturales que facilita el aprendizaje de los estudiantes del grado 902.....</i>	83
<i>Figura 10. Estrategia planteada por los estudiantes para las clases de Ciencias Naturales.....</i>	84
<b>Figura 11. Representación gráfica del ADN y ARN realizada por E18, en donde se enmarcan las diferencias estructurales, fundamentadas en aspectos y nominaciones generales.....</b>	<b>118</b>
<b>Figura 12. Representación gráfica frente a las diferencias estructurales entre el ADN y ARN realizada por E9.....</b>	<b>119</b>
<b>Figura 13. Representación gráfica frente a las diferencias estructurales entre el ADN y ARN realizada por E30.....</b>	<b>120</b>
<b>Figura 14. Representación gráfica frente a las diferencias estructurales entre el ADN y ARN realizada por E16.....</b>	<b>121</b>
<b>Figura 15. Parte de la guía de trabajo sobre la Temática 1: Historia y epistemología de la Biología Molecular.....</b>	<b>159</b>
<b>Figura 16. Fragmentos del video: “de lo macro a lo micro” (Tomado de <a href="https://www.youtube.com/watch?v=8Are9dDbW24">https://www.youtube.com/watch?v=8Are9dDbW24</a>).....</b>	<b>160</b>
<b>Figura 17. Parte del texto socializado en la actividad 3.....</b>	<b>161</b>
<b>Figura 18. Fragmentos del video: “El descubrimiento de la estructura de doble hélice del ADN” (Tomado de: <a href="https://www.youtube.com/watch?v=XjkUNW-Bj3g">https://www.youtube.com/watch?v=XjkUNW-Bj3g</a>).....</b>	<b>162</b>
<b>Figura 19. Parte de una de las fichas entregadas a los grupos de trabajo para la respectiva personificación y construcción de la línea del tiempo.....</b>	<b>163</b>
<b>Figura 20. Subcategorías identificadas en la Guía 1: Historia sobre el modelo de ADN.....</b>	<b>163</b>
<b>Figura 21. Tendencias identificadas en la subcategoría características.....</b>	<b>164</b>
<b>Figura 22. Tendencias identificadas en la subcategoría Importancia.....</b>	<b>167</b>
<b>Figura 23. Tendencias identificadas en la subcategoría Desarrollo.....</b>	<b>170</b>
<b>Figura 24. Tendencias identificadas en la subcategoría Ubicación.....</b>	<b>172</b>
<b>Figura 25. Tendencias identificadas en la subcategoría Investigación.....</b>	<b>174</b>
<b>Figura 26. Parte de la guía de trabajo sobre la Temática 2: Estructura de los ácidos nucleicos, ADN y ARN.....</b>	<b>178</b>
<b>Figura 27. Proyección de la situación problematizadora “El genoma Simpson” con base al video “Lisa Simpson Genoma” (Tomado de <a href="https://www.youtube.com/watch?v=l2Q_6P4a8cs">https://www.youtube.com/watch?v=l2Q_6P4a8cs</a>).....</b>	<b>179</b>
<b>Figura 28. Elaboración del modelo estructural de ADN y ARN.....</b>	<b>180</b>

<b>Figura 29.</b> Fragmentos del video “ADN vs ARN” (Tomado de <a href="https://www.youtube.com/watch?v=BjEFRONjWIo">https://www.youtube.com/watch?v=BjEFRONjWIo</a> ) .....	180
<b>Figura 30.</b> Práctica de laboratorio: Extracción de ADN.....	181
<b>Figura 31.</b> Práctica de laboratorio: Extracción de ADN, visualización del ADN al microscopio. ....	182
<b>Figura 32.</b> Subcategorías identificadas en la Guía 2: Descifrando la molécula que nos construye.....	182
<b>Figura 33.</b> Tendencias identificadas en la subcategoría ARN .....	184
<b>Figura 34.</b> Tendencias identificadas en la subcategoría Técnicas.....	186
<b>Figura 35.</b> Representación y descripción detallada de los resultados alcanzados en la práctica de laboratorio 1: Extracción del ADN. ....	187
<b>Figura 36.</b> Tendencias identificadas en la subcategoría Cromosomas.....	190
<b>Figura 37.</b> Subcategorías identificadas de la categoría ADN.....	192
<b>Figura 38.</b> Tendencias identificadas en la subcategoría Características ADN .....	193
<b>Figura 39.</b> Tendencias identificadas en la subcategoría Importancia ADN .....	196
<b>Figura 40.</b> Tendencia identificada en la subcategoría Ubicación ADN .....	199
<b>Figura 41.</b> Tendencias identificadas en la subcategoría Definición.....	208
<b>Figura 42.</b> Subcategorías identificadas en la Categoría Gen.....	201
<b>Figura 43.</b> Tendencias identificadas en la subcategoría Ubicación Gen.....	202
<b>Figura 44.</b> Tendencias identificadas en la subcategoría Características Gen.....	204
<b>Figura 45.</b> Parte de la guía de trabajo sobre la Temática 3: Introducción al Dogma central de la Biología Molecular.....	212
<b>Figura 46.</b> Fragmentos de la película “GATTACA” (Tomado de <a href="https://www.youtube.com/watch?v=NPQ4riW2ARw">https://www.youtube.com/watch?v=NPQ4riW2ARw</a> ) .....	213
<b>Figura 47.</b> Implementación juego de las enzimas. ....	214
<b>Figura 48.</b> Fragmentos del video problema “Reescribiendo el mensaje” (Tomado de <a href="https://www.youtube.com/watch?v=OFMUhe1HNOA">https://www.youtube.com/watch?v=OFMUhe1HNOA</a> ) .....	215
<b>Figura 49.</b> Subcategorías identificadas en la Guía 3: Duplicación y Transcripción.....	215
<b>Figura 50.</b> Tendencias identificadas en la subcategoría Cambios.....	216
<b>Figura 51.</b> Tendencias identificadas en la subcategoría Relación ADN-ARN.....	219
<b>Figura 52.</b> Tendencias identificadas en la subcategoría ARN. ....	221
<b>Figura 53.</b> Tendencias identificadas en la subcategoría Importancia Celular. ....	223
<b>Figura 54.</b> Tendencias identificadas en la subcategoría Ubicación. ....	225
<b>Figura 55.</b> Parte de la guía de trabajo sobre la Temática 4: Traducción y Código genético. ....	229
<b>Figura 56.</b> Práctica de laboratorio: Identificando proteínas.....	230
<b>Figura 57.</b> Proyección del abecedario genético.....	231
<b>Figura 58.</b> Proyección del video “Traducción Eucariota-Síntesis de proteínas (Tomado de <a href="https://www.youtube.com/watch?v=YoyFpumWtHo">https://www.youtube.com/watch?v=YoyFpumWtHo</a> ) .....	232
<b>Figura 59.</b> Tablero didáctico con las etapas y fichas que representan los pasos de la síntesis de las proteínas. Adaptación del Repositorio Institucional Universidad Nacional de Colombia. Estrategia lúdico-didáctica, para la enseñanza-aprendizaje de la síntesis y estructura de proteínas.....	232
<b>Figura 60.</b> Subcategorías identificadas en la Guía N4: De camino hacia las proteínas .....	233
<b>Figura 61.</b> Tendencias identificadas en la subcategoría Cambios.....	234
<b>Figura 62.</b> Tendencias identificadas en la subcategoría Características .....	238
<b>Figura 63.</b> Desnaturalización de la proteína del huevo y de la leche, la albumina y la caseína respectivamente, por agentes fisicoquímicos.....	241
<b>Figura 64.</b> Tablero didáctico con las etapas y fichas que representan los pasos de la síntesis de las proteínas. ....	242

<b>Figura 65.</b> Resumida representación gráfica de los procesos del dogma central de la biología molecular realizada mediante el juego “De camino hacia las proteínas” .....	243
<b>Figura 66.</b> Resumida representación gráfica de los procesos del dogma central de la biología molecular realizada mediante el juego “De camino hacia las proteínas” .....	244
<b>Figura 67.</b> Parte de la guía de trabajo sobre la Temática 5: Mutación y Biotecnología .....	247
<b>Figura 68.</b> Proyección del video “Las 10 mutaciones genéticas más extrañas del mundo” (Tomado de <a href="https://www.youtube.com/watch?v=6VZeGIJhFO8">https://www.youtube.com/watch?v=6VZeGIJhFO8</a> ).....	248
<b>Figura 69.</b> Resolución del taller: “Descifrando las malformaciones” .....	249
<b>Figura 70.</b> Proyección de las imágenes. ....	249
<b>Figura 71.</b> Trabajo práctico <i>Drosophila melanogaster</i> : Mutantes en la fruta .....	250
<b>Figura 72.</b> Proyección del video “Aplicaciones de la biotecnología e ingeniería genética” (Tomado y editado de <a href="https://www.youtube.com/watch?v=ghJIEMffVWg">https://www.youtube.com/watch?v=ghJIEMffVWg</a> y <a href="https://www.youtube.com/watch?v=UnbmlcBNgn&amp;t=14s">https://www.youtube.com/watch?v=UnbmlcBNgn&amp;t=14s</a> ) .....	251
<b>Figura 73.</b> Práctica de laboratorio: El hilo de la vida actual .....	252
<b>Figura 74.</b> Representación de los caracteres fisiológicos que diferencian el estudiantado en la mosca de la fruta. E14. ....	264
<b>Figura 75.</b> Colores de la biotecnología, correspondiente a cada sector de aplicación (Tomada de Biotecnología UPP ). ....	266
<b>Figura 76.</b> Representación fermentación alcohólica realizada por E11. ....	267
<b>Figura 77.</b> Representación fermentación alcohólica realizada por E24. ....	268
<b>Figura 78.</b> Comparación de las concepciones obtenidas en el pre y pos test con relación a la pregunta 1. ....	273
<b>Figura 79.</b> Comparación de las concepciones obtenidas en el pre y pos test con relación a la pregunta 2. ....	276
<b>Figura 80.</b> Comparación de las concepciones obtenidas en el pre y pos test con relación a la pregunta 3. ....	279
<b>Figura 81.</b> Comparación de las concepciones obtenidas en el pre y pos test con relación a la pregunta 3.1 .....	282
<b>Figura 82.</b> Comparación de las concepciones obtenidas en el pre y pos test con relación a la pregunta 3.2 .....	284
<b>Figura 83.</b> Representación gráfica del ADN y ARN realizada por E7.....	286
<b>Figura 84.</b> Representación gráfica de las diferencias estructurales entre el ADN y ARN realizada por E18.....	287
<b>Figura 85.</b> Comparación de las concepciones obtenidas en el pre y pos test con relación a la pregunta 5 .....	289
<b>Figura 86.</b> Comparación de las concepciones obtenidas en el pre y pos test con relación a la pregunta 5.1 .....	292
<b>Figura 87.</b> Comparación de las concepciones obtenidas en el pre y pos test con relación a la pregunta 5.2 .....	295
<b>Figura 88.</b> Comparación de las concepciones obtenidas en el pre y pos test con relación a la pregunta 5.3 .....	297
<b>Figura 89.</b> Comparación de las concepciones obtenidas en el pre y pos test con relación a la pregunta 5.4. ....	300
<b>Figura 90.</b> Comparación de las concepciones obtenidas en el pre y pos test con relación a la pregunta 6. ....	302
<b>Figura 91.</b> Comparación de las concepciones obtenidas en el pre y pos test con relación a la pregunta 7. ....	306

<b>Figura 92.</b> Comparación de las concepciones obtenidas en el pre y pos test con relación a la pregunta 8. .....	308
<b>Figura 93.</b> Comparación de las concepciones obtenidas en el pre y pos test con relación a la pregunta 9. .....	311
<b>Figura 94.</b> Comparación de las posturas de los estudiantes, obtenidas en el pre y pos test con respecto a la pregunta 9.1.....	313
<b>Figura 95.</b> Comparación de las posturas de los estudiantes, obtenidas en el pre y pos test con respecto a la pregunta 10.....	314
<b>Figura 96.</b> Comparación de las concepciones obtenidas en el pre y pos test con relación a la pregunta 11. .....	316
<b>Figura 97.</b> Comparación de las posturas de los estudiantes, obtenidas en el pre y pos test con respecto a la pregunta 12.....	318
<b>Figura 98.</b> Comparación de las concepciones obtenidas en el pre y pos test con relación a la pregunta 13. .....	321

## Lista de anexos

<i>Anexo A. Cuestionario de indagación de ideas previas y finales. ....</i>	<i>351</i>
<i>Anexo B. Validación del cuestionario, validada por expertos. ....</i>	<i>355</i>
<i>Anexo C. Guía de clase 1.....</i>	<i>364</i>
<i>Anexo D. Guía de clase 2.....</i>	<i>367</i>
<i>Anexo E. Guía de clase 3.....</i>	<i>371</i>
<i>Anexo F. Guía de clase 4.....</i>	<i>374</i>
<i>Anexo G. Guía de clase 5.....</i>	<i>378</i>
<i>Anexo H. Diseño de la planeación de clase.....</i>	<i>383</i>

## 1. Introducción

La presente investigación la llevamos a cabo con el propósito favorecer la enseñanza-aprendizaje de la Biología Molecular por medio de situaciones problematizadoras y prácticas de laboratorio artesanales en estudiantes de noveno grado de la Institución Educativa Escuela Normal Superior de Neiva, durante el periodo 2017B. En virtud de ello, tuvimos en cuenta las concepciones del estudiantado sobre Biología Molecular, como también el diseño y aplicación de una secuencia de clase, estructurada en cinco guías de trabajo con las respectivas temáticas articuladas mediante tres situaciones problematizadoras y tres guías de laboratorio, como estrategias de enseñanza utilizadas en pro del cumplimiento de las finalidades de aprendizaje establecidas para cada caso.

En cuanto a los aspectos metodológicos, la investigación la planteamos desde un enfoque mixto de proceder cuantitativo y cualitativo fundamentado en el diseño no experimental, de tipo transeccional, exploratorio y descriptivo, y la información la recolectamos por medio de cuestionarios, los cuales permitieron indagar y comparar las concepciones iniciales y finales de los 36 estudiantes participantes, al finalizar la intervención didáctica. Para ello, cuantificamos y analizamos las categorías desde el manuscrito, haciendo uso del método de análisis de contenido para validar y justificar que la movilización de ideas y el desarrollo de competencias, actitudes y habilidades de pensamiento científico, se atribuyen al aporte formativo que hicieron las prácticas de laboratorio artesanales y las situaciones problematizadoras como estrategias mediadoras en la enseñanza de los distintos procesos biológicos que determinan la realidad a nivel molecular.

De acuerdo con lo anterior, en el siguiente escrito podrán encontrar los siguientes apartados: el *Planteamiento del problema*, en donde exponemos las múltiples dificultades que suelen presentarse en el aula cuando se abarcan aspectos propios de este campo de estudio, los *Antecedentes*, que competen a los principales estudios realizados sobre la enseñanza y aprendizaje de la Biología molecular, los *Objetivos* que concretan

la investigación, la *Justificación* en donde se sustenta la pertinencia del trabajo, el *Marco teórico* que informa del estado del arte de la Biología Molecular y su enseñanza, asimismo la *Metodología* llevada a cabo, los *Resultados* y su respectivo Análisis. Posteriormente, presentamos las *conclusiones* alusivas a la intervención didáctica desarrollada y a la eficacia de las estrategias didácticas utilizadas, seguido de las *Recomendaciones* a tener en cuenta al momento de formular nuevas propuestas investigativas y finalmente los *anexos*, en donde se dispone del material didáctico implementado.

## 2. Planteamiento del Problema

El proceso de Enseñanza y aprendizaje de las Ciencias Naturales establece grandes retos, retos que los docentes han de enfrentar debido a las múltiples dificultades de enseñanza y aprendizaje que se manejan dentro de esta área, siendo uno de los principales, el manejo de contenidos abstractos, lo cual hace que constantemente se estén diseñando diferentes estrategias didácticas que faciliten el proceso de enseñanza y por tanto no represente complejidad y dificultad a la hora de aprender.

Sin embargo, esta lucha ha resultado un poco difícil, debido a que las dificultades frecuentes en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias son muy variadas, y las herramientas didácticas son muy limitadas y poco innovadoras, lo que genera en los estudiantes una pérdida de interés y desmotivación progresiva, haciendo que el concepto de ciencia se torne tedioso y monótono, de este modo siendo el perfil de ciencia según Polanco (2011), el reflejo de las metodologías didácticas empleadas en las clases, y a carencia de estas aplicadas adecuadamente, yacen dificultades de aprendizaje las cuales a su vez son producto de la falla en la construcción y ejecución de modelos que están interfiriendo en la calidad del aprendizaje.

Tanto los docentes como los estudiantes piensan que abordar temas con relación al componente celular requiere de un incremento en los niveles de comprensión a raíz de la complejidad de los contenidos, las unidades abstractas, la extensa disponibilidad de tiempo, y la relación entre el mundo microscópico y macroscópico, que representa y se requiere para su desarrollo, situación que concede mayor valor a la inclusión de nuevas estrategias de enseñanza que conlleven principalmente a la promoción de actitudes positivas hacia las ciencias y el desarrollo del pensamiento científico, problemas en donde radica precisamente la construcción de concepciones respecto a procesos biológicos desde edades tempranas y el completo desarrollo de actitudes, debido a que aún se desconoce la importancia de la estimulación temprana y a que pocas veces se duda del método de enseñanza a la hora de responsabilizar el fracaso escolar (Gallego, Celis y Arias, 2010).

Dentro de las ramas de la Biología, aparece la Biología Molecular, la cual debería ser considerada indispensable en el proceso educativo, debido a que las temáticas sobre diversidad y evolución que abarca son de gran impacto tanto ambiental, como cultural, ético y social. Esta área fundamental de la Biología, trata conceptos como gen, cromosoma, fenotipo, ADN, proteínas, ARN, código genético; procesos como la replicación molecular, transcripción, traducción, selección natural, clonación, mutaciones, entre otros, los cuales son catalogados como temas claves dentro de la enseñanza en básica secundaria. Dentro de las dificultades que enfrenta el estudiantado al momento de su aprendizaje, es el hecho de relacionar estructuras, procesos y funciones tanto biológicas como químicas, que desde el nivel microscópico y molecular que en el que se desarrollan, establecen barreras dentro del proceso educativo.

Desde el punto de la enseñanza de la Biología Molecular, se conoce que en la actualidad es comprendida de acuerdo con Polanco (2011) como una ciencia a-problemática y descontextualizada que en la mayoría de ocasiones es trabajada en el aula, apartada de las situaciones actuales que acontecen y afectan nuestra sociedad, lo cual no favorece el desarrollo del pensamiento y habilidades científicas en el estudiantado, si no que por el contrario fomenta la transmisión horizontal de conocimientos teóricos, sin que el estudiante sepa para qué le sirven o servirán en el contexto, y sin algún estímulo experimental, que dé lugar a la promoción de actitudes, como verdaderamente se concibe en la actividad científica.

En resumidas cuentas, todo esto es lo que provoca la complejidad en el aprendizaje de los conceptos, procesos y el dominio del lenguaje científico, generando que el estudiante no logre comprender los sucesos y fenómenos biológicos, y obligando a reflexionar desde el marco epistémico de la educación de acuerdo con Iñiguez (2005), para el diseño de estrategias y la creación de puentes que permitan mediar el conocimiento práctico cotidiano, el conocimiento teórico, el lenguaje científico y los aspectos cognitivos, y a su vez potencializar en el estudiantado destrezas, aptitudes y actitudes científicas, mediante la observación, la generación de hipótesis, la experimentación, la interpretación, comparación de resultados, planteamiento de

conclusiones entre otras, para la comprensión de los fenómenos biológicos y el aprendizaje de contenidos.

Si embargo, estas estrategias no son suficientes, debido a que no se tienen en cuenta ni las necesidades de los estudiantes, ni las múltiples dificultades que se presentan en el aula desde los diferentes aspectos, al momento de iniciar la planeación de estrategias y en sí el proceso educativo, tal caso es el uso de los libros escolares, que si bien sabemos son de gran aporte, representan complejidad al momento de la representación de las estructuras moleculares, las cuales siendo difíciles de comprender para los y las estudiantes dada la composición atómica entre estructuras que se requiere, son exhibidas desde un plano unidimensional y a menudo los docentes en ejercicio apoyan en estos sus procesos de enseñanza para el estudio de la biología molecular.

Según García, Valdez y Gómez (2008), en ellos solo se limitan a describir e ilustrar dichas estructuras, reduciendo esta área de la biología a imágenes planas y textos que a la hora de la verdad son supuestas que limitan y a su vez hacen perder la imaginación del estudiantado, principalmente por la rigidez estructural, que impide mostrar el movimiento dinámico de los procesos y las interacciones moleculares tal como acontecen realmente. Por su parte Ocelli (2011) plantea que el uso de libros de texto como estrategia, es poco innovadora puesto que comparte características de una estrategia tradicional, abarcando conceptos de manera poco profunda, y la finalidad de las imágenes es la de adornar el libro, más que de suministrar facilidad para el entendimiento y asimilación de dichas temáticas.

De ahí la necesidad de inducir a la realización de trabajos prácticos junto con los y las estudiantes, que promuevan el aprendizaje de conceptos, procedimientos y actitudes científicas, en donde puedan desarrollar habilidades y destrezas experimentales en un laboratorio de Ciencias, integrando los contenidos teóricos y prácticos en un mismo momento, pues de este modo, el contexto de las actividades científicas basado en la relación de los contenidos, situaciones e instrumentos reales, les permite confrontar e interpretar determinados fenómenos naturales con el fin de transformar la realidad. Con base a ello, W, Harlen (1998), en el libro *Enseñanza y aprendizaje de las ciencias*, añade

que una de las dificultades latentes en el campo de las ciencias naturales es asumir que el estudiante es una hoja en blanco en la que solo debe escribir y plasmar los conocimientos, cuando lo ideal sería partir de la resolución de problemas al momento de abordar nuevos contenidos, de modo que admita visualizar las ideas o explicaciones que rinde el estudiante acerca de cómo funciona el mundo desde su perspectiva (Jiménez, 2003).

Las situaciones problematizadoras en el aula son una buena estrategia para su implementación, sin embargo la mayoría de éstas se plantean erróneamente o de manera muy restrictiva, basándose solo en el bosquejo de ejercicios cerrados tal como lo plantean Sánchez, Escudero y Massa (2001), en donde afirma que “éstos son planteados para que el estudiante los resuelva a lápiz y papel, desde un enfoque causa-efecto y cerrado a marcar una única respuesta”, lo que estaría limitando al estudiante al no analizar detalladamente los datos y en consecuencia a resolverlos con una simple consulta a no desarrollar el pensamiento analítico, creativo, curioso, investigativo, que benefician su proceso de aprendizaje y adquisición de conocimiento, habilidades, procedimientos, y actitudes aproximadas a la ciencia y por el contrario, se estaría incentivando a memorizarlos, repetirlos y en su efecto a olvidarlos con el paso del tiempo, tal como lo plantea Gil et al, (1988) al afirmar que en muchas ocasiones las situaciones se presentan como no problemas.

Por esta razón la necesidad de que el estudiantado maneje estas competencias científicas, para que logren entender y relacionar los conceptos involucrados que en su inicio eran abstractos para luego estructurar cognitivamente conocimientos nuevos de forma adecuada y para ello se han de plantear y estructurar situaciones problematizadoras que involucren todos estos aspectos, además de tener en cuenta las necesidades, aptitudes e intereses del estudiantado, y con base a ello despertar el interés en cada uno.

Otra dificultad, no menos importante al momento de enseñar las temáticas de Biología Molecular, son las creencias religiosas de los estudiantes las cuales chocan con las teorías que enmarcan la diversidad y evolución de las especies y como resultado

todos los procesos y sucesos biológicos que se evidencian a través del tiempo, los cuales generan confusión y hacen que el estudiante permanezca escéptico y por ende no se encuentre motivado en aprender. Según Jiménez (2003) existen teorías contrarias tales como el fijismo, el cual soporta que las especies que habitan en la actualidad no han variado desde su creación, siendo seres fijos e inmutables o el creacionismo apoyado desde la ideología religiosa que plantea que todo fue creado por un Dios, que hacen que el estudio de la Biología Molecular sea difícil de tratar al abarcar evolución o transformaciones morfológicas y genéticas en los organismos a lo largo del tiempo, así mismo las relaciones entre organismos, las cuales son totalmente contrarias a las anteriores teorías expuestas. Estas son dificultades arduas a las que el docente se enfrenta en el aula, puesto que es muy complejo cambiar de cierto modo las creencias que el estudiante adquiere desde el hogar por bases científicas que intentan explicar el hecho de que cada característica física de un individuo es expresada y transmitida por estructuras microscópicas como son los genes que soportan cambios constantemente a lo largo de la historia y hacen que haya diversidad y evolución en los organismos (Moreno, 2014).

Así pues, en cuanto al plantel educativo, la Escuela Normal Superior, es una Institución Educativa de carácter oficial del municipio de Neiva, la cual ofrece los niveles de formación en preescolar, básica primaria y secundaria, en el nivel de Media lo hace con una profundización en educación y pedagogía a través de ciclos complementario para la formación docente. De esta manera, en sus servicios misionales está el formar maestros íntegros en y para la vida con calidad pedagógica, humanística, ética e investigativa que les permita contribuir en la transformación de la región Surcolombiana. Pese a los objetivos tanto de la educación misma como la misión y visión de la institución, esta última no es ajena a los factores que afectan e impiden el desarrollo de algunas estrategias didácticas como en el caso de la ejecución de trabajos prácticos, salidas de campo, prácticas de laboratorio, situaciones problematizadoras que debido a la falta de buenas infraestructura, presupuesto, materiales, laboratorios, campo

abierto, y en general insumos que se requieren para la realización de dichas metodologías, limitan el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Por consiguiente, las prácticas de laboratorio artesanales es una opción alterna en situaciones en donde se dispone de pocos materiales, equipos y reactivos elementales en un laboratorio para el desarrollo de las experiencias; por el contrario la utilización de material de cómodo acceso y bajo costo son claves para que en casos como este, se logre reemplazar lo tradicional, relacionar lo teórico con lo práctico de situaciones contextualizadas de modo que las actividades se asimilen de manera significativa y además contribuya al aprendizaje, modificación de preconcepciones y como resultado el fortalecimiento de competencias y actitudes científicas (García, 2015).

Por lo que se refiere al MEN, Con el fin de fortalecer el sentido de los lineamientos curriculares se formularon unos estándares básicos de competencias en ciencias naturales, que tuvieran como objetivo, fomentar el pensamiento científico y crítico en los estudiantes del país, haciendo énfasis en potenciar actitudes y desarrollar competencias científicas, precisando con ello, los niveles de calidad de la educación, como guía referencial para todas las instituciones escolares, sean urbanas, rurales, privadas o públicas de las distintas regiones. Allí, se encuentra planteado que de octavo a noveno en el área de ciencias naturales, a nivel de biología, los jóvenes deben por un lado, saber identificar la utilidad del ADN como herramienta de análisis genético, reconocer la importancia del modelo de la doble hélice para la explicación del almacenamiento y transmisión del material hereditario, estableciendo a su vez las relaciones entre los genes, las proteínas y las funciones celulares, identificar las ventajas y desventajas que trae consigo la manipulación genética, logrando posteriormente aplicar dichos conocimientos sobre la herencia y la reproducción en el mejoramiento de la calidad de vida de las poblaciones, y por el otro lado saber hacer preguntas específicas sobre una observación u experiencias que impliquen analizar fenómenos naturales a partir de la formulación de hipótesis, con base en el conocimiento cotidiano, teorías y modelos científicos, proponiendo a su vez posibles respuestas a las incógnitas y usando adecuadamente el lenguaje de las ciencias.

Por tal motivo, el instituto colombiano para el fomento de la educación superior-ICFES, en la fundamentación conceptual del área de ciencias naturales, tiene como punto de partida lo estipulado en la ley general de educación, en donde se fijaron los objetivos específicos para cada uno de los niveles de educación formal, teniendo en el artículo 22, que para la básica secundaria, los estudiantes deben responder a los siguientes aspectos: 1) El avance en el conocimiento científico de fenómenos biológicos, mediante el planteamiento de problemas y la observación experimental. 2) El desarrollo de actitudes favorables al conocimiento. 3) La iniciación en los campos más avanzados de la tecnología moderna y el entrenamiento en disciplinas, procesos y técnicas que le permitan el ejercicio de una función socialmente útil y 4) La utilización con sentido crítico de los distintos contenidos y formas de información y la búsqueda de nuevos conocimientos con su propio esfuerzo.

Sin embargo en la IE Escuela Normal Superior de Neiva, los resultados obtenidos a nivel institucional, no han sido los esperados, los rangos para el componente biológico, han oscilado entre bajo y medio, lo cual ha puesto en duda la calidad de la enseñanza que se imparte en el área de ciencias naturales y la eficacia de las estrategias pedagógicas adoptadas por los docentes, es por esto que en los últimos años, la ENS de Neiva, se ha quedado por fuera de las estadísticas realizadas por el ICFES, en donde, a partir de las pruebas saber 11°, se establece por mejores promedios ponderados una clasificación departamental y nacional.

Sumado a esto, para el año 2016 y 2017 la revista Dinero presentó un especial, en el que publica el Ranking de los colegios de mayor calidad educativa en Colombia, a partir de la nueva fórmula de medición del Índice Sintético de Calidad Educativa (ISCE), basada principalmente en las pruebas ICFES saber 9° y 11°, además del porcentaje de estudiantes que pasan el año y factores cualitativos como las estrategias pedagógicas de los profesores. En el listado de resultados entregado por el Ministerio de Educación Nacional para el año 2016, hubo registro de 5.000 instituciones educativas, entre las cuales, la ENS de Neiva, con respecto a las pruebas saber 9°, ocupó el puesto 1.815, presentando un índice de calidad de 7.22 y para el caso de las saber 11°, el puesto

ocupado fue el 2.879, con un índice de calidad de 7.33, teniendo en cuenta que el primer lugar reportaba un índice sintético de calidad de 9.91, dentro de la escala de 1 a 10 manejada por el indicador.

Partiendo de lo anteriormente expuesto, lo que se busca es contribuir a la enseñanza y aprendizaje de la Biología Molecular a través de situaciones problematizadoras y prácticas de laboratorio en estudiantes de grado noveno de la Escuela Normal Superior de Neiva involucrando a su vez la investigación dirigida dentro del proceso educativo, con el fin de que los estudiantes alcancen un aprendizaje significativo y una mayor comprensión de los conceptos y procesos de la biología molecular a la hora de aplicar los modelos de pensamiento con relación a ello. Por tal razón nos planteamos el interrogante: ¿Cómo se favorece el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Biología Molecular a través de situaciones problematizadoras y trabajos prácticos de laboratorio en estudiantes de grado noveno de la Escuela Normal Superior de Neiva-Huila?

### 3. Antecedentes

En este apartado presentamos la revisión de los principales estudios que se han realizado sobre la enseñanza de la biología molecular, y el uso de la resolución de problemas y los trabajos prácticos en su enseñanza, a nivel internacional, nacional y regional, en los cuales identificamos sus principales objetivos, las metodologías implementadas, y sus principales hallazgos. Dichos estudios fueron obtenidos mediante búsqueda en bases de datos especializadas de acceso libre como son los portales Science Direct, Scielo, Redalyc, Researchgate y Scopus. De igual forma se hizo una búsqueda en revistas virtuales especializadas en enseñanza de las ciencias, como Bio-grafía, Tecné, Episteme y Didaxis, Enseñanza de las Ciencias, entre otras. Así mismo se relacionan algunos artículos investigativos que se obtuvieron de manera libre en buscadores de internet.

#### 3.1 Internacional

Teniendo como base las dificultades del aprendizaje de las ciencias, Urzúa, Cifuentes y Sepúlveda (2013), decidieron aplicar un modelo de aprendizaje constructivista, con el cual se logró contribuir a la formación científica en los estudiantes de educación media en Chile, haciendo énfasis en el método de indagación científica para la enseñanza de la Biología Molecular y la Biotecnología, a través de investigaciones bibliográficas, módulos experimentales, utilizando el método científico deductivo, con el fin de potenciar la motivación de los estudiantes hacia el área científica, así como también el desarrollo de habilidades y destrezas en el mismo campo.

Por su parte Sigüenza (2000), realizó diversos estudios en España, hasta compilar la investigación denominada *Formación de modelos mentales en la resolución de problemas de genética*, la cual tuvo como objetivo, abordar la construcción de modelos mentales que establecen los estudiantes ante una situación problema, respecto al dominio de la genética clásica, todo con el fin de poder relacionar los esquemas mentales previos y las representaciones mentales elaboradas por los estudiantes en el

aula para la resolución de problemas de papel y lápiz. Utilizando un método descriptivo, basado en el comportamiento del alumno, lo que permitió concluir que la incidencia de esquemas causales, generan cambios en la estructura del modelo mental construido por el estudiante al explorar las posibles soluciones para cada una de las problemáticas planteadas.

Por su parte, Ayuso, Banet y Abellá (1996) al analizar el nivel de conocimientos en los niveles educativos de algunos conceptos relacionados con la herencia genética mediante situaciones problematizadoras, observa que los estudiantes presentan conocimientos muy básicos y alejados debido a las dificultades en su aprendizaje a través de resolución de problemas, que a menudo son planteadas incorrectamente, con objetivo de que simplemente se encuentre la solución correcta sin que el estudiante aplique un análisis debido a la misma, que le permita sumergirse en una investigación como tal. El autor señala la necesidad de que el docente plantee verdaderos problemas, situaciones que impliquen analizar datos, emitir hipótesis, planificar trabajo, interpretar resultados y así de esta manera evitar que el estudiante manipule los datos y los planteamientos cerrados. Toda la recopilación de los antecedentes a nivel internacional es anexada en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Recopilación de antecedentes a nivel Internacional.

AUTORES Y AÑO	OBJETIVOS	ASPECTOS METODOLÓGICO	PRINCIPALES RESULTADOS
<b>Sigüenza y Sáez (1990)</b>	<p>-Encontrar una definición del término problema, que corresponda al sentido de éste en la realidad del aula dentro del marco de la enseñanza de la biología.</p> <p>-Mostrar la coherencia del modelo de resolución de problemas como estrategia de enseñanza de la biología, con la construcción de conocimiento que tiene lugar en cada sujeto.</p> <p>-Contribuir a la elaboración de una teoría unificada de la resolución de problemas como estrategia de enseñanza de las Ciencias y como instrumento de cambio metodológico.</p>	<p>Investigación documental con teoría fundamentada: Cualitativa</p> <p>Analizan la resolución de problemas como un elemento básico de la estrategia para la enseñanza de la biología a partir de la consulta de los diferentes tipos de documentos e investigaciones que ha producido la sociedad en el uso de esta estrategia didáctica en el aula.</p> <p>Proponen primero la definición de los términos «problema» y «resolución de problemas» dentro de la enseñanza práctica y, en segundo lugar, discute la naturaleza de la solución como método dentro del caso particular de la enseñanza-aprendizaje de la biología.</p>	<p>-La resolución de problemas supone una concepción dinámica de la educación basada en la comprensión.</p> <p>-El problema podría definirse como una situación cuya solución requiere que el sujeto analice unos hechos y desarrolle razonadamente una estrategia que le permita obtener unos datos, procesarlos, interpretarlos y llegar a una conclusión.</p> <p>-El modelo de resolución deberá instruir al alumno de forma que sea capaz de emitir hipótesis y de diseñar estrategias o experiencias para su corroboración. La comprobación de la solución constituirá la fase final del proceso.</p> <p>-La estrategia de enseñanza de las ciencias naturales basada en la resolución de problemas debería contemplar la definición de una experiencia o situación natural</p>
<b>Ayuso, Banet y Abellá (1996)</b>	<p>-Analizar el nivel de conocimiento que los estudiantes tienen en diferentes niveles educativos (15-18 años), sobre algunos conceptos básicos relacionados con la herencia genética.</p> <p>-Estudiar las estrategias desarrolladas por los estudiantes al resolver, con éxito, los problemas genéticos.</p>	<p>Enfoque cualitativo con fundamentación teórica, Teniendo en cuenta los aspectos básicos objeto de las entrevistas, se analizaban las estrategias desarrolladas por los estudiantes al resolver, con éxito, los problemas genéticos y las dificultades que presentaban para ello, debido a los</p>	<p>-Los resultados muestran las dificultades en el aprendizaje a través de las actividades de resolución de problemas, ya que a menudo sus planteamientos les permiten encontrar la solución correcta aplicando el algoritmo correspondiente.</p> <p>-se presentan algunas sugerencias para cambiar la posición de los estudiantes sobre problemas genéticos tales como:</p> <p>- Aunque el enfoque causa-efecto puede utilizarse para iniciar a los estudiantes en la resolución de problemas de genética es también necesario formular verdaderos problemas: es decir,</p>

	problemas o ejercicios de los libros de texto mal estructurados, los problemas efecto-causa mal elaborados, y la fuerza poderosa del algoritmo, la cual en muchas ocasiones es utilizada para resolver situaciones problemas, sin embargo con falta de razonamiento y del saber por qué, cómo y en qué circunstancias sucede.	situaciones que impliquen analizar los datos, emitir hipótesis explicativas, cierta planificación del trabajo, interpretación de los resultados obtenidos. De esta manera se evitará la manipulación inmediata de los datos y los planteamientos cerrados, que tienen como actividad fundamental la ejercitación del algoritmo. - En la medida de lo posible, deberíamos comenzar por situaciones sencillas, procurando que el objeto del problema tenga interés para los estudiantes -Conocer las ideas de los estudiantes sobre los aspectos básicos relacionados con la herencia biológica y utilizar esquemas o maquetas, para la resolución de estos problemas. A través de ellos, se pueden representar las relaciones entre cromosomas, genes y alelos, y su comportamiento durante los procesos biológicos
<b>Sigüenza (2000)</b>	Abordar la construcción de modelos mentales, empleando determinados esquemas causales, durante la resolución de problemas de lápiz y papel en el dominio de la genética clásica, analizando la relación entre las representaciones mentales duraderas esquemas mentales previos y los modelos mentales que el alumno construye para resolver determinados tipos de problemas, concretando un modelo mental cuya interpretación se realiza en base a las demandas de la situación problema.	El método elegido es de tipo descriptivo. La descripción sistemática del comportamiento del alumno observado durante la resolución de los problemas y de la forma en que él mismo expresa verbalmente su pensamiento permite analizar la estructura del proceso cognitivo y explorar las características que lo definen. Ya que el empleo de problemas tiene como función situar al alumno en un contexto de aprendizaje que le permita desarrollar y construir determinados modelos mentales.
<b>Martínez e Ibáñez (2006)</b>	-Realizar una investigación comparativa con alumnos de 4º de educación secundaria obligatoria (15-16 años) que se acerquen a la genética desde dos perspectivas distintas, una metodología	De los 46 problemas realizados, en 29 de éstos generaban un esquema causal «genético» revisado (esquema mental nuevo). En 15 problemas, los esquemas generados eran aceptables desde el punto de vista científico, pero los otros incluían errores que invalidaban el modelo empleado: tenían errores en la asignación de fenotipos, de asignación de ratios a los fenotipos resultantes en un cruzamiento o presentaban inconsistencias en la relación genotipo-fenotipo. Concluyendo que cuando los alumnos reconocieron anomalías, tras emplear un esquema causal, propusieron factores causales adicionales que podían ser responsables de las diferencias percibidas; es decir, proponen cambios en la estructura del modelo: objetos, procesos y estados. Así, en doce problemas, los alumnos exploraron las implicaciones que un cambio en un componente estructural del modelo tiene para otros componentes y en un 80% las exploraciones condujeron a soluciones acertadas. -Los estudiantes que han trabajado con la metodología de MRPI en el aula modifican sus actitudes hacia otras más críticas y favorables respecto al progreso científico, más acordes con las características de la actividad científica, y más motivadoras hacia su estudio

	<p>tradicional para el grupo control y una unidad didáctica basada en la resolución de situaciones problemáticas.</p> <p>-Desarrollar cambio de actitudes desfavorables hacia actitudes favorables y realistas sobre y hacia la ciencia a través de la aplicación metodológica del modelo de resolución de problemas como una investigación.</p>	<p>trabajo dentro del aula ha estado orientada por el paradigma investigación-acción donde el profesor juega el doble papel de profesor e investigador, y se ha basado en la puesta en práctica de la unidad didáctica «¿Soy así por puro azar?».</p>	<p>-la MRPI se manifestó como una buena metodología a la hora de facilitar el cambio de actitudes relacionadas con la ciencia, ya que nuestra hipótesis de trabajo se cumple en aspectos como las características de la ciencia como conocimiento y disciplina de estudio.</p> <p>-Este cambio de actitud en el grupo experimental no se manifestó en el grupo control, que sigue una metodología tradicional, siendo esta diferencia estadísticamente significativa.</p>
<b>Abreu et al., (2010)</b>	<p>-Presentar una propuesta de construcción de un modelo didáctico tridimensional para la enseñanza de ácidos nucleicos, y a algunos temas relacionados a éstos como la replicación semi conservativa de la molécula de ADN, transcripción, recombinación genética, transgénicos y terapia genética a partir de materiales de bajo coste, simple manipulación y de fácil adquisición en el mercado.</p> <p>- Auxiliar los procesos de enseñanza y de aprendizaje de los conceptos básicos, referentes al tema ácidos nucleicos y los eventos celulares relacionados a los procesos de replicación semi conservativa, transcripción, remoción de intrones y transposición.</p>	<p>Clase de investigación experimental, con método de investigación cualitativo: Teniendo en cuenta la estructura de los ácidos nucleicos, se elabora la molécula de ADN para cada tipo de representación de tema con el uso de materiales de bajo costo, simple manipulación y fácil acceso al mercado, para luego ser aplicado como material didáctico en el aprendizaje de la estructura, función y procesos biológicos diversos en los que está involucrada dicha molécula. Posteriormente los estudiantes responden cuestiones y representan gráficamente moléculas, procesos etc.</p>	<p>- Se ha observado que, en todos los contextos, el modelo se ha mostrado eficiente en el proceso de enseñanza del tema en cuestión y de temas relacionados.</p> <p>- Los alumnos, después de la utilización de los modelos, tuvieron más facilidad para comprender los procesos y los fenómenos relacionados a los ácidos nucleicos, y además que le permitan ampliar su estructura cognitiva para que puedan actuar de forma autónoma, interpretando, comprendiendo y solucionando problemas en distintos contextos con intensa interacción, participación y entusiasmo.</p>
<b>Ocelli (2011)</b>	<p>-Conocer qué materiales curriculares eligen los docentes para enseñar Biotecnología y cuál es el abordaje que se hace de esta temática en los libros de texto utilizados en el ciclo de especialización de la escuela secundaria.</p> <p>-Identificar los aspectos de Biotecnología</p>	<p>La metodología utilizada se basó en un diseño cuantitativo a través del análisis de contenido. Se hizo la selección de ocho docentes para entrevistadas y doce libros de texto para la escuela secundaria</p>	<p>-Se determinó que en la escuela secundaria los profesores enseñan contenidos de Biotecnología vinculados a la ingeniería genética y sus principales aplicaciones.</p> <p>- La estrategia de enseñanza más utilizada es la indagación bibliográfica, y en pocas ocasiones se complementa con otras.</p> <p>- se utiliza poco a los libros de texto, y este empleo se relaciona con estrategias tradicionales como el dictado, la</p>

	que se enseñan en el ciclo de especialización en las escuelas de la ciudad de Córdoba, considerando la importancia que le asignan los docentes, las estrategias de enseñanza que utilizan y los materiales curriculares que eligen para trabajar esta temática.	(nivel polimodal o ciclo de especialización) para analizar. A su vez, se indican los análisis de coocurrencias que se realizaron a través del programa estadístico cualitativo QDA Miner.	exposición y la realización de informes escritos. La información se complementa con otras fuentes, y el uso de Internet se desarrolla a través de cuatro modalidades: Búsqueda guiada, Búsqueda incentivada, Búsqueda docente y Búsqueda espontánea. - Según el sentido de comunicación y relaciones teóricas presentadas en el contenido de los libros de texto se concluye que pocos conceptos biotecnológicos son abordados de manera profunda, las imágenes se presentan con el objetivo de embellecer el libro más que para facilitar la comprensión, y se plantean actividades que no se auto-sustentan con la información desarrollada en el texto.
<b>Fernández (2013)</b>	-Potenciar en los estudiantes el aprendizaje de contenidos, partiendo de promover el pensamiento crítico y creativo, que favorecen el desarrollo de actitudes positivas hacia las Ciencias, para que generen propuestas de diseños de Trabajos Prácticos de Laboratorio ya que son el componente fundamental de la enseñanza-aprendizaje de las ciencias, en la práctica áulica en Argentina.	Se maneja un enfoque crítico-reflexivo sobre la enseñanza de la Biología molecular, basado en el diseño de Trabajos Prácticos de Laboratorio.	Se comprueba que las actividades de laboratorio bien estructuradas tienen el potencial de lograr un cambio efectivo en la estructura de conocimiento de los estudiantes, porque al identificar las ideas previas y utilizar diversas estrategias de aprendizaje que permiten modificar las concepciones alternativas, se alcanzaron aprendizajes más significativos, generando consigo un mayor desarrollo y manejo de conceptos, procedimientos, habilidades, técnicas, destrezas y actitudes, que pretenden hacer énfasis en plantear e incluir estrategias que favorezcan la enseñanza mediante actividades de investigación, que conduzcan a comprender, aprender y hacer ciencia.
<b>Pantoja y Covarrubias (2013)</b>	-Presentar una alternativa de enseñanza para el aprendizaje de los contenidos de la biología que se imparten en la educación media superior; -Promover el desarrollo de habilidades de pensamiento necesarias para el aprendizaje significativo de contenidos de biología a partir de la investigación y del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) en niños de bachillerato. - Mostrar, mediante una investigación realizada con los fundamentos del aprendizaje basado en problemas (ABP),	Se utilizó un diseño cuasi-experimental, con análisis estadísticos y cualitativos de los datos obtenidos	-Los resultados sugieren que el ABP es una opción pedagógica para el aprendizaje significativo de contenidos de la Biología, o bien, como estrategia didáctica complementaria que potencia estrategias de enseñanza más tradicionales. - La investigación presentada muestra que si bien ambos grupos, el control y el experimental, mejoraron su desempeño académico después de la enseñanza del tema de selección natural, el grupo experimental obtuvo mejores calificaciones aprobatorias y más altas en la post-prueba. - El ABP es una herramienta de apoyo pedagógico que se puede utilizar como una estrategia para lograr aprendizajes significativos activos de tipo práctico, en tanto se organiza en torno a la resolución de problemas vinculados al mundo real;

<p>la forma en que el profesor puede organizar la enseñanza para que los estudiantes desarrollen las habilidades de pensamiento necesarias para aproximarse al conocimiento y a la ciencia de una manera constructiva</p>	<p>además, promueve la motivación al integrar la teoría con la práctica, en aspectos biológicos de interés y/o de actualidad para los estudiantes.</p> <p>- Al participar en equipos de forma activa, los estudiantes se motivan y mejoran sus habilidades de integración y transferencia de conocimientos, al mismo tiempo que flexibilizan su pensamiento para resolver por sí mismos los problemas.</p>
<p><b>Urzúa (2013)</b> Contribuir al aprendizaje de las ciencias y a la formación científica en jóvenes estudiantes a través de la experimentación y desarrollo de módulos experimentales en biología molecular y en biotecnología, incrementando así, la motivación de los estudiantes hacia el área científica.</p>	<p>Se aplicó el método de aprendizaje cooperativo en consideración con el modelo de aprendizaje constructivista. Enfatizando en el método de indagación científica interactiva a través de la investigación bibliográfica y el conocimiento práctico del área de la biología molecular y de la biotecnología, el trabajo de laboratorio grupal empleando el método científico deductivo basado en la observación de fenómenos y principios biológicos, el planteamiento de situaciones problemas, la formulación de hipótesis, el diseño y elaboración de experimentos, obtención y discusión de los resultados experimentales.</p> <p>Se contribuyó a la formación científica, desarrollo de habilidades y destrezas experimentales en estudiantes de educación media, mediante la realización de módulos experimentales en biología molecular y en biotecnología. Los estudiantes, a través de la metodología científica, resolvieron la situación problema de aislar, clonar y expresar un gen de interés industrial en una levadura. Además, se verificó que los pre-tests y pos-test aplicados a los estudiantes del proyecto, muestran una tendencia positiva y una motivación de ellos hacia el área científica. Concluyendo en que los estudiantes, a través, del conocimiento teórico y experimental en biología molecular y en biotecnología, logran una mayor y mejor comprensión de la naturaleza del material genético al ser capaces de plantear y de resolver, situaciones problema en biología molecular y en biotecnología.</p>

### 3.2 Nacional

En Colombia, se han planteado y desarrollado múltiples trabajos de investigación que giran en torno al proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias en la educación básica, por lo que se ha hecho necesario una reestructuración y orientación hacia la construcción de competencias y pensamiento científico, puesto que allí radican las dificultades para comprender contenidos, como los que abarca la biología molecular.

Por tanto, autores como González (2014), han decidido centrar su proyecto en la *enseñanza del dogma central de la biología molecular mediante el uso de laboratorios integrados a estudiantes de la educación media*, con el fin elaborar una metodología pedagógica y didáctica que facilite dicho proceso, basándose en un modelo constructivista, donde las prácticas de laboratorio, potencializan la zona de desarrollo próximo de los estudiantes, evidenciando un efecto positivo en cuanto a la captación del conocimiento y formación cognitiva de cada uno, ya que estas experiencias prácticas contribuyen en gran manera a los cambios de receptividad.

De igual manera, Viveros (2011), con su investigación denominada *El método por investigación en el desarrollo de las competencias científicas en situaciones de biología molecular y biotecnología en la educación media*, aplicada en la ciudad de Cali, planteó una propuesta de enseñanza y evaluación, en que la resolución de problemas a través del aprendizaje por investigación en situaciones de biología molecular y biotecnología permitió evidenciar la construcción de competencias científicas, en situaciones relacionadas con la ciencia experimental.

A raíz de lo anterior, nacieron propuestas, como la presentada por Melo et al., (2001), con la que buscaron determinar la incidencia que tiene el trabajo por proyectos en biotecnología en la enseñanza de las ciencias, en el nivel de educación media, teniendo dentro de los principales hallazgos, que esta estrategia contribuye con el aprendizaje de conceptos biológicos fundamentales, articulando saberes y destrezas de diferentes áreas del conocimiento, durante la formulación y desarrollo de los proyectos experimentales de aula.

La contextualización de las prácticas de laboratorio (PL), ha sido un factor clave dentro del campo de la biología molecular, por tal motivo, García (2013), quiso analizar dicho proceso de enseñanza en un contexto rural, a través de prácticas de laboratorio, virtuales, convencionales y artesanales, que desafiaron y suplieran de algún modo las necesidades que suelen presentarse en el sector rural, incluyendo nuevas experiencias que permitieron finalmente orientar y fortalecer la formación de los estudiantes, en cuanto a la búsqueda de soluciones e interpretación de diversos fenómenos naturales, abordados en los trabajos prácticos, los cuales estuvieron siempre dirigidos al componente de Biología.

Otros estudios han evidenciado cómo la utilización de la resolución de problemas en el aula favorece el aprendizaje, además de recalcar la importancia de evaluar los saberes previos como punto inicial de toda práctica docente y de implementar estrategias de experimentación con el fin de acercar a los estudiantes a situaciones problemas que surjan al planteasen interrogantes, como subyacen en el proyecto “*Resolución de situaciones problemas en Genética, como estrategia para aumentar los niveles de comprensión en educación básica secundaria*” abordado por Narváez (2014), con el objetivo de aumentar los niveles de comprensión y argumentación en conceptos básicos de Genética a través de la estrategia didáctica y pedagógica de resolución de situaciones problemas de enunciado abierto con un grupo experimental y un grupo control. Este concluye que la experimentación como estrategia didáctica, permitió en los estudiantes desarrollar operaciones mentales como observar detalladamente, coordinar, planificar, organizar ideas y concluir para la estructuración de conocimientos significativos y adquisición de habilidades necesarias en el aprendizaje de las ciencias. En la Tabla 2, se presentan los antecedentes hallados a nivel Nacional.

**Tabla 2.** Recopilación de antecedente a nivel Nacional.

AUTORES Y AÑO	OBJETIVOS	ASPECTOS METODOLÓGICOS	PRINCIPALES HALLAZGOS
<b>Melo et al., (2001)</b>	Determinar la incidencia que tiene el trabajo por proyectos en biotecnología en la enseñanza de las ciencias, contribuyendo con el aprendizaje de conceptos biológicos fundamentales, articulando saberes y destrezas de diferentes áreas del conocimiento, durante la formulación y desarrollo de los proyectos experimentales de aula	El seminario de biotecnología se brindó como un espacio de profundización de los grados 10 y 11 de ciencias, partiendo de un proceso investigativo docente desde el punto de vista cualitativo-etnográfico y la elaboración de estrategias que permitan evaluar de una forma más tangible el proceso de enseñanza aprendizaje por proyectos, indagando en otras instituciones y cualificando a los docentes involucrados para mejorar aquellas falencias que se presentan en estas estrategias.	Fue posible acercar al estudiante a la valoración de la importancia de las Ciencias en general y de la biotecnología en particular para el desarrollo científico, tecnológico y económico del país; desarrollar habilidades y destrezas para el trabajo en ciencias naturales; promover la concientización en lo relacionado con la necesidad de conocer, conservar y aprovechar los recursos genéticos; descubrir y desarrollar talentos en el trabajo en ciencias; y reflexionar en torno a las implicaciones éticas del trabajo en ciencias. Motivando y orientándolos en el futuro desempeño o estudio profesionales, sumado a ello los resultados de los proyectos ejecutados por los estudiantes fueron presentados en eventos científicos juveniles
<b>Polanco (2011)</b>	-Realizar un estudio de análisis de la resolución de problemas como estrategia didáctica para la enseñanza de las Ciencias, teniendo en cuenta las problemáticas que ésta enfrenta en la actualidad debido a la falta de comprensión de ella como ciencia problemática y contextualizada. -Dar a conocer las pautas, tipos, características, diseño, proceso, dificultades en la aplicación de situaciones problemas como estrategia didáctica para desarrollar en el aula como alternativa para la enseñanza de las ciencias para un aprendizaje	Investigación documental con teoría fundamentada: cualitativa Investigación científica cuyo objeto era analizar el fenómeno de la aplicación de situaciones problemas en el aula para el aprendizaje utilizando como recurso los diferentes tipos de documentos que ha producido la sociedad en tal investigación.	Según la revisión analítica de la aplicación de la resolución de problemas como estrategia didáctica para la enseñanza de las ciencias, los resultados obtenidos es que ésta es una buena estrategia metodológica para lograr la concepción de las ciencias como ciencia problematizadora, contextualizada, y que permita enseñar una imagen de ésta más acorde con la actividad científica. Además de permitirle a los estudiantes realizar una construcción solida de los conceptos para fortalecer las habilidades y capacidades cognitivas (pensamiento hipotético-deductivo) y científicas. Para el planteamiento de los problemas se debe tener en cuenta el brindar al estudiante la posibilidad de realizar un proceso de resolución, indagación, experimentación,

	significativo y desarrollo de capacidades y habilidades científicas -Sugerir la importancia del uso de desarrollar situaciones problemas en el aula como estrategia que brinda al estudiante herramientas para la construcción del conocimiento.	Argumentativa, informativa	comprobación, entre otros con el fin de que su solución implique para los estudiantes un mayor análisis y no sea resuelto en una simple consulta de bibliografía.
<b>Viveros (2011)</b>	-Diseñar una propuesta de enseñanza aprendizaje y evaluación, donde se Propicie la resolución de problemas a través del aprendizaje por investigación en situaciones de biología molecular y biotecnología, aplicándola hasta evidenciar la construcción de competencias científicas en situaciones relacionadas con la ciencia experimental como la biotecnología.	El modelo de enseñanza– aprendizaje por investigación para el desarrollo de competencias mediante la enseñanza de la biotecnología.	Es de establecer que en este estudio los estudiantes al resolver problemas de ciencia desde una perspectiva donde los maestros hacen las veces de orientadores científicos noveles, estos logran la construcción o desarrollo de conocimiento a través de la resolución de problemas de manera análoga a como lo hacen los científicos en sus laboratorios Seguidamente se puede establecer que la metodología por investigación en el desarrollo y / o construcción de competencias científicas por los estudiantes en situaciones de biotecnología y biología molecular, desde la escuela es una excusa para estos a través del proyecto adopten posturas diferentes desde lo procedimental, conceptual y actitudinal hacia la ciencia.
<b>Celis (2013)</b>	Implementar una estrategia didáctica de enseñanza y aprendizaje que desde la biotecnología permita motivar y cualificar a los estudiantes inscritos a la Media Técnica en Preservación de Recursos Naturales de la Institución Educativa Sol de Oriente. Indagando sobre las ideas previas que tienen los estudiantes que ingresan al grado décimo sobre la biotecnología y sus campos de acción en la vida cotidiana, con el fin de diseñar una unidad didáctica, que permita articular conceptos ambientales, biológicos y tecnológicos con el desarrollo de procesos biotecnológicos.	La unidad didáctica denominada “Con biotecnología construimos ambiente” se aplicó a 38 estudiantes de grado décimo preinscritos en la Técnica en Preservación de Recursos Naturales, teniendo en cuenta los estándares a desarrollar, basados en el modelo pedagógico de la institución (Holístico transformador), con una propuesta constructivista.	Cumpliendo con los estándares de competencia especialmente desde el componente de ciencia, tecnología y sociedad, se logra estimular en los estudiantes en la independencia de criterio y adquirir un sentido de responsabilidad en su propio proceso de aprendizaje, permitiéndoles su transformación y las de sus comunidades; en concreto los estudiantes direccionaron los contenidos de la unidad didáctica partiendo de La biotecnología como eje central de la unidad didáctica y con la investigación como modelo de enseñanza y aprendizaje, permitió a los estudiantes entender las ciencias y especialmente llevarlos a establecer la relación ciencia-tecnología-sociedad como lo plantean Acosta et al. (2008), generando cambios no solamente conceptuales y metodológicos, sino actitudinales en los estudiantes del grado decimo. Gracias al alcance de la unidad didáctica como estrategia de aprendizaje potencialmente significativo se puede motivar a los estudiantes y hacerlos partícipes de en su propio proceso de aprendizaje.

<b>García (2013)</b>	<p>-Contextualizar las prácticas de laboratorio (PL), dentro del campo de la Biología Molecular. Registrando y analizar el proceso de enseñanza de la Biología Molecular en un contexto rural, con el fin de contribuir a la enseñanza de la Biología Molecular a través de prácticas de laboratorio (virtuales, convencionales y artesanales), asumiéndose como estrategia didáctica.</p>	<p>La investigación se orientó bajo un enfoque cualitativo, centrada en la exploración sistemática de los conocimientos y valores que comparten los individuos en un determinado contexto espacial y temporal, partiendo de la observación de múltiples hechos o fenómenos para luego clasificarlos y llegar a establecer las relaciones o puntos de conexión entre ellos” (Hurtado &amp; Toro, 2007).</p>	<p>Las prácticas de laboratorio que predominaron en el ciclo de formación previo al universitario estuvieron centradas en el componente de Biología, seguido del de física y química. Elementos que permitieron reflexionar de acuerdo a Puentes (2008) y Valbuena (2007) en torno a la manera en que se han abordado los trabajos prácticos en la escuela, y el papel del maestro al plantear, diseñar y orientar los trabajos prácticos de los estudiantes, resaltando la importancia de incluir y fortalecer en la formación, en cuanto a la búsqueda de alternativas y soluciones que les permita diseñar material didáctico para las necesidades del contexto rural.</p>
<b>Narváez (2014)</b>	<p>- Aumentar los niveles de comprensión y argumentación en conceptos básicos de Genética como son: cromosomas, gen, alelos, organismos homocigotos, heterocigotos, fenotipo y genotipo en estudiantes</p> <p>- Intervenir en el aula para la enseñanza de la genética con la estrategia didáctica y pedagógica de resolución de situaciones problema de enunciado abierto con un grupo experimental y un grupo control o de referencia.</p> <p>-Realizar seguimiento de una secuencia de actividades que finalmente conduzca a los estudiantes a la resolución de la situación problema</p>	<p>Enfoque Cualitativo: Este proyecto de investigación, es planteado desde un marco cualitativo. Por tanto, esta intervención con una estrategia pedagógica ha pretendido precisamente “interpretar” estas situaciones del aula, mediante un análisis comparativo semi cuantitativo de los avances en el desempeño académico de dos grupos de básica secundario de grado noveno. se han utilizado los instrumentos de evaluación inicial y final y un cuidadoso análisis del material obtenido.</p>	<p>-A partir de la diferencia de los promedios y preguntas de la evaluación final que se obtuvieron entre el grupo experimental y de control se concluye que esta estrategia didáctica y pedagógica, aplicada en el aula ha favorecido el aprendizaje.</p> <p>-La evaluación de los saberes previos siempre ha de ser el punto de partida de toda práctica docente, puesto que permite conocer las deficiencias y errores conceptuales que interfieren con el aprendizaje. Además, partir de estas concepciones es mucho más fácil elaborar y desarrollar una estrategia didáctica y pedagógica que contribuya de manera significativa a avanzar en el conocimiento.</p> <p>-La enseñanza de la genética requiere de mucha abstracción y de pensamiento hipotético deductivo, por ello es importante dentro de la implementación estratégica introducir la experimentación para acercar al estudiantado a las situaciones problema que surgen al plantearse estos interrogantes. Cabe resaltar además que la experimentación como estrategia didáctica permitió en los estudiantes desarrollar operaciones mentales como observar detalladamente, coordinar acciones, organizar ideas, concluir con el fin de adquirir conocimientos significativos y destrezas necesarias en el aprendizaje de las Ciencias.</p>

<b>Delgado (2014)</b>	<p>-Diseñar e implementar una propuesta didáctica apoyada en las TICS y el modelo de mini proyectos para la enseñanza y el aprendizaje significativo del DNA, RNA y de las proteínas a los estudiantes de noveno grado de la Institución educativa José María Velaz de la ciudad de Medellín.</p> <p>-Diseñar e implementar un curso virtual para la enseñanza del DNA, RNA y proteínas por medio de la plataforma de aprendizaje Moodle.</p>	<p>La propuesta se fundamentó en el empleo de las TIC, específicamente de la plataforma de aprendizaje Moodle y en actividades realizadas bajo el modelo de mini-proyectos como estrategia didáctica para desarrollar en los estudiantes las competencias de trabajo en equipo, pensamiento lógico matemático y manejo del lenguaje epistemológico, fundamentales para la formación del pensamiento científico-tecnológico, objetivo principal en la enseñanza de las ciencias naturales.</p>	<p>-La planeación de las clases y el diseño de las herramientas didácticas apoyadas en Tics facilitan los procesos de enseñanza- aprendizaje en temas de alta complejidad como el DNA, RNA y proteínas, pues permiten al docente seleccionar los medios más adecuados para acercar estos conceptos al contexto del estudiante, sin embargo su utilización dentro de los procesos de enseñanza-aprendizaje requieren una alta capacitación del docente sobre las herramientas Tics y las formas de adaptarlas a los contextos educativo</p> <p>-Las actividades bajo el modelo de mini proyectos favorecen el aprendizaje sobre DNA, RNA y proteínas en los estudiantes, puesto que fomentan el autoaprendizaje, el trabajo en equipo, la argumentación, la investigación y la solución de problemas, competencias esenciales para el desarrollo del pensamiento científico tecnológico objetivo principal de la enseñanza de las ciencias naturales.</p>
<b>Moreno (2014)</b>	<p>-Desarrollar una estrategia didáctica constructivista a partir de los conceptos de gen y cromosoma que permitan una mejor comprensión de la herencia biológica en los estudiantes del grado noveno del seminario menor de la arquidiócesis de Medellín.</p> <p>-Construir los conceptos relacionados con la herencia biológica a los educandos por medio del uso de herramientas didácticas como videos relacionados con la genética y la herencia</p>	<p>El presente trabajo es de tipo cualitativo, con diseño descriptivo. Este diseño permitió recolectar la información, identificar ideas y conceptos, realizar comparaciones, deducciones y hacer propuestos en cuanto al proceso de comprensión de conceptos como gen y cromosoma.</p>	<p>- La evaluación de preconceptos permitió observar que los educandos olvidan conceptos fundamentales frente a los procesos de división celular, los cuales son básicos para entender los mecanismos de cómo se transmite la herencia a nivel genético en los seres vivos.</p> <p>-Al realizar las actividades propuestas los estudiantes tienen claros algunos conceptos, es decir conocen el papel de los genes y señala a estos como directos responsables en la manifestación de determinadas características.</p> <p>-Los estudiantes identificaron que el ADN está en el núcleo celular y que éste es el que dicta las instrucciones para el funcionamiento de los organismos, pero es necesario que profundicen en el papel de los principales actores en este drama, como los cromosomas, cuál es su relación con los genes y como están organizados dentro del ADN y como este se reorganizan en los procesos de división celular.</p>
<b>González (2014)</b>	<p>Elaborar una metodología pedagógica y didáctica que facilite la enseñanza del</p>	<p>Metodología pedagógica y didáctica dirigida a</p>	<p>La experiencia de la práctica de laboratorio integrado, permitió obtener una muestra de material genético (ADN de</p>

	Dogma Central de la Biología Molecular mediante el uso de prácticas básicas en laboratorios integrados a estudiantes de educación media.	estudiantes de educación media a través de prácticas en laboratorios integrados de biología, para que alcancen los conceptos básicos del Dogma Central de la Biología Molecular y la Biotecnología, estas prácticas son importantes en el modelo constructivista del aprendizaje, partiendo de lo planteado por Lev Vygotsky en cuanto se refiere a la Zona de Desarrollo Próximo (ZDP).	banano), lo cual resultó de suma importancia en el proceso formativo del estudiante para la obtención del conocimiento, puesto que mediante una práctica sencilla, nunca realizada en la institución educativa Villa Colombia, el estudiante concibió la idea de que él también puede lograr grandes alcances en la investigación y que no son acciones de unos pocos privilegiados o científicos eminentes en los campos investigativos, ya que el conocimiento también está al alcance de su mano, manifestando a su vez la importancia de que este tipo de estudios y el efecto positivo que tiene para la formación cognitiva de cada uno, se evidencia en el cambio de receptividad y comodidad al sentirse en un ambiente diferente, teniendo acceso a técnicas, equipos y prácticas desconocidas, las cuales influyen en la captación del conocimiento.
<b>Monsalve (2014)</b>	Realizar el trabajo de laboratorio como base de la enseñanza de la variabilidad genética desde la biología molecular, aplicando un ciclo de aprendizaje a través de videos sobre variabilidad genética explicada en la expedición de Darwin, situaciones problema, clases magistrales y trabajos de campo.	La metodología propuesta en esta investigación se enmarcó dentro del enfoque de la investigación cuantitativa a través de un diseño cuasi experimental y tiene como base un estudio de grupos, que permita intervenir en el avance del proceso de aprendizaje de los estudiantes del grado decimo, en el acercamiento a los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales referentes a la variabilidad genética entre tres subespecies analizadas molecular y genéticamente.	La confrontación de los resultados iniciales y finales, permitió observar un avance significativo en el manejo conceptual por parte del grupo experimental, donde la apropiación de conceptos referidos a la variabilidad genética se hizo visible. Concluyendo que el trabajo llevado a cabo con la especie <i>Persea americana</i> M, fue de gran importancia, puesto que la especie vegetal es conocida por los estudiantes, debido a que es un producto de exportación en el municipio. De esta forma se considera la efectividad del trabajo contextualizado, en la evolución de los aprendizajes y el desarrollo de competencias científicas.
<b>Medina &amp; Urazán (2015)</b>	-Profundizar en el estudio y la didáctica en la enseñanza de los conceptos relacionados con genética y evolución, generando	El Aprendizaje Significativo Crítico reviste un enfoque de trabajo en el aula bastante	Partiendo del material diseñado fue considerado por el estudiantado como oportuno, útil e interesante. Se logrando evaluar su alcance al abordar las temáticas relacionadas con

---

diversidad de material para la enseñanza de los temas relacionados con gen y evolución, con el propósito de potenciar la enseñanza de los conceptos en el marco del aprendizaje significativo crítico, en dos colegios distritales de la ciudad de Bogotá.

útil y práctico en el que los estudiantes aprenden que el conocimiento es dinámico y no estático, que puede cambiar en cualquier momento y que es deber del estudiante contar con las estrategias conceptuales que le permitan incorporar el nuevo conocimiento, a unas estructuras previas que ya posee.

cromosoma, gen, células sexuales y evolución, teniendo que se encontraron dificultades con la identificación de la información genética que está presente en células somáticas y sexuales, la confusión entre células sexuales y cromosomas sexuales, y la creencia de que el hijo hereda más ADN del progenitor del mismo sexo. Sobre esta dificultad y para la implementación final del material se construyeron definiciones puntuales en el aula de clases. Concluyendo en que el enfoque de Aprendizaje Significativo Crítico, se mostró como el adecuado al momento de abordar la diversidad de actividades, lo cual constituye un gran avance educativo, basándonos en el hecho de que son colegios rurales de la ciudad de Bogotá

---

### 3.3 Regional

Son pocos los estudios registrados en el departamento del Huila, referentes a la enseñanza y aprendizaje de la biología molecular en la educación básica secundaria. Sin embargo, dentro de los que se han encontrado se halla el proyecto de investigación “*Diseño y aplicación de una unidad didáctica para la enseñanza de la genética basada en la resolución de problemas, a estudiantes del grado noveno del colegio Piaget de Neiva*” por Peláez y Liscano (2014), investigación que tenía como objetivo diseñar y aplicar una unidad didáctica para la enseñanza de la genética basada en la resolución de problemas. Claramente demostraron que, con esta estrategia didáctica, los estudiantes entendieron concepciones que les eran abstractas en un inicio cuando se les evaluaron las ideas previas, tales como gen, herencia, alelo, mutaciones ADN, entre otras, y además lograron un incremento conceptual, a causa de la diversidad de actividades que se plantearon en la unidad didáctica.

Por otro lado, recientemente, se llevaron a cabo dos proyectos de investigación enfocados al campo de la biología, uno desarrollado por García (2015), en el grado octavo de la institución Educativa María Cristina Arango, de la Ciudad de Neiva y el otro realizado por Antolínez y Quintero (2016), en el grado noveno de la Institución Educativa José Reinel Cerquera, del Municipio de Palermo, ambos planteados hacia la enseñanza y aprendizaje de la microbiología, a través de prácticas de laboratorio, artesanales y convencionales, respectivamente, las cuales aportaron a los estudiantes de dichos grados en la progresión de las concepciones en cuanto a la temática, proponiendo todo el estudio desde una perspectiva cualitativa, lo que les permitieron establecer como principales hallazgos que las prácticas de laboratorio fortalecieron las habilidades científicas en los estudiantes, a partir de las experiencias significativas, contribuyendo a su vez en la apropiación de concepciones previas, demostrando con ello, que los trabajos prácticos son herramientas didácticas, que facilitan la enseñanza-aprendizaje de un tema en particular y sus implicaciones socio científicas.

**Tabla 3.** Recopilación de antecedente a nivel Regional.

AUTOR Y AÑO	OBJETIVOS	ASPECTOS METODOLOGICOS	PRINCIPALES HALLAZGOS
<b>Peláez &amp; Liscano (2014)</b>	<p>Diseñar y aplicar una unidad didáctica para la enseñanza de la genética basada en la resolución de problemas para estudiantes de noveno grado del colegio Piaget de Neiva</p> <p>-Indagar y sistematizar las concepciones sobre genética que tienen los estudiantes.</p> <p>- Establecer los contenidos de enseñanza, estrategias, actividades y evaluación de la unidad didáctica</p> <p>-Realizar una retroalimentación de la aplicación de la unidad didáctica</p>	<p>La investigación fue diseñada bajo un enfoque cualitativo de esta misma forma se empleó el método de análisis de contenido que se considera como un proceso de codificación de contenido de un texto proporcionado por los participantes y finalmente las técnicas de recolección de información utilizadas fueron la observación participante y un cuestionario que se aplicó tanto al inicio como al final del proceso</p>	<p>Los estudiantes entendieron concepciones como Gen, Herencia, Alelo, Mutación, ADN, Dominancia, Recesividad, entre otros, en donde al iniciar la investigación, las concepciones previas sobre genética presentaban dificultades para cada una de ellas, sin argumentación de como sucede cada uno de los procesos biológicos.</p> <p>-Se logró un enriquecimiento conceptual, debido a las distintas actividades propuestas durante la investigación siendo favorables actividades como la práctica de laboratorio, observación crítica de videos, identificación y desarrollo de ejercicios propuestos, socialización durante la actividad pedagógica, las cuales generaron una reconstrucción secuencial de sus conocimientos.</p>
<b>García (2015)</b>	<p>Favorecer la enseñanza-aprendizaje del Mundo Microscópico Biológico a través de prácticas de laboratorio artesanales en estudiantes de octavo grado de la Institución Educativa María Cristina Arango de Pastrana del Municipio de Neiva, Huila, diseñando contenidos, finalidades, estrategias, actividades, recursos y guía de enseñanza y la evaluación del aprendizaje de prácticas de laboratorio sobre el Mundo Microscópico Biológico.</p>	<p>El estudio se propone desde una perspectiva cualitativa, empleando el análisis de contenido y haciendo uso del cuestionario y la observación participante. Lo cual tiene como característica principal, recolectar los datos sin necesidad de que haya una medición numérica, de tal manera que se utiliza en primera instancia para descubrir y refinar preguntas de investigación. Así mismo, se recogen perspectivas y puntos de vista obtenidos de los participantes (para el caso de esta investigación los estudiantes de grado octavo de la Institución Educativa María Cristina</p>	<p>Frente al diseño y aplicación de trabajos prácticos artesanales se destaca que efectivamente el hecho de elaborarlos teniendo en cuenta su bajo costo, fácil acceso y aspectos contextualizados relacionados con situaciones cotidianas del departamento, contribuyeron a la apropiación de conocimientos acerca del mundo microscópico biológico, modificando las concepciones de los estudiantes y mejorando su conducta, fortaleciendo su habilidades científicas a partir de experiencias significativas, las cuales no habían tenido, debido a que en la institución no cuenta con laboratorios especializados. Se demuestra que utilizando herramientas didácticas, como es la implementación de Trabajos prácticos para la enseñanza y el aprendizaje de un tema particular de la Microbiología, permite a los</p>

	Arango de pastrana) a través de experiencias bien sea de manera individual o colectiva.	estudiantes aprender con mayor facilidad (Estructuras microscópicas, concepto, tipo, característica, distribución e importancia de los microorganismos) y sus implicaciones socio científicas.
<p><b>Antolínez &amp; Quintero (2016)</b></p> <p>-Caracterizar la contribución de prácticas de laboratorio en el proceso de enseñanza-aprendizaje del mundo bacteriano y fúngico en estudiantes de noveno grado de la Institución Educativa José Reinel Cerquera del Municipio de Palermo, Huila. Identificando así el aporte de las prácticas de laboratorio en la progresión de las concepciones del estudiantado sobre el mundo bacteriano y fúngico.</p>	<p>La realización del presente estudio se propone desde un panorama cualitativo, en el cual se empleó el análisis de contenido y se hizo uso del cuestionario y la observación participante. La investigación de enfoque cualitativa presenta como característica que no se cuantifica, ni se mide ningún dato, facilitando de esta forma la recolección de datos. De esta forma se recogerán perspectivas y puntos de vista obtenidos de los estudiantes del grado noveno de la institución educativa José Reinal Mosquera por medio de entrevistas, encuestas o experiencias a nivel individual y colectivo.</p>	<p>Se evidencia que la enseñanza de las ciencias, se basa en temas, que no se toman como un todo sino como partes fraccionadas que deben ser memorizadas por el estudiante. Lo cual se vio reflejado en las concepciones de los estudiantes al abarcar diferentes contenidos, por tanto, se hizo necesario que, mediante la realización de la clases y prácticas de laboratorio, se permitiera al estudiantado generar explicaciones y argumentaciones, desde el punto de vista científico sobre los procesos que han permitido la adaptación de las bacterias a diferentes tipos de ambientes. Otro aspecto que también es necesario destacar es que los alumnos presentaron dificultades en la redacción de sus ideas, por lo que también fue necesario guiar a los estudiantes en su proceso de escritura durante la realización de las futuras prácticas de laboratorio, Concluyendo que, aunque un gran número de la población de razón en cuanto algunos aspectos teóricos, aún hay un desconocimiento por la gran mayoría de los estudiantes. Posiblemente una de las causas, es que los estudiantes aún no habrían abordado esta temática en clases y por tal motivo se hace necesario desarrollar una unidad didáctica que les permita dar un significado biológico a cada temática.</p>

#### 4. Justificación

Las investigaciones realizadas hasta el momento en didáctica de las ciencias, a nivel nacional e internacional, nos permitieron establecer las múltiples dificultades, que suelen presentarse dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje de disciplinas científicas, como la biología molecular, la cual según Figini y De Micheli (2005), se ha convertido en objeto reiterado de investigación, sin embargo a nivel local, en la ciudad de Neiva-Huila, solo existe un registro de estudio investigativo relacionado con la problemática, razón por la cual se ve la necesidad de plantear y desarrollar un proyecto de investigación como este, enfocado específicamente en la enseñanza y aprendizaje de la biología molecular a través de situaciones problematizadoras y prácticas de laboratorio en estudiantes de grado noveno de la Escuela Normal Superior de Neiva, Huila. Esto con el fin de poder sistematizar las concepciones del estudiantado sobre biología molecular y así contribuir en la progresión de las mismas, a través de una intervención didáctica en la que se diseñe y aplique una secuencia de clase para la enseñanza y aprendizaje de la misma.

De acuerdo con Smith (1988), en el campo de la biología, los contenidos que representan mayor complejidad a la hora de enseñar y entender debido a que generalmente son abstractos, son aquellos asociados al componente celular, como la biología molecular, la cual se encarga del estudio de los flujos de información genética en una célula, lo que se convierte en una base conceptual fundamental que se debe impartir en el bachillerato, puesto que fomenta a su vez una educación científica, como la planteada por Ocampo (1993), con la que se busca motivar y acercar al estudiante al campo de la tecnología, aplicado a las necesidades de la economía nacional. Por tal motivo uno de los principales propósitos es integrar contenidos propios de la biología molecular, para así establecer una secuencia didáctica que permita al estudiante de básica secundaria, construir una visión globalizada de la respectiva área, que conlleve al mejoramiento de la calidad de vida de las poblaciones.

Aprender de forma significativa es adquirir nuevos conocimientos, de tal manera que se resignifiquen las estructuras mentales propias e incorporen a las experiencias previas, según Payer (2005). Basados en lo anterior, decidimos llevar a cabo este proceso de enseñanza y aprendizaje de la biología molecular, por medio de trabajos prácticos de

laboratorio, que involucren experiencias concretas y familiares, que ayuden al estudiante a aprender de forma significativa, a establecer relación entre el conocimiento conceptual presentado en el aula y el procedimental realizado en laboratorio y potenciar destrezas y habilidades en el estudiante, que aporten al estudio de fenómenos biológicos, vinculado a la biología molecular. De ahí, el por qué, autores como Del Carmen (2011), argumentan que los trabajos prácticos suponen la articulación de diferentes tipos de actividades, mediante un enfoque integrado en el que la teoría y la práctica se entrelazan en un tratamiento conjunto, lo cual es apoyado por Nieda (1994), quien además resalta, que en el colegio esto resulta ser reducido en la asignatura de ciencias naturales, ya que no se le dedica tiempo suficiente a la parte experimental por diversos factores, tales como: la falta de recursos, de instalaciones, escasa formación docente o excesivo número de alumnos para el caso de las instituciones educativas públicas del país, como señala también Fernández, et al. (2011).

De ahí que la realización de trabajos prácticos la desarrollemos de manera artesanal, debido a la escasa disposición de materiales equipos y reactivos de laboratorio en la institución y a causa de que los conocimientos y competencias científicas se pueden alcanzar por medio de otros tipos de prácticas menos costosas a las convencionales. (Sanmartí et al, 2002). Además, el hecho de construir con las propias manos y emplear técnicas habituales sin la necesidad de utilizar procesos mecanizados representa un mayor aprendizaje tanto de las temáticas, conceptos y funciones de éstos, así mismo potencializa el desarrollo de actitudes artísticas y creativas debido a la estructuración de objetos únicos e incomparables (García, 2015).

De igual manera implementamos dentro del proceso enseñanza-aprendizaje de la biología molecular, la resolución de problemas como estrategia didáctica que fomente el pensamiento científico, ejercite la capacidad deductiva del estudiante y mejore la capacidad de razonamiento, con el fin de que pongan en práctica la construcción de su propio aprendizaje a través de los planteamientos causa-efecto y logren establecer relaciones entre hechos e ideas, lo cual es sustentado por Stewart (1991), quien afirma que la aplicación de este método, estimula el conocimiento propio, lo que genera que trabajen desde los efectos a las causas al momento de construir sus modelos conceptuales para después presentarlos a otros, así, los planteamientos como los de Kempa (1986), aseguran que la resolución de problemas abre paso a la elaboración de información en el cerebro, de quien los está

resolviendo, exigiéndole el ejercicio de la memoria de trabajo, así como de la memoria a corto y largo plazo, para que basados en los conocimientos previos y su relación con el entorno físico puedan crear hipótesis y estrategias que den solución a situaciones problemáticas, inicialmente inciertas, asociadas en este caso a la biología molecular.

En cuanto a la razón de haber escogido para la aplicación del trabajo investigativo la Institución Educativa Escuela Normal Superior de Neiva, inicialmente porque esta se centra en su lema “Formando maestros en y para la vida”, además de su misión en la formación de maestros con idoneidad pedagógica y científica, con capacidad para competir en aspectos de investigación y atención educativa a personas con limitaciones auditivas. Lo que nos resulta relevante y motiva a seguir velando por la enseñanza de las ciencias, ya que es de gran importancia que los estudiantes adquieran y tengan dominio de una serie de conocimientos y metodologías, que les permita tener una mirada integra de todo el proceso educativo. Por tanto, el punto de partida para elegir los estudiantes del grado noveno para el proceso de enseñanza-aprendizaje de la biología molecular a través de situaciones problematizadoras y prácticas de laboratorio, fueron los estándares básicos de competencias en ciencias naturales, formulados por el MEN.

Sumado a ello, la ENS de Neiva, tiene como unidad de apoyo la Facultad de Educación de la Universidad Surcolombiana, la cual ayuda a integrar los procesos de formación docente, convirtiéndose en motor de desarrollo comunitario. En este sentido, el programa vinculado es la Licenciatura en Ciencias Naturales: Física, Química y Biología de la Facultad de Educación de la Universidad Surcolombiana, la cual tiene objetivos muy afines a lo planteado en la misión de la IE Escuela Normal Superior. El programa busca formar educadores, con sentido humanista, con sólidos conocimientos, con una visión integral de la ciencia y con elementos didácticos para contextualizar a partir de la problemática de la vida cotidiana aplicada al conocimiento científico, permitiendo que los estudiantes construyan teorías, conceptos y principios de forma crítica y reflexiva con el propósito de mejorar la enseñanza. Formando así, profesionales que asuman la acción educativa desde la perspectiva de la investigación, con carácter dinámico e innovador.

Asimismo, el semillero Enseñanza de las Ciencias Naturales ENCINA, apoya el último apartado con relación a la investigación educativa, con el fin de aportar a la formación de maestros en el marco de las ciencias naturales y la educación ambiental,

respondiendo a la misión del programa, respecto a generar conocimiento, tanto en el área específica como en el campo pedagógico y didáctico, con el fiel propósito de vincular al estudiantado con los procesos de desarrollo social, científico, tecnológico y cultural.

De acuerdo a lo anterior, esperamos que, al finalizar el presente proyecto de investigación, podamos obtener una secuencia didáctica de prácticas de laboratorio y situaciones problematizadoras reestructuradas, que faciliten el aprendizaje y mejoren la capacidad de los estudiantes a la hora de aplicar los modelos de pensamiento a aspectos relacionados a la comprensión de la biología molecular.

## **5. Objetivos**

### **5.1 General**

- Favorecer el proceso de enseñanza–aprendizaje de la biología molecular a través de situaciones problematizadoras y prácticas de laboratorio artesanales en estudiantes de grado noveno de la escuela normal superior de Neiva, Huila.

### **5.2 Específicos**

- Sistematizar las concepciones que tienen los estudiantes del grado noveno de la ENS, sobre biología molecular, antes y después de la intervención didáctica.
- Diseñar y aplicar una secuencia de clase para la enseñanza y aprendizaje de la biología molecular a través de situaciones problematizadoras y prácticas de laboratorio.
- Establecer las contribuciones de la intervención didáctica, con relación a la progresión de las concepciones de los estudiantes sobre biología molecular.

## **6. Marco Teórico**

En el presente apartado presentamos el sumario de los fundamentos teóricos abarcados en la investigación, tales como la Enseñanza de la Biología, Enseñanza de la Biología Molecular, Biología Molecular, secuencias de clase, concepciones, situaciones problematizadoras y trabajos prácticos de laboratorio.

### **6.1 Enseñanza de las Ciencias**

La enseñanza de las ciencias Naturales, se puede decir que es un proceso un poco complejo, debido a que se requiere que los docentes asuman retos diarios para lograr tener dominios íntegros de un saber y de metodologías actualizadas e innovadoras que incentiven en los estudiantes las ganas de aprender ciencia, sin embargo las dificultades de enseñanza y aprendizaje que subyacen de ello, hacen requerir de nuevas formas de intervenir en las clases con recursos y métodos que ayuden a lidiar con ello y para que en su defecto esta no se vuelva tediosa y monótona.

Para Jiménez (2003) Ciencia y cultura se relacionan muy cercanamente, lo cual hace que ambas se involucren dentro de una misma área en la sociedad, y una sea consecuente de la otra. Actualmente en muchos países europeos se cree conveniente el involucrar los conocimientos científicos, como características que hace parte de la cultura, y desde allí siendo definida la ciencia como una forma de cultura, sería apropiado dar a conocer a los estudiantes el lema de que la construcción de los conocimientos científicos hace parte de la cultura.

Por su parte Brown, Collins y Duguid (1989), le prestan atención al cómo enfrentarse a las dificultades de aprendizaje de las ciencias, más que en su éxito de enseñanza, y por ello se enfatizan en la persona que va a aprender y en el contexto en el cual sucede el proceso de aprendizaje, recalcando que el conocimiento no necesariamente debe enajenarse desde las situaciones donde se aprende y en donde se utilizaron, sino desde un contexto amplio ante diversas situaciones para que los conceptos nuevos que se adquieren, sean aprendidos y comunicados constantemente, para obtener éxito en el proceso de aprendizaje continuo y constante del ser humano.

De la misma forma, Jiménez (2003) resalta que para el aprendizaje de actividades metodológicas de algún quehacer, el aprendizaje de forma empírica es muy apropiado, ya que si al estudiante se le asigna una tarea a realizar con recursos y herramientas disponibles, esta experiencia será más directa, logrando interactuar con ello y conociendo en que situaciones se usan, para que sirven, como funcionan, cuando aplicarlas y por consiguiente esto ayudará a alcanzar un aprendizaje fructífero, desde el marco cultural del oficio.

En cambio, Brown, Collins y Duguid (1989) afirman que aunque el aprendizaje sea adquirido empíricamente desde el oficio, una de las dificultades que se enfrentan es el hecho de que el estudiante en el momento de aplicar los conocimientos y las herramientas no tiene en cuenta a que cultura científica pertenecen. De este modo, Jiménez (2003), resalta que el conocimiento teórico que se tiene es la herramienta que se requiere para ser utilizada en pro de resolver problemas y se entenderán cuando se les use en una situación desde una perspectiva cultural, puesto que esto provocara transformaciones de los puntos de vista frente al universo, dicho en otras palabras, tanto el conocimiento teórico como el práctico, hacen parte esencial de la cultura científica en una comunidad.

Igualmente Jiménez (2003) plantea que existe una cultura científica escolar en donde normalmente, las actividades que se planean para la enseñanza de las ciencias, no alcanzan a aprenderse para ser utilizadas en otros contextos, debido a que las situaciones reales del contexto se consideran muy complejas de entender y tratar; en consecuencia, concibiéndose el aprendizaje de las ciencias en el aula de manera dividida, y sin utilidad alguna, características propias que determinan la enseñanza tradicional. Con base a ello, la solución para alcanzar una enseñanza efectiva sería el estructurar “actividades auténticas “con características como el contexto, apertura y proceso de resolución, en donde se incluya una formación en la cultura científica y el aprendizaje de procesos de forma empírica entre el aprendiz y el experto quien ofrece apoyo.

Las estrategias metodológicas son claves en el proceso de enseñanza y aprendizaje, ya que de estas dependerá el éxito del mismo y en su defecto el nivel en que se logre contrarrestar las dificultades que interfieren y se presentan en el aula de clase. Dependiendo de si se han utilizado ya sea de forma adecuada o incorrecta las estrategias didácticas, se pronuncian ciertas características que subyacen en el comportamiento del estudiante en la clase mediante actitudes, que el mismo asume en el aula, de modo que si el estudiante es

pasivo, no pregunta, no participa, no reflexiona, no predice acerca de la temática tratada en la clase, se entiende como si las estrategias no hubiesen sido las correctas para aplicar en tal situación y comunidad escolar (Brown, 1992).

Es importante tener en cuenta que la ciencia desarrollada en el aula y la realizada por la comunidad científica no son iguales, tal como lo afirma Jiménez (2003) ya que la que se realiza en el aula, se basa en reelaborar conocimientos a partir de los conocimientos ya estandarizados desde la comunidad científica y validados según los expertos, sin embargo la enseñanza de ciencia en el aula, no se trata de una enseñanza simplificada, sino de la elaboración de un nuevo modelo que articula diversos conceptos, lenguajes análogos y experimentos (Izquierdo y Sanmartí, 2000).

De acuerdo con lo anterior, por ello es importante tener en cuenta los diversos aspectos de la tarea docente tales como los objetivos de enseñanza, la selección de diferentes tipos de contenido, la importancia de los conocimientos iniciales de los alumnos, la necesidad de usarlos en el proceso de aprendizaje, el papel de los trabajos prácticos, el enfoque de los problemas, la dinámica del trabajo en el aula, la comunicación y la argumentación (Jiménez, 2003).

## **6.2 Enseñanza y Aprendizaje de la biología**

La enseñanza y el aprendizaje de la biología abarcan una amplia gama de temáticas que van desde qué es y cuál es el origen de la vida, el origen y evolución de las especies, estructuración y anatomía celular, anatomía y fisiología humana, como se transmiten los caracteres hereditarios, como se desarrolla un individuo, la relación entre sí de los seres vivos y con su medio ambiente, el cambio biológico, y una de las más importantes la Biología Molecular, la cual abarca los múltiples procesos y relaciones entre los sistemas celulares y moleculares con el fin de analizar y explicar los procesos que se llevan a cabo en los seres vivos a partir de las características biomoleculares o dicho de otra manera por algunos autores que definen la biología molecular como el estudio de la estructura, función y composición de las biomoléculas importantes.

Acerca de los problemas de aprendizaje de la Biología, no se poseen extensos referentes como en otras áreas, sin embargo los que se hallan, indican que los problemas se encaminan hacia la comprensión, confusión o uso de conceptos y modelos los cuales no

necesitarían de un cambio conceptual profundo o restauración debido a que no son tan complejos, sino una diferenciación y ampliación de las ideas previas que haga abarcar más extensamente la temática con mayor disponibilidad de tiempo y en consecuencia las actividades necesarias para su aprendizaje, lo que Hewson citado por Jiménez (2003) llamaría captura conceptual.

Anteriormente se consideraba que ésta rama de las ciencias, era la menos científica puesto que no se lograba representar las teorías por medio de expresiones matemáticas, y los experimentos en algunas temáticas eran complejos de abarcar, esto debido principalmente a las diversas limitantes en cuanto a materiales, estrategias, tiempo entre otras sin embargo en la actualidad, desde la enseñanza de esta amplia gama de temas de la Biología es importante no solo el desarrollo de conocimientos, sino también el generar e idear habilidades investigativas en los estudiantes, que le sirvan en su formación para dar soluciones a problemáticas y así mismo el desarrollo de actitudes positivas, ya que según Banet (2000) no solo se trata de fomentar conocimientos conceptuales sobre los fenómenos biológicos de importancia sino de auspiciar el aprendizaje de habilidades manuales, investigativas e intelectuales y además apoyar el desarrollo de conductas positivas tanto personales como sociales con el objetivo de comprender mejor la naturaleza y el trabajo científico.

Desde el punto de vista del aprendizaje de los conceptos, los conocimientos biológicos existentes, deben brindar elementos idóneos para conocer y entender el mundo vivo, los procesos biológicos y las relaciones que se dan entre estos y su entorno; por ello, los contenidos elegidos para desarrollar con los estudiantes deberán enmarcarse no solo desde el panorama de formación científica, sino el nivel en que estos conocimientos realizarán aportes conceptuales que le será de utilidad al estudiante para comprender el mundo natural y los fenómenos que lo rodean.

En el desarrollo procedimental, la enseñanza de los procesos biológicos es de gran influencia, puesto que permite que los estudiantes vivencien experiencias y por ende aprendan diversas habilidades próximas con las que se califica la investigación científica, permitiendo que se experimente o ponga en práctica los conocimientos teóricos que se trabajan en clase (Perales y Cañal, 2000), puesto que a partir de lo experimental se logra adquirir un aprendizaje más significativo. Por esta razón, los contenidos procedimentales de

la biología se apoyan en las metodologías de la ciencia y su aprendizaje se basa en llevar a la práctica estos métodos a través de habilidades manuales, estrategias de investigación y habilidades de comunicación (Banet, 2000).

Por tanto, este tipo de formación no debería reducirse simplemente a la comprobación de ideas o teorías existentes, ni tampoco a la reproducción persistente de prácticas hechas por otros, sino más bien lo que se requiere es que este procedimiento experimental sea problematizador, de tal manera que haya la necesidad de implementar situaciones que inciten a resolver problemas complejos del contexto recurriendo a éstas experiencias para analizar, debatir, y realizar una completa investigación científica para dar soluciones, ya que no tendría sentido que todo esto estuviese definido y mecanizado (Castro & Valbuena, 2007).

Respecto a las actitudes que se desarrollan en la enseñanza de la biología, es de gran apoyo el desarrollo de experiencias de trabajo aproximados a las ciencias para fomentar en los estudiantes comportamientos personales adecuados tales como actitudes saludables en la alimentación, hábitos de higiene personal, actitud crítica ante ciertos problemas, cuidado y respeto por la naturaleza, trabajo en equipo, tenacidad y exactitud en la recolección de datos, toma de conciencia y valoración de las limitaciones de la ciencia, entre otras que abarcan las temáticas y procesos propios de la ciencia; por tal razón se debe acceder a que los alumnos comprendan los fenómenos biológicos, con el fin de que a partir de ellos sean capaces de determinar los comportamientos adecuados hacia los mismos y la Ciencia como tal (Banet, 2000). En tal sentido, las estrategias metodológicas que se empleen para la enseñanza de la biología, mediante actividades que se acercan a la investigación científica, permiten que los estudiantes perciban mejor la naturaleza de la Ciencia.

### **6.3 Enseñanza de la biología molecular**

Para la enseñanza y el aprendizaje de la Biología molecular, actualmente no solo se requiere del dominio del conocimiento científico sino también del lenguaje, fundamental para entender los diversos fenómenos biológicos como la replicación, traducción, transcripción, Clonación, Transgénicos, y además para la comunicación, discusión, debates y análisis acerca de los problemas reales de nuestro contexto, los cuales van más allá de las cuatro paredes del aula de clases y diariamente emergen en nuestra realidad.

En efecto, Abreu et al., (2010) considera necesario poseer el conocimiento biológico y ser capaz de dominarlos adecuadamente con el fin de lograr interpretar y así mismo participar de las discusiones modernas; sin embargo a pesar de ello, surgen múltiples dificultades en su aprendizaje, debido a que los temas que abarcan como por ejemplo los genes, los cromosomas, el cariotipo humano, el ADN, la replicación molecular, las proteínas, el ARN, la transcripción, la traducción, el código Genético, las mutaciones, entre otros, se definen como abstractos, difíciles de entender y por ende complejos de asimilar, de acuerdo con García et al., (2008) debido a que se involucran múltiples agrupaciones atómicas y moleculares y a los diversos procesos celulares y con Delgado (2014) debido a que se tienen que relacionar conceptos de biología y química, que pertenecen al mundo microscópico, por tanto no se pueden observar a simple vista y los procesos celulares que implican largos periodos de tiempo para su estudio profundo. Tanto así es el caso, que en muchas ocasiones actualmente se evidencia que hasta los jóvenes universitarios que cursan dichas áreas, llegan con muchas de estas falencias y dificultades, las cuales según sus opiniones se deben al hecho de la mala relación de los temas estudiados con el conocimiento científico real que hacen que no entiendan coherentemente lo que sucede ni mucho menos las representaciones científicas acerca del tema.

García et al., (2008) plantean que anteriormente los únicos modelos para el aprendizaje de las estructuras de las moléculas biológicas consistían en descripciones e ilustraciones en libros, al igual que modelos comerciales denominados de space filling de Stuart en versión de diferentes materiales para representar los diversos procesos biológicos, pero estas implicaban gran costo dependiendo de la magnitud que se le quisiese dar y en el aprendizaje, representaba una limitante en el estudiante para el desarrollo de la imaginación debido a la rigidez en los movimientos y flexiones de cada estructura, que no demostraban las interacciones reales que acontecen en cada fenómeno biológico.

Abreu y sus colaboradores (2010) coinciden que para tratar dichos aspectos de la enseñanza, se necesitan de estrategias ilustrativas que permitan acercar al estudiante al objeto de estudio, puesto que una de las mayores dificultades que presentan los educandos en su aprendizaje de los conceptos y procesos moleculares, es la de imaginar las estructuras, composición y movimientos dinámicos de cada molécula, y como éstas se involucran en los diversos procesos de acuerdo a su función y ubicación; principalmente a

causa del mal uso de estrategias metodológicas y algunos materiales en los cuales los docentes se apoyan para enseñar sin percibir cómo estos influyen en el aprendizaje, y sin darle opción al estudiante de pensar, debatir, comprobar, experimentar, analizar, comparar y dar soluciones a problemas reales que le permitan relacionar lo que allí se le plasma con la realidad.

Por tal razón, algunos autores como Abreu et al., (2010) recomiendan la aplicación en el aula de clase de algunos modelos didácticos como es el pijetex, o diferentes softwares de visualización molecular herramienta que sirve para representar las tres dimensiones y el movimiento dinámico de las estructuras moleculares, y el de algunos procesos celulares en los que se involucran dentro de la Biología Molecular. Igualmente, García et al., (2008) señalan la importancia de la utilización de modelos didácticos y diversas técnicas de visualización molecular en las clases, debido al gran aporte de estos programas en el proceso de enseñanza.

Estas herramientas innovadoras le permitirán al estudiante entender y manipular las moléculas de tal manera que comprendan su estructura, organización y funcionamiento, y a partir de ello se involucre el uso de técnicas de laboratorio para poder tener un mayor acercamiento de cada proceso y manejo del mismo, permitiéndole interactuar directamente con los procesos Biológicos moleculares, ya que el uso de estrategias tradicionales de enseñanza en el aula no son eficaces puesto que se basan en la transmisión de conocimientos de manera vertical haciendo perder la motivación al estudiante de aprender y en efecto no favoreciendo la asimilación de conceptos necesarios para construir nuevos saberes (Ruiz, 2007).

Por otro lado, se encuentran las creencias religiosas que los estudiantes han adquirido desde cada núcleo familiar como factores que influyen en la enseñanza y aprendizaje de la Biología Molecular, y según Delgado (2014) generan confusión y contradicción frecuente ante las teorías y los procesos científicos que se abarcan en esta área tan importante, ya que es muy complejo para un estudiante creer y asimilar que las características físicas de las personas son heredadas gracias a estructuras microscópicas no percibidas a simple vista, que al sufrir cambios serán las responsables de generar organismos muy diversos entre sí a lo largo del tiempo, cambios que hacen que los estudiantes se muestre incrédulos, muestren actitudes negativas hacia la ciencia y estén ausentes a aprender.

En cuanto a estas temáticas de Evolución y cambios biológicos, se podría contrarrestar esta dificultad mediante el análisis de noticias de prensas actuales que proporcione nuevos casos para interpretar e incluyan actividades prácticas, donde ellos vivencien dichos fenómenos con el fin de hacerles ver desde otro punto de vista los planteamientos científicos existentes, sin tener que obligarlos a creer en las teorías que se plantean desde esta rama de la Ciencia, sino que la conozcan, la analicen y de ahí se inclinen por sus más acertadas creencias.

Según Bernal, (2013) entre los problemas que se pueden presentar en la enseñanza de la Biología Molecular además están los conocimientos que son presentados tradicionalmente y se transmiten como recopilación de sucesos, leyes, teorías, reglas y relaciones lógicas de forma difundida, lo cual produce confusión, desmotivación, pérdida de la curiosidad y dificultad en el aprendizaje; así mismo, las propuestas didácticas en relación con tecnología del DNA que se restringen exclusivamente en ser enseñadas a través de talleres sin tener en cuenta las necesidades y diversidad de aprendizaje de los estudiantes; temáticas enseñadas de manera desarticulada desde diferentes fuentes, conceptos complejos, contenidos en inglés, sin poseer conocimientos básicos en dicha asignatura y desconcierto entre algunos conceptos, tal como DNA con Gen, replicación con PCR, DNA con RNA, entre otros.

No obstante, pese a que actualmente se encuentran múltiples instrumentos metodológicos para tratar estas temáticas difíciles, los docentes prefieren utilizar la educación tradicional según Peláez y Liscano (2014), sin embargo, esa no sería la idea, la idea sería el lograr un cambio de mentalidad, que nos haga reflexionar sobre nuestra práctica docente y como resultado permita alcanzar el aprendizaje de nuestros estudiantes.

### **6.3.1 Estándares básicos de competencias en Ciencias Naturales**

Reiterando lo mencionado en apartados anteriores, el Ministerio de Educación Nacional planteó los estándares básicos de competencias en Ciencias Naturales, argumentando su finalidad de desarrollar el pensamiento científico en los estudiantes, partiendo de que cada competencia requiere conocimientos, habilidades, destrezas, actitudes y disposiciones específicas para su desarrollo y dominio, lo que, en conjunto, permite valorar si la persona es realmente competente en un ámbito determinado.

Razón por la cual los estándares formulados para trabajar de octavo a noveno grado en el área de Ciencias Naturales, establecen relación en tres ejes básicos: entorno vivo, entorno físico y ciencia, tecnología y sociedad, con el fin de agrupar las acciones de pensamiento que llevarán a producir el conocimiento de procesos biológicos, procesos físicos y procesos químicos, facilitando la comprensión y la diferenciación de los problemas específicos relacionados con la biología, la química y la física, teniendo en cuenta que los estudiantes deben saber y saber hacer en la escuela a tal punto de entender el aporte de las ciencias naturales a la comprensión del mundo donde vivimos.

Por consiguiente, a nivel biológico sobresale el estándar que plantea que el estudiante debe explicar la variabilidad en las poblaciones y la diversidad biológica como consecuencia de estrategias de reproducción, cambios genéticos y selección natural, lo cual se relaciona con el estándar correspondiente a Ciencia, Tecnología y sociedad, en donde se hace énfasis en que el estudiante debe identificar las aplicaciones de algunos conocimientos sobre la herencia y la reproducción al mejoramiento de la calidad de vida de las poblaciones, lo cual explica el hecho de que dentro del componente entorno vivo aparezcan las acciones de pensamiento referentes a reconocer la importancia del modelo de la doble hélice para la explicación del almacenamiento y transmisión del material hereditario y asimismo establecer relación entre los genes, las proteínas y las funciones celulares, demostrando que si se entrelazan con las asignadas para el componente de Ciencia, Tecnología y sociedad, en donde se formula que el estudiante debe identificar la utilidad del ADN como herramienta de análisis genético, argumentando las ventajas y desventajas de la manipulación genética.

### **6.3.2 Biología Molecular**

La Biología Molecular, término acuñado por el matemático estadounidense Warren Weaver en 1938 como director del departamento de Ciencias Naturales de la Fundación Rockefeller, en sus inicios se basaba en brindar apoyo a estudios en esta área gracias al uso de técnicas complejas y modernas para indagar acerca de varios de los procesos celulares (Claros, 2003). Y, por otra parte, los ácidos nucleicos fueron manifiestos en 1867 por Friedrich Miescher, quien los llamó nucleína, puesto que, al aislarlos, fueron encontrados en el núcleo celular.

### **6.3.3 El DNA**

En 1938 William T. Astbury supone gracias a la difracción de rayos x, que el DNA es una fibra periódica debido al espacio a lo largo de la cadena de 0,33 nm y a su vez el físico

Erwin Schrödinger resalta que las leyes de la física no son propias para manifestar las propiedades del DNA, ni su consistencia a lo largo del tiempo, siendo propiamente en 1945 el nacimiento de la Biología Molecular, la cual basa sus estudios para la comprensión de la estructura atómica de las macromoléculas, así como los procesos biológicos y la transmisión de la información genética que anida en los genes tras ser heredada de generación en generación, la cual se relacionaba en gran parte a los conocimientos bioquímicos estructurales o tal como lo expresan otros autores como Astbury quien definía la Biología Molecular como “el dominio de la biología que busca explicaciones a las células y organismos en términos de estructura y función de moléculas; las moléculas más frecuentemente analizadas son las macromoléculas del tipo proteína, ácidos nucleicos y glúcidos, así como conjuntos moleculares del tipo membranas o virus”. (Claros, 2003)

Anteriormente se les atribuía a las proteínas ser las responsables de portar y de transmitir la información genética, sin embargo, dos experimentos fueron claves para comprobar que ello no era cierto; el primero es en 1928 en donde el microbiólogo Fred Griffith descubrió que el *Streptococcus pneumoniae* mataba los ratones de neumonía porque los polisacáridos de la superficie de la bacteria evitaban que fueran destruidas por el sistema de defensa celular. Para darse cuenta de ello, el experimento consistió en tener cepas virulentas con colonias de aspecto Liso y cepas avirulentas de colonias rugosas las cuales no podían sintetizar la capa de polisacáridos. Luego se inyectaron a los ratones con las cepas de Neumococos virulentos Lisos y avirulentas rugosos, logrando evidenciar que los ratones morían con Neumonía, sin embargo, cuando un ratón se infectaba con la cepa S inactivada por calor o con la cepa R, el animal sobrevivía. En el primer caso las bacterias Lisas transformaban a los Neumococos rugosos en virulentos los cuales poseían la capa de polisacárido, esto se debía a que las bacterias Rugosas recibían la información e instrucción necesaria para aprender a producir la capsula y transmitir virulencia a la descendencia, gracias a la exposición del DNA. Al componente de la bacteria muerta que había transformado la cepa R en S se le llamó principio transformante, y gracias al experimento se logró demostrar que este principio transformante no era de carácter proteínico, sino por los ácidos nucleicos. (Luque & Herráez, 2001).

El segundo, realizado por Alfred D. Hershey y Martha Chase en 1952 en donde se estudia la infección de la bacteria *Escherichia coli* por el fago T2 consistió en cultivar

bacteriófagos en medios con isotopos radioactivos con [ $^{32}\text{P}$ ] y [ $^{35}\text{S}$ ], en donde el DNA de los fagos era marcado con el fosforo y las proteínas con el azufre con el fin de infectar la bacteria, luego centrifugaron las muestras, evidenciando que el sedimento quedaban las bacterias infectadas marcadas con [ $^{32}\text{P}$ ], y en el sobrenadante las cápsidas con proteínas de los virus marcadas con [ $^{35}\text{S}$ ]; tras un ciclo se observa que al usar los fagos con proteínas marcadas con [ $^{35}\text{S}$ ], el 1% de radiactividad se juntaba a la generación, y al usar los fagos marcados con [ $^{32}\text{P}$ ], más del 30% de la radiactividad se encontraba en la progenie, lo cual permite demostrar que la información genética reside en el DNA y por lo tanto que es el DNA lo que se transmite de una generación a otra mas no las proteínas, por tanto se alude que la herencia proteínica es falsa (Luque & Herráez, 2001).

Finalmente en 1953 fue donde los diversos estudios moleculares del estudio del material genético, alcanzan el cerro de todo éste avance y permite abrir un nuevo camino a la Biología Molecular, cuando se describe el modelo de la doble hélice, entrelazamiento y longitud del DNA, el cual fue planteado por James D. Watson y Francis Crick, quienes afirmaban que era una molécula grande, larga y delgada compuesta por nucleótidos con su respectivo grupo fosfato, pentosa y la base nitrogenada ya sea Guanina, Adenina, Timina, Citosina, tal como lo explica Curtis y Barnes (2000) en un ejemplo coloquial infiriendo que ésta molécula es semejante a una escalera girada en forma de hélice con los escalones perpendiculares formados con bases nitrogenadas (en cada escalón dos bases) y en donde sus lados lo componen moléculas de desoxirribosa, y grupos fosfato. Cada base nitrogenada únicas de manera covalentemente a un nucleótido azúcar-fosfato y a su base complementaria.

#### **6.3.4 El RNA**

El papel del ARN en la síntesis de proteínas fue sospechado en 1939 por el científico Severo Ochoa, quien en 1959 descubrió como se sintetizaba este ácido nucleico, y por ende ganó el premio Nobel de Medicina. Posteriormente, Rebert W. Holley encontró la secuencia de 77 nucleótidos de un ARNt en una levadura en 1965, y en dos años más tarde, Carl Woese determinó las propiedades catalíticas de esta molécula refiriendo que seguramente éstas fueron en sus inicios utilizadas como contenedoras de la información genética y además como catalizadoras de reacciones del metabolismo. Por otro lado, un avance muy importante en la historia de ésta molécula fue en 1976, cuando Walter Fiers y

demás autores establecen la cadena consuma de la molécula del ARN del genoma de un virus conocido como bacteriófago MS2, por ello la revelación del ARN encargado de regular la expresión génica ha permitido diversos avances en la ciencia, especialmente el sector de fármacos y en sí de la Medicina, los cuales para el tratamiento de ciertas enfermedades son fabricados a base de ésta molécula.

A partir de los experimentos realizados para demostrar la estructura molecular de los ácidos nucleicos, se evidenció que los componentes principales son un grupo fosfato, una pentosa y una base nitrogenada, estructura conocida como nucleótido y la cual se une desde la perspectiva horizontal a un nucleótido con su base complementaria. La unión longitudinal de la cadena de nucleótidos, se da respectivamente con la unión por el extremo del carbono 3' de la pentosa del primer nucleótido con el 5' de la pentosa del segundo nucleótido, el adyacente, las cuales se denominan uniones fosfodiester (Luque y Herráez, 2001).

Según Luque y Herráez (2001) la diferencia radica en que la estructura de ADN por su parte está conformada por la pentosa desoxirribosa y con unión de bases nitrogenadas entre las que se encuentran en las purinas a Adenina y Guanina y en pirimidinas a Timina y Citosina; la cadena es bicatenaria, es decir, que su estructura es de dos hebras; hay presencia de histonas en eucariotas, con tipos de ADN A, B, y Z y es quien contiene la información Genética. Mientras que la molécula de ARN se conforma por la pentosa Ribosa es decir constituida por ribonucleótidos unidos por bases nitrogenadas las cuales se tiene pirimidinas como Uracilo y Citosina y en purinas como Adenina y Guanina es decir que da un cambio de Timina por Uracilo en la molécula de ARN respecto a la de ADN; es monocatenaria o formada por una sola cadena , hay presencia de histonas y es la encargada de procesos como la síntesis de proteínas entre los tipos se pueden encontrar al ARNm, quien lleva la información genética que establece la secuencia de aminoácidos; el ARNr, quien funciona como sostén molecular para las reacciones en las síntesis, el ARNt, quien identifica y transporta los aminoácidos hasta el ribosoma.

### **6.3.5 El Código Genético**

Según Luque y Herráez (2001) el código genético es el conjunto de criterios que administran el flujo de la información genética contenidos en el RNAm, para la síntesis de

las proteínas, que posteriormente logrará traducir la secuencia de los mismos en su proceso de traducción. Allí se establece la correlación entre la secuencia de nucleótidos en el RNAm, es decir entre los 64 posibles codones del RNAm y la secuencia de los 20 aminoácidos de las proteínas. Esta relación se determina para alcanzar a codificar los 20 aminoácidos naturales se requiere que cada uno sea codificado por una secuencia de 3 nucleótidos, conocido como codón, puesto que esta secuencia es quien precisa la naturaleza del código.

Se plantea que en el código genético no existe solapamiento, es decir que los codones en la secuencia del ARNm no se solapan, es decir que no comparten nucleótidos, ni tampoco cada codón restringe las posibilidades de secuencia del otro; de ahí que la secuencia de aminoácido de las proteínas puede ser cualquiera. Esta característica no indica que la señal de separación entre ellos se dé, es decir no existan interrupciones, puesto que ésta si se da, solo que se evidencia es en el papel para facilitar el análisis de lectura de un RNAm. (Luque & Herráez, 2001)

Teniendo en cuenta que para la lectura de los codones se establecen tres pautas de acuerdo a la presencia del triplete, y así mismo la traducción seguir cada una de ellas para formar tres polipéptidos diferentes, para estas interpretaciones, existen variedades de modelos para representar este proceso y la relación entre los codones del RNAm y los aminoácidos traducidos entre los que se encuentran tablas, esquemas, formato circular, entre otros. Para la lectura en este formato, se debe tener en cuenta lo siguiente: *“Las filas representan el primer nucleótido y las columnas el segundo, al añadir el tercer nucleótido aparecen cuatro tripletes en cada cuadrícula, idénticos en sus dos primeros nucleótidos finalmente indicando el aminoácido codificado por cada triplete o codón”* (Luque y Herráez, 2001).

### **6.3.6 Replicación**

Dentro de los procesos fundamentales a nivel molecular y genético, se encuentra la replicación del ADN, puesto que no se hablaría de un dogma central de la biología molecular sin la participación de esta propiedad, encargada de crear moléculas hijas de DNA, sintetizadas a partir de una progenitora, la cual les concede las secuencias idénticas, que posteriormente se transmitirán a toda la descendencia, sumado a ello, también da lugar

al metabolismo del ADN e influye en otros procesos como el de mutación, recombinación e incluso en la reparación de variaciones asociadas al material genético, llevando a cabo todo de manera organizada, acorde a la división celular en el transcurso de interfaces anteriores al proceso de Meiosis, razones suficientes para que el proceso se caracterice por ser semi conservativo, es decir, cada cadena generada, sirve para volver a sintetizar una complementaria, gracias a la acción de enzimas principales, como las DNA polimerasas, que reaccionan, interviniendo en la velocidad y elongación, siempre y cuando tengan el molde y además un cebador, el cual corresponde a un fragmento iniciador, trabajando de esta manera en conjunto en la síntesis de DNA con dirección 5'-3', teniendo en resumidas cuentas que las dobles hélices nuevas, están constituidas de una hebra vieja y otra nueva, producto de 3 etapas: iniciación, elongación y terminación (Luque y Herráez, 2001; Raisman y Gonzales, 2000).

### **6.3.7 Transcripción**

La transcripción es el proceso delegado de sintetizar una molécula de RNA, a partir de la información presente en la secuencia de DNA de un gen (promotor), por lo que, autores como Luque y Herráez (2001), hacen énfasis en que no se trata de una copia exacta de la región codificante, debido a que la secuencia no está dispuesta de la misma forma, sino que se encuentra anti paralela, actuando como complementaria, razón por la cual más que hablar de copia, hacen referencia a la “*secuencia molde en una de las hebras del DNA*”, dando paso a la acción efectuada por las enzimas denominadas RNA polimerasas, también conocidas como transcriptasas, generadoras de la reacción catalizadora, encargada de romper enlaces e hidrolizar, dando garantía de que sea irreversible la reacción y de que las fases del proceso, mismas que las de la replicación, se sigan cumpliendo, es decir, existe una primer etapa de iniciación, donde hay desnaturalización y separación de hebras constituyentes del DNA, una segunda de elongación donde se produce el alargamiento del RNA también por efecto enzimático, teniendo en cuenta que el DNA se encuentra abierto, esperando la etapa final de terminación, en donde logra separarse y el RNA completa las secuencias de terminación, esperando ser útil en la formación de proteínas o para suplir requerimientos celulares.

### **6.3.8 Traducción**

La traducción es uno de los procesos que al igual que la replicación y la transcripción hacen parte del dogma de la vida, encargándose de la síntesis de las proteínas, que intervienen en el flujo de información genética, lo cual sucede, gracias al ensamble de aminoácidos, determinado por la secuencia de nucleótidos del mRNA y el código genético universal. Según Luque y Herráez (2001), la traducción, implica un alto gasto energético, para lo que estimadamente el organismo consume un 80-90% de la energía de la biosíntesis, con el fin de suplir las necesidades celulares y atender la degradación de las mismas, motivo por el que se considera uno de los procesos más complejos al permitir que se sinteticen macromoléculas que forman parte de procesos vitales, por lo que se hace necesario el desarrollo de 4 fases, que constituyen la síntesis proteica, presentando una etapa previa o de activación de aminoácidos precursores y 3 fases restantes, que corresponden a la de iniciación, cuyas funciones radican en formar enlaces peptídicos y establecer la velocidad de síntesis, una tercera fase de elongación, cuando el trabajo gira en torno al alargamiento de la cadena peptídica y una última de terminación, cuando finalmente es liberado el polipéptido, constituyente de una proteína.

### **6.3.9 Selección Natural**

La selección natural es el resultado de múltiples variantes genéticas entre individuos, que han aportado a la evolución de las poblaciones, dando una respuesta a dicha selección (Manjarrez, 2001). La selección natural se planteó en base a los estudios de Alfred Russel Wallace y Charles Darwin, quienes se centraron en el diseño de la propia naturaleza, razón por la cual para Futuyma (1979), la selección natural se enfoca en la adaptación que presentan las especies a su hábitat natural y en su relación con la evolución, al alcanzar el éxito reproductivo, teniendo como punto de partida la reproducción entre genotipos diferentes y la supervivencia, estableciendo una diferencia vinculada al medio ambiente, por lo que se considera la antítesis del azar, puesto que se generan cambios evolucionarios al momento de que un grupo de individuos con características particulares, registren ya sea una supervivencia o una tasa reproductiva mayor a la del resto de especies, que habitan el medio, transmitiéndola hereditariamente a su descendencia, dando validez al papel que cumple la adaptación dentro del proceso, en lo que también intervienen las

mutaciones, lo cual aporta a las recombinaciones, exaltando el papel de los alelos con relación a la dominancia y recesividad que presentan dentro del proceso, ya que por ejemplo los cambios de variabilidad son mucho más rápidos si se trata de un alelo dominante y no de uno recesivo (Falconer, 1989). Dando origen a lo que se conoce como evolución adaptativa.

### **6.3.10 Mutación**

La Mutación es cualquier alteración evidenciada en la secuencia del DNA en los nucleótidos de un organismo, ocasionada posiblemente por una variación en el código genético, la cual se propaga hereditariamente, desarrollándose en el genoma, ya sea mitocondrial o nuclear, lo que la vincula fuertemente con la variabilidad genética de seres vivos, producto de los cambios ocasionados, catalogándose como el origen primario de la misma, sin embargo también desencadenan múltiples situaciones en las que se expresan de manera defectuosa, generando enfermedades o inconsistencias relacionadas con el mecanismo causante, el tipo y magnitud de la mutación, siendo agrupadas por Luque y Herráez (2001), en tres grupos: el primero está determinado según sea el tipo de célula, es decir, germinal o somática, el segundo es según la magnitud, donde se encuentran las anomalías cromosómicas y las mutaciones medianas, pequeñas o puntuales, y finalmente en el tercer grupo de la clasificación, están los mecanismos causantes, dentro de los cuales se ubican las mutaciones endógenas y exógenas, las primeras provocadas de manera espontánea, como la replicación, desaminación oxidativa de bases o inestabilidad química, mientras que en los agentes exógenos, se ubican las alteraciones que son inducidas por mutágenos como agentes químicos y físicos, tales como las radiaciones UV o ionizantes y agentes biológicos como los virus.

### **6.3.11 Anomalías Estructurales**

Como ya se mencionó en apartados anteriores, los genes se encuentran localizados en los cromosomas y por consiguiente, cualquier variación en la estructura, número o tamaño de los mismos, puede verse reflejada en una modificación de la información genética, generando múltiples dificultades en el individuo, conocidas como anomalías cromosómicas, las cuales pueden ser heredadas o desarrolladas en el periodo de

concepción, en cuanto hace referencia a las estructurales, estas ocurren generalmente cuando se reporta pérdida o en su defecto abundancia de material cromosómico, a raíz de posibles rupturas o reubicaciones de fragmentos correspondientes a cromosomas individuales, lo cual puede suceder de diversas formas, clasificándose en Deleciones, cuando se presenta carencia, en Duplicaciones, cuando hay material adicional, producto de 2 copias de material extra, en Inserciones o Inversiones cuando hay reubicación de material, en anillaciones cuando se unen extremos de un cromosoma y en translocaciones al dar lugar a una transferencia de material genético de un cromosoma a otro no homólogo (Euro Gentest, 2008; Vélez, 2017).

### **6.3.12 Clonación**

La clonación como proceso propio de la biología molecular, trabaja en la producción de clones, a partir de un precursor, es decir busca conseguir como derivados, un grupo de elementos como tejidos, células, moléculas u organismos, que sean idénticos a nivel genético, lo cual se resume en el término Clon, presentando un mismo genotipo que da lugar a un proceso fisiológico común, ya que quienes hacen posible el clonaje, son las células embrionarias y somáticas, que actúan de acuerdo al tipo de clonación que se vaya a realizar, teniendo que puede ser clonación de células, realizada con el fin de formar órganos o tejidos, clonación de organismos, en cuanto hace referencia a seres vivos, como animales y plantas o clonación celular y acelular, si corresponde a la clonación de moléculas, basada en segmentos de RNA o DNA, o en su defecto en genes, siendo esta la más usada como amplificación in vitro del DNA (Luque y Herráez, 2001).

### **6.3.13 Manipulación Genética**

Finalmente, en cuanto hace referencia al proceso de manipulación genética, Cáqueza (2014), lo define como toda alteración realizada a nivel genético, en organismos, ya sean inertes o vivos, con el fin de establecer mejoras, al modificar la información contenida, la cual a través de una secuencia de técnicas in vitro, permiten beneficiar la sociedad; por lo que es común ver actualmente que se trabaje en la producción de bienes y servicios desde la biotecnología, sobresaliendo en sectores como el de la industria, dentro de la cual se destaca la alimenticia, farmacéutica o lo relacionado con terapias alternativas, así como

también el sector salud, en donde se ocupan de buscar cura a enfermedades o ambiental al combatir a nivel vegetal, microorganismos que afecten la resistencia de las plantas a cambios climáticos, o en el caso de los animales, luchando contra la extinción, por lo que en países como Colombia, las entidades competentes, categorizan los recursos genéticos como una dimensión de la biodiversidad, con utilidades potenciales, expresadas en bienes y servicios aprovechables por el ser humano, con lo que se intenta suplir las necesidades básicas de las poblaciones, no obstante, como en todo proceso, el manejo genético también presenta críticas y desventajas, las cuales centran su desacuerdo en la creación de armas biológicas, de nuevas enfermedades que atenten contra la integridad de la humanidad, lo que en consecuencia interfiere en el equilibrio evolutivo y ecosistémico.

#### **6.4 Secuencia de clase**

El termino secuencia de clase, hace referencia a una estrategia de enseñanza-aprendizaje, que busca direccionar el quehacer didáctico del profesor en el aula, a través de una serie de actividades de aprendizaje, que permitan la organización de contenidos temáticos, propios de la asignatura, lo que la categoriza, como una herramienta de trabajo eficaz e ideal en la planificación educativa, ya que intenta mitigar la improvisación en la práctica educativa (Obaya y Ponce, 2007).

Por lo que se refiere a la inserción de una secuencia didáctica al contexto educativo, se hace necesario, indagar y analizar las concepciones del estudiantado, con el fin de tenerlas en cuenta para realizar posibles ajustes, de tal manera que se aborden las dificultades y vayan sujetas a los objetivos educativos estipulados, puesto que una de las principales características de esta propuesta, es vincular a los y las estudiantes, en la toma de decisiones, lo que lo hace un proceso flexible, abierto y transversal, con adaptaciones a la asignatura en concreto y a la realidad, de manera que contribuyente, tanto en la formación de competencias básicas, laborales y ciudadanas, como en el desarrollo de actitudes y habilidades (Tobón, Pimienta y García, 2010).

Al abarcar este aspecto, resulta fundamental, conocer la estructura que constituye una secuencia de clase, teniendo en cuenta lo expuesto por Barriga (2013), quien sustenta que toda secuencia didáctica, gira en torno a la realidad, con el propósito de que el estudiante tenga acceso a experiencias educativas significativas, que los relacionen con el entorno y

con sucesos pasados, de tal manera que apliquen los nuevos conocimientos a las acciones previas. En este sentido, son dos los factores ligados, que le conceden la base a esta estrategia, por un lado se tiene la secuencia de actividades de aprendizaje y por el otro, la evaluación para el aprendizaje, la cual razona en dichas actividades, sin descuidar ninguna dimensión, es decir, diagnóstica, sumativa y formativa, trabajando en conjunto en la reflexión, evolución o posible dificultad que se evidencie en el proceso educativo, que consta de tres clases de actividades: apertura, desarrollo y cierre, las cuales requieren de una organización y sistematización de momentos, espacios, tiempo, protagonismo, interacción, resolución de situaciones específicas, entre otras, que con ayuda de la evaluación en sus tres dimensiones y diversos recursos de apoyo, permiten materializar evidencias del proceso enseñanza-aprendizaje de las ciencias naturales. Couso (2013), asegura que al momento en que un profesor decide elaborar una secuencia didáctica, está también favoreciendo su nivel de competencia científica, propia del ejercicio docente.

Sumado a ello, Obaya y Ponce (2007), concluyen que la secuencia de clase, además de potenciar actitudes y posibilitar la construcción de conceptos y procedimientos científicos, también fomenta la investigación en el estudiante, debido a que la inclusión de métodos, como el de reflexión- acción, propio de situaciones problema, hacen posible la confrontación de concepciones procedentes del estudiantado, al tiempo de la determinación de la eficacia e influencia del trabajo grupal, de las técnicas utilizadas y de la evaluación continua dentro del proceso de construcción de aprendizaje en los distintos niveles de enseñanza de las ciencias.

## **6.5 Concepciones**

Actualmente la investigación educativa tiene como foco la concepción de aprendizaje al momento de tratar contenidos concretos en la enseñanza de las ciencias, lo cual resulta de gran importancia, puesto que nos permite indagar y reflexionar en cuanto a la visión que presentan los estudiantes, frente a lo que están aprendiendo y la forma en como lo aprenden, por tal razón, los estudios relacionados, describen y categorizan las concepciones, con el fin de contribuir en la progresión de las mismas (Ayala y Martín, 1996).

Según Campanario y Otero (2000), durante años, la pedagogía tradicional estigmatizó a los maestros como simples transmisores de conocimiento, para quienes el aprendizaje era

equivalente a la adquisición de información, dejando a un lado el desarrollo de destrezas y las ideas previas o concepciones alternativas concebidas por los y las estudiantes, y las cuales pueden facilitar la comprensión de fenómenos específicos, tal y como lo plantea Cuellar (2009), al argumentar que aunque estas ideas sean científicamente alternas a la base conceptual de la disciplina que se pretenda enseñar, para los estudiantes son concepciones afines, basadas en la interacción con el entorno.

La vida cotidiana trae consigo un conjunto de observaciones y experiencias que vinculan ese conocimiento alternativo con un conocimiento científico, debido a que diariamente reciben información a través de diversas fuentes como su propia cultura, libros de texto, medios de comunicación, docentes, material escolar, medio ambiente entre otras, lo que les permite construir sus propias concepciones, basada en todas aquellas ideas previas (Pozo, 1996).

En síntesis, las concepciones previas de los estudiantes son un factor clave en el proceso enseñanza-aprendizaje de las ciencias naturales, debido a que con base a ello, se construye nuevos conocimientos al establecer relación entre lo que ya se ha aprendido y la nueva información presentada por el profesor, quien debe adecuar los procedimientos a las formas de razonamiento de los estudiantes, para alcanzar el éxito curricular (Serrano et al., 2001). Sin embargo, aún se carece de esquemas prácticos de acción, que contrarresten aquellas preconcepciones alternativas determinadas por los estudiantes, sobre contenidos científicos (Tobin, 1993).

Como lo infiere Ayala y Martín (1996), las diversas ideas previas que poseen los estudiantes generalmente son poco precisas, por lo que es fundamental tener estas concepciones como punto de partida, a la hora de elegir como ruta más viable, la que conduzca a un aprendizaje significativo de las ciencias. En otras palabras, para construir ciencia, se hace necesario tener conocimiento de las ideas espontáneas y alternativas que los estudiantes tienen, como herramientas para desafiar la abstracción propia del área, lo que a su vez, aporta de gran manera en la búsqueda y selección de estrategias didácticas, que orienten el cambio conceptual en los estudiantes, con el único propósito de eliminar dichos errores conceptuales y así poder sustituirlos por concepciones científicas comúnmente aceptadas.

De ahí el interés de la investigación didáctica, por explorar y conocer los dos esquemas del conocimiento, como los denomina Ayala y Martín (1996), es decir, los conocimientos académicos adquiridos por el estudiante en los años de escolaridad y los conocimientos alternativos, constituidos por la creación de ideas previas, que conllevan a que los alumnos entiendan diferentes fenómenos científicos, acorde a la realidad que creen vivir. Dicho de otra manera, de no tener en cuenta las preconcepciones del estudiantado, para establecer el marco conceptual de la correspondiente disciplina de ciencias naturales, resultará difícil intentar reconstruir las ideas previas no apropiadas, por concepciones veraces, que fomentan el razonamiento científico.

### **6.6 Situaciones problematizadoras**

Según Jiménez, et al (2003) las situaciones problemas son consideradas como una estrategia en donde mediante una circunstancia del contexto, el estudiante articula la información a fin de resolver y dar solución a un problema, solución que no es evidente a priori, permitiendo establecer la conexión de contenidos, generando nuevos aprendizajes, es decir, siendo el punto de partida y la base en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Por esta razón, es considerada como un instrumento clave que permite conocer y analizar los conocimientos adquiridos para generar nuevos, para ello, es necesario por parte del profesor diseñar situaciones que vinculen problemáticas del contexto de los estudiantes que conlleven de manera implícita a dar cumplimiento con los objetivos de aprendizaje y respondan a las temáticas a enseñar con el fin de generar interrogantes, plantear hipótesis, plantear estrategias para dar respuesta y posterior solución al problema, entendido como cualquier situación sin solución aparente, que posibilita el procesamiento activo de información, y genera un aporte en la capacidad de razonamiento del individuo a partir de la relación teórico-práctica que se tiene como base del ejercicio.

En este sentido, es importante generar competencias de pensamiento científico en los estudiantes, entendidas éstas como *“la capacidad de responder con éxito a las exigencias personales y sociales que nos plantea una actividad científica o una tarea cualquiera en el contexto del ejercicio profesional que implica decisiones de tipo cognitivo como no cognitivo”* (Quintanilla et al, 2010). De ahí la necesidad de implementar las situaciones problematizadoras en la planeación, puesto que de esta manera se fomenta el desarrollo de

habilidades, actitudes, destrezas, emociones, motivaciones, valores y responsabilidades que conllevan a un aprendizaje real, como herramienta para responder con éxito a las exigencias propias y sociales.

Conviene subrayar que autores como Perales (1993; 2000), Pomés (1991), Sigüenza y Sáenz (1990), coinciden en que la resolución de problemas como estrategia didáctica contribuye a la reorganización cognitiva, es decir al proceso de aprendizaje de los estudiantes. Por ende, Marzábal (2011), agrega y concluye que todas aquellas acciones cognitivas son progresivas y favorecen el desarrollo de competencias de pensamiento científicas, a medida que la formación del estudiante avanza, integrando los términos de saber y el saber hacer, a tal punto de permitirle al sujeto tener un dominio conceptual, apropiándose de los nuevos conocimientos científicos que le presenta el docente.

Para Quintanilla (2005), la resolución de situaciones problematizadoras, también denominadas situaciones problemáticas científicas, es una estrategia didáctica que debe promoverse en las aulas de clase, con el fin de generar una variabilidad conceptual que favorezca los procesos de modelización en los estudiantes, a partir de la relación que se establezca con el contexto, permita y facilite interpretar el mundo desde una perspectiva teórica, potencializando así las habilidades científicas en el individuo.

Basada en lo anterior Varela (1994), en su tesis doctoral, plantea la resolución de problemas como un instrumento de cambio conceptual, con el que el maestro, estimula al estudiante, al generar en él un conflicto cognitivo, a partir de un problema de enunciado abierto, para el que es necesario confrontar ideas previas, que permitan interpretar y descifrar la situación, de tal manera que formulen hipótesis y estrategias de resolución del mismo, para posteriormente analizar los resultados, consiguiendo así contribuir a la metacognición del alumnado, fomentando el pensamiento crítico-reflexivo, que conlleve a que el cambio conceptual propio de una determinada disciplina de las Ciencias Naturales, sea posible y más significativo en cada uno de los estudiantes.

Ahora, bien, muchas son las definiciones que se le otorgan al término “problema”, sin embargo la mayoría coinciden en que el problema lo establece el sujeto a quien se le está presentando, es decir que los niveles de comprensión de la persona para lograr entender y analizar la situación generadora del problema, depende de los elementos y conocimientos

alternativos de los que disponga el estudiante, para así poder dar respuesta a lo que parece no tener solución evidente (Parra, 1990).

Por su parte, Meyer (1977), concibe que problema, es aquello que requiere de dos fases, una de incubación, en cuanto hace referencia a la adquisición previa de conocimiento y otra de intuición, con la que la persona reorganiza la situación, para encontrar respuestas. De igual manera, para Brousseau (1986), la palabra problema, equivale a una situación propuesta por el profesor al estudiante, con el fiel propósito de apropiarse al estudiante con una nueva base conceptual, que potencie aptitudes y desarrolle facultades inventivas en el estudiante. Conforme a estos conceptos, es que se ha puesto en manifiesto que los saberes previos del estudiantado son el eje central de un aprendizaje significativo dentro del proceso educativo.

Las situaciones problematizadoras según Ros (2005), permiten la interacción sujeto-problema, gracias a la realidad contextualizada, a las experiencias pasadas de los estudiantes, y la creación de espacios que aportan a la autonomía del alumno, por lo que solo él decide que procedimientos aplicar para alcanzar la comprensión de la situación entregada y así, desarrollar un sistema de respuestas que conduzcan a la creación de estrategias que den solución a lo inicialmente incierto, lo cual sustenta la importancia de instituir dentro de las ciencias, una línea basada en la resolución de problemas, con la que se intente remplazar la transmisión de información por el redescubrimiento de información, pues de esta forma la actividad científica y la utilidad para la vida diaria incrementará.

Se asume que cuando el estudiante es capaz de plantear hipótesis y luego soluciones que las corroboren, está demostrando que la resolución de problemas, va ligada a la capacidad de razonamiento que tiene el estudiante, la cual favorece la construcción del conocimiento propio, lo que la convierte en una estrategia didáctica ideal para trabajar específicamente en la construcción de modelos conceptuales que contribuyan en la elaboración de nueva información, asociada a las disciplinas que dan lugar a las Ciencias Naturales. Por tal motivo la intervención del docente, regula el proceso de aprendizaje, pues este es quien diseña y planifica las situaciones problemas, determinando en ellas el grado de dificultad y las condiciones de realización, así como también se encarga de guiar y facilitar el proceso, a través de una metodología, sujeta a unos objetivos didácticos y al currículo, con la que le brinda al estudiantado ayuda pedagógica, al tiempo de que le

permite a él, evaluar contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales, garantizando el fortalecimiento y desarrollo tanto cognitivo, como de actitudes, valores y habilidades necesarias para la enseñanza-aprendizaje de las Ciencias (Ros, 2005).

### **6.7 Trabajos prácticos de laboratorio (TPL)**

Numerosos estudios en didáctica de las ciencias experimentales, plantean que cuando se habla de enseñar ciencias, se está haciendo referencia a la actividad docente, la cual busca mediante diversas estrategias de aprendizaje, favorecer el proceso de modelización de la realidad que desarrollan los estudiantes con el objetivo de entender el porqué de cada cosa que los rodea (Izquierdo, 1999) citado por Sanmartí, Márquez y García (2002).

Según Seré (2002), el hecho de hacer y saber comprender las ciencias, genera dos opciones, una que consiste en practicar métodos y procesos científicos y otra que se encarga de juzgar la validez de los resultados, ya que el aprender es como un hilo que ata y da sentido al direccionar dos extremos, cada uno constituido por tres factores, por un lado se tienen los conceptos, modelos y razonamiento, mientras que por el otro se encuentran los métodos, procedimientos y juicios, dando a mostrar que se puede hacer ciencia, a través de aprendizajes conceptuales y así mismo lograr comprenderla por medio de experiencias.

Por tanto, el aprendizaje de las ciencias, siempre conducirá a una transformación de la realidad, puesto que al ubicarse entre el comprender y el hacer, aporta de manera significativa en el desarrollo integral de cada uno de los estudiantes, motivándoles a través de la experimentación, a potenciar el interés de razonar y visualizar objetos o fenómenos que hagan parte de contenidos concretos de las ciencias, dejando a un lado la abstracción, que suele convertirse en la principal dificultad de aprendizaje en las aulas de clase en disciplinas complejas como la biología molecular (Lunetto y Tamir, 1979).

Sanmartí, Márquez y García (2002), coinciden y aseguran que, si se parte de la experiencia, la actividad científica, se hará más amena, debido a que los estudiantes sabrán explicar fenómenos naturales que lograron entender en las prácticas realizadas, guiadas por el profesor, en donde la observación y vivencia en primera medida, abrieron paso al aprendizaje significativo. Los trabajos prácticos (TP), han caracterizado el ámbito científico, teniendo hasta el momento trabajos prácticos de aula, de laboratorio y de campo,

en los cuales se trabaja desde un enfoque investigativo, que va sujeto al determinado fenómeno que se quiere analizar (Cañal, 2011).

Dentro de los beneficios más importantes que ofrece la implementación de trabajos prácticos específicamente de laboratorio, está el hecho de originar nuevas y sólidas estructuras cognitivas en el estudiantado, tomando como punto de partida los saberes previos que presentan, para posteriormente poder confrontarlos con los conocimientos recién adquiridos en la validación de cada una de las prácticas de laboratorio, con el fin de que ellos asocien situaciones similares de la realidad y las contextualicen (Payer, 2005).

Dichos trabajos prácticos de laboratorio pueden ser convencionales, si se dispone de todos los instrumentos, materiales y reactivos básicos de un laboratorio para la realización de cada una de las experiencias, o artesanales, si las prácticas de laboratorio se llevan a cabo a partir de la implementación de material de fácil acceso y bajo costo, que sustituye lo convencional o tradicional, relacionando cada aspecto con situaciones cotidianas, de tal modo que las actividades resulten más significativas, con el fin de contribuir de igual manera en la adquisición y apropiación de conocimientos que conlleven y faciliten la modificación de concepciones previas de los estudiante, fortaleciendo a su vez el desarrollo de competencias científicas y de actitudes (García, 2015).

Por su parte Barbera, y Valdés (1996) consideran que las prácticas de laboratorio artesanales son indicadores de aprendizaje, propios de la enseñanza de las ciencias, que motivan al estudiante, manteniendo vivo en ellos, el interés por las ciencias, y creando una vinculación entre la teoría y la práctica, ya que son los objetivos conceptuales los que sustentan los trabajos prácticos.

En consonancia con lo anterior, Montino et al. (2011) opina respecto a las ventajas que trae consigo la inclusión de TPL, en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las Ciencias Naturales, desde una perspectiva actitudinal, conceptual y procedimental, teniendo que para el primer caso, el profesor en su tarea de diseño y aplicación de las guías de laboratorio, genera en sus estudiantes, participación, compromiso y seguridad, además de una buena actitud frente al problema que se quiere analizar, en cuanto al segundo, este posibilita al alumno instaurar un enlace entre la teoría previa y el fenómeno tomado como problema, al que se le dará resolución a partir de los conocimientos alternativos, favoreciendo así el aprendizaje de la disciplina científica, lo que a su vez lo relaciona con la

parte procedimental, en la que el alumnado, gracias a los TPL, se hace más autónomo al momento de tomar decisiones e iniciativas que permitan organizar ideas, hasta alcanzar resultados, que den respuesta a los múltiples interrogantes establecidos inicialmente.

Del Carmen (2011), argumenta que los trabajos prácticos suponen la articulación de diferentes tipos de actividades, mediante un enfoque integrado en el que la teoría y la práctica se entrelazan en un tratamiento conjunto. Esto con el objetivo de establecer una relación entre el ambiente cotidiano y el trabajo de las Ciencias (Barberá y Valdés, 1996 citado de Correa, 2012). Razón por la cual actualmente los trabajos prácticos dentro de los estudios didácticos, constituyen una línea de investigación, la cual presenta una demanda creciente.

En efecto, Carmen (2000), Barberá y Valdés (1996), proponen la observación, la formulación de hipótesis, la realización de experimentos, la implementación de técnicas manipulativas, además de la elaboración de conclusiones, entre otras, como características propias del Trabajo Práctico de Laboratorio, las cuales hacen posible que todas las actividades experimentales desarrolladas por los estudiantes impliquen el uso de procedimientos científicos propios de la enseñanza de las ciencias, que a su vez, se convierten en un indicador de aprendizaje, motivando al estudiante a mantener vivo en ellos, el interés por las ciencias.

Para concluir, se trae a colación lo emitido por Hodson (1992; 1994), quien sustenta que los trabajos prácticos de laboratorio, además de despertar interés hacia las ciencias, intervienen también en el desarrollo de actitudes científicas que mejoran el aprendizaje al poner a prueba la capacidad investigativa del estudiante, quien adopta el método científico como instrumento para la investigación, sacando el mayor provecho a las sesiones de laboratorio, donde se apoderan de nuevas y enriquecedoras experiencias.

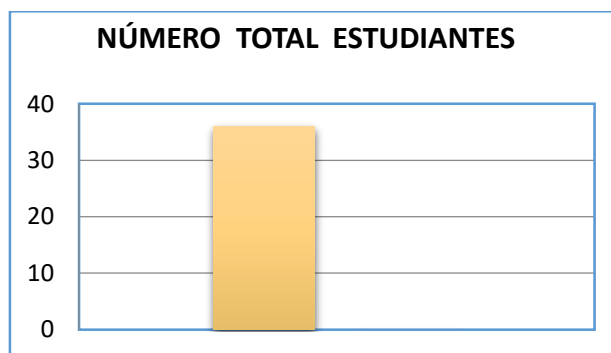
## 7. Metodología

A continuación, presentamos los aspectos metodológicos que enmarcaron el presente proyecto, sobresaliendo la caracterización del grupo de intervención, los componentes del diseño metodológico, el enfoque, el método y el alcance de la investigación, así como las técnicas de recolección y análisis de la información.

### 7.1 Caracterización del grupo

Para entrar en contexto, la Escuela Normal Superior de Neiva es una institución de carácter público ubicada al oriente de la capital huilense, en donde se ofrecen los niveles de formación en preescolar, básica primaria y secundaria, nivel de Media con profundización en educación y pedagogía, razón por la cual optamos por trabajar con los 36 estudiantes activos del grado 902 de la jornada de la mañana a quienes les aplicamos la encuesta sociodemográfica, estructurada en ocho interrogantes de carácter personal y generales y aplicada con el fin de caracterizar al grupo y conocer los nombres, edades, pasatiempos, gustos, las necesidades, expectativas y condiciones de los y las estudiantes ante la asignatura de Ciencias Naturales. En el siguiente apartado podrán encontrar el análisis detallado de los resultados que obtuvimos.

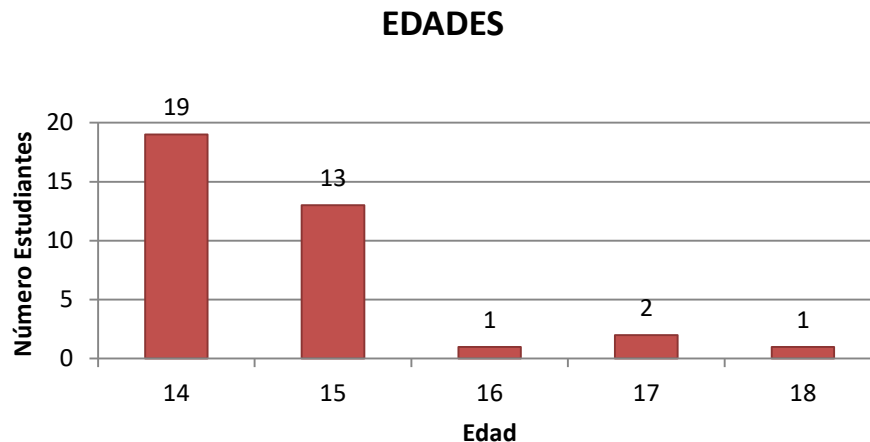
1. Institución: La presente caracterización tabulada corresponde al grado 902 de la Institución Educativa Escuela Normal Superior de Neiva, el cual cuenta con 36 estudiantes activos.



**Figura 1.** Número de estudiantes activos en el grado 902.

2. Edad: En cuanto a las edades promedio de los y las estudiantes de grado 902, obtuvimos que estas oscilaban entre los 14 y 18 años, tal como lo presentamos en la Figura 4 en donde se hace la distribución por edades de la población estudiantil.

En este sentido, las edades que más se repitieron fueron las de 14 y 15 años, con un 51% y 37% respectivamente, ya que 19 de los 36 estudiantes aseguraron tener esta edad, expresándose como el patrón mayormente repetitivo y edades acordes al grado, según lo común en la ciudad de Neiva.

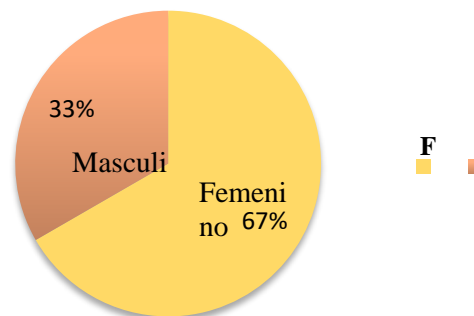


*Figura 2. Edades de los estudiantes del grado 902 en términos de porcentaje.*

A partir de la información anterior, resulta relevante hacer énfasis en la importancia que representa esta variable, puesto que nos permite tener una idea del estadio de desarrollo cognitivo en el que se encuentran los estudiantes, lo cual influye en la planeación de las estrategias metodológicas implementadas.

3. Género: En total son 36 estudiantes quienes conformaron el grado 902, 24 de ellos de género femenino y los 12 restantes de género masculino, tal y como se muestra en la Figura siguiente.

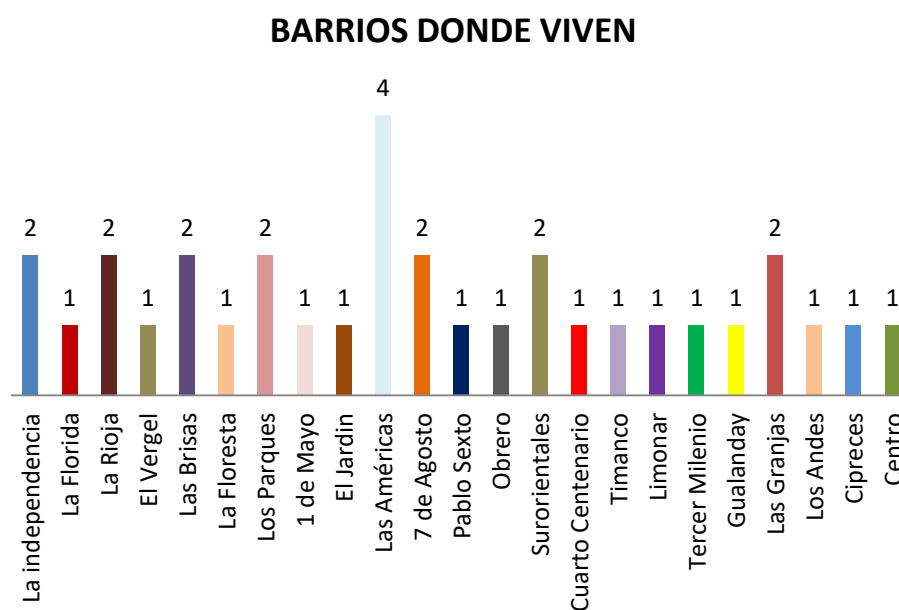
### GÉNERO ESTUDIANTES



*Figura 3. Género de los estudiantes del grado 902.*

De acuerdo a la Figura 3, evidenciamos que el grado 902 es un grupo mixto, sin embargo lo que prevalece en mayor cantidad son estudiantes de género femenino con un 67%, y en consecuencia solo el 33% de los estudiantes corresponde al género masculino, factor de suma importancia a la hora de establecer equidad de género dentro del aula, de tal modo que se favorezcan las relaciones entre el estudiantado, y teniendo en cuenta que tanto hombres como mujeres tenemos los mismos derechos, deberes, necesidades, obligaciones y oportunidades en cuanto a educación refiere y tenemos las mismas opciones de ser partícipes activos dentro del aula para la toma de decisiones u otras actividades.

4. Barrio donde viven: A partir de la información recolectada logramos establecer que los y las estudiantes se encuentran distribuidos por toda la ciudad de Neiva, al oriente en barrios tales como La independencia(2), La Florida(1), La Rioja(2), El Vergel(1), Las Brisas(2), La floresta (1), Los Parques(2), 1 de Mayo(1), El Jardín(1), Las Américas(4), Siete de Agosto(2), Pablo Sexto(1); al sur en barrios tales como Obrero (1), surorientales(3), Cuarto Centenario (1), Timanco (1), Limonar(1), al norte en los barrios Tercer Milenio(1), Gualanday(1), La Granjas(2), Los Andes(1), Cipreces (1), Centro(1), y uno de ellos no respondió a esa pregunta, por tanto nos es posible afirmar que el grado 902 está compuesto por estudiantes con estratos económicos que oscilan entre 1, 2 y 3.

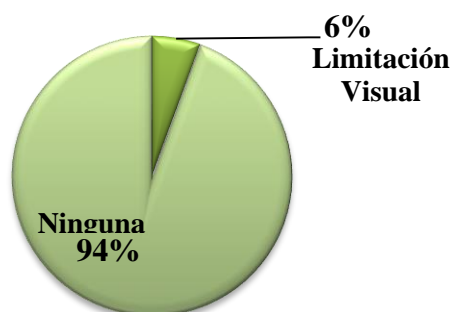


**Figura 4.** Barrios en donde habitan los estudiantes del grado 902 de la ENS.

En el apartado anterior y con base a la Figura 4 identificamos de manera detallada y organizada como la mayor parte de las residencias de los y las estudiantes se ubican en los barrios al oriente y al sur de la ciudad de Neiva, seguido de los barrios del norte, los cuales están un poco lejanos al plantel y dependiendo de la ubicación de los mismos, se acomodan entre los estratos 1, 2 y 3 lo que en conclusión nos permite inferir que los y las estudiantes son de recursos bajos-medios. Dicha información resulta relevante a la hora de la planeación de clase y selección de estrategias didáctico-pedagógicas, puesto que lo debemos tener en cuenta, para que el material a usar en las clases sea de fácil alcance para ellos y para los padres de familia de tal modo que no representen dificultad dentro del proceso de enseñanza y aprendizaje. De igual manera con base a ello deducimos el contexto en el que se encuentran inmersos y en consecuencia nos permiten conocer los aspectos por trabajar, con el fin de que sean más competentes en los diferentes ambientes sociales y académicos.

5. Alguna Limitación que dificulte el aprendizaje: En la encuesta realizada, solo dos estudiantes manifestaron tener un tipo de limitación visual como miopía y astigmatismo, mientras que los 34 estudiantes restantes expresaron no tener ninguna dificultad de aprendizaje por lo que marcaron la opción “No sé” a este interrogante, debido a que no tenían un conocimiento claro de padecer alguna limitación en específico, cabe aclarar o recordar que la Institución Escuela Normal Superior de Neiva presta sus servicios de inclusión educativa a la comunidad sorda, por lo que resulta esencial hacer énfasis en aspectos como este dentro de una encuesta de caracterización estudiantil, no obstante el grado 902 como aula regular no cuenta con estudiantes sordos.

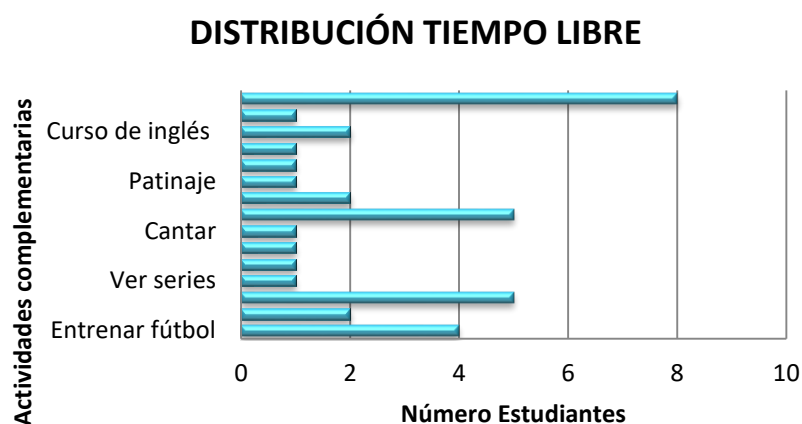
#### DIFICULTADES DE APRENDIZAJE



*Figura 5. Limitaciones que padecen los estudiantes del grado 902: Visual.*

Al analizar la Figura 5, observamos que efectivamente la tendencia fue la de no presentar ninguna limitación, lo cual facilita el proceso de enseñanza y aprendizaje, ya que los únicos dos casos de limitación visual que se presentaron, se pueden solventar sin mayor dificultad, sin embargo, son casos que debemos tener en cuenta al momento de fijar las estrategias didáctico pedagógicas, tales como dinámicas, videos, construir estructuras en grupos, exponer por grupos, organizar el envío de tareas complementarias al correo, el tipo de evaluación, la ubicación de los estudiantes en el aula, entre otras.

6. Además de estudiar, ¿Qué otra actividad realizas? Respecto a este interrogante encontramos que los estudiantes le dedican tiempo a realizar actividades tales como: Entrenar fútbol (4), montar bicicleta(2), leer (5), ver series(1), practicar natación(1), trotar(1), ninguna(8), cantar(1), hacer ejercicio (5), dormir (2), patinaje (1), refuerzo escolar (1), porrismo (1), curso de inglés (2), trabajar (1), tal como a continuación evidenciamos.



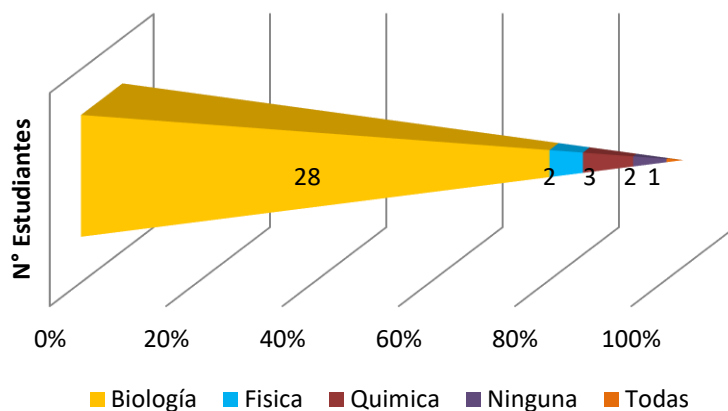
**Figura 6.** Actividades complementarias que realizan los estudiantes del grado 902.

Con base a la anterior Figura, establecemos que la mayoría de los estudiantes le dedican tiempo a realizar actividades complementarias las cuales fortalecen su formación ya sea académica, cognitiva, social, deportiva o cultural. Teniendo que solo 8 estudiantes reportan no realizar ninguna actividad extracurricular.

7. De las Ciencias Naturales: Física Química y Biología, ¿cuál de estas asignaturas se te facilita el aprendizaje?: Ante dicho interrogante, 28 de los 36 estudiantes manifestaron que la biología era la asignatura en donde más se les facilitaba el aprendizaje, razón por la cual, dentro de las ciencias naturales, esta viene siendo la materia de mayor interés,

mientras que solo 3 estudiantes se inclinaron por química, 2 por física y 1 persona en las tres áreas. De igual manera tres estudiantes contestaron que ninguna de las áreas era de su agrado y que en ninguna se les facilitaba el aprendizaje por lo mismo que no les gustaba.

### Asignatura de las Ciencias Naturales que facilita el Aprendizaje

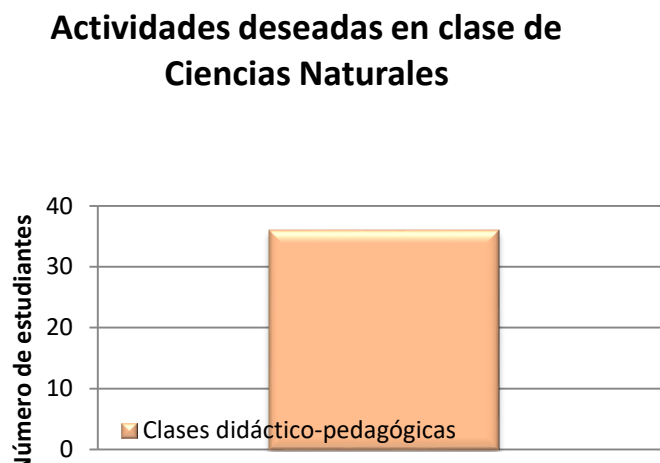


**Figura 7.** Asignatura de las Ciencias Naturales que facilita el aprendizaje de los estudiantes del grado 902.

Al interpretar la información consignada en la Figura 7, concluimos que la mayoría de los y las estudiantes prefirieron la asignatura de Biología, muy probablemente por las metodologías utilizadas para facilitar el aprendizaje de la misma o simplemente por la diversidad de temas que abarca la asignatura, lo que los estimula a explorar y descubrir nuevas temáticas, procesos o fenómenos con relación a los seres vivos y el medio que los rodea. Mientras que al justificar la razón por la que no eligieron química o física, sustentaron que estas áreas eran poco innovadoras, descontextualizadas y aburridas.

8. ¿Qué actividades (estrategias) te gustaría realizar en las clases de Ciencias Naturales para lograr un buen aprendizaje?: En su totalidad, los y las estudiantes del grado 902, plantearon como actividades u estrategias que les gustaría desarrollar en la clase de ciencias naturales el implementar actividades prácticas, explorar más el entorno, tener espacios recreativos de enseñanza, tener más debates, fomentar la participación en clase, dejar trabajos en grupo, planear salidas pedagógicas, proponer dinámicas, diseñar juegos,

leer de manera didáctica, llevar a cabo laboratorios y ver videos, lo que en definitiva decidimos agruparlo en una categoría llamada clases didáctico-pedagógicas (Figura 8), en vista a que recoge todo lo propuesto por los estudiantes en respuesta a la cuestión.



*Figura 8. Estrategia planteada por los estudiantes para las clases de Ciencias Naturales.*

Los resultados obtenidos nos indica que los y las estudiantes se mostraron desmotivados con las metodologías tradicionales que los docentes suelen utilizar en las aulas y debido a ello plantearon en sus respuestas la necesidad de un cambio constructivo en este aspecto y con base en ello, propusieron estrategias innovadoras para favorecer el proceso de aprendizaje de las ciencias naturales.

## 7.2 Tipo de investigación

El desarrollo del proyecto de investigación lo desarrollamos desde la perspectiva de investigación mixta de proceder cuantitativo y cualitativo, en el cual aplicamos los cuestionarios estructurados con preguntas tanto abiertas como cerradas y la secuencia de aula, con la cual mediante las situaciones problematizadoras y los trabajos prácticos, logramos determinar los conocimientos, procedimientos, habilidades, capacidades y actitudes científicas e investigativas de los y las estudiantes del grado noveno, al momento de confrontar sus ideas con herramientas de aprendizaje diferentes a las habituales. Los datos de investigación los obtuvimos mediante técnicas de recolección tales como el cuestionario pre y post previamente validado por expertos en el caso, con el objetivo de evaluar qué tan significativo fue el proceso de enseñanza y aprendizaje mediante

situaciones problematizadoras y trabajos prácticos, pese a las dificultades existentes. Estos datos cualitativos fueron posteriormente medidos, organizados, tabulados y analizados tanto estadísticamente como cualitativamente, examinando los objetivos, comprobando teorías, planteando comportamientos, estableciendo actitudes y relaciones causales entre elementos y conociendo las vivencias de los estudiantes tal como fueron sentidas y experimentadas con la aplicación de esta nueva estrategia.

### **7.3 Enfoque de investigación**

Ésta investigación la trabajamos desde el enfoque mixto, que según Teddlie y Tashakkori, 2003; Creswell, 2005; Mertens, 2005; Williams, Unrau y Grinnell, 2005 citado por Hernández, Fernández y Baptista (2006) se define como un proceso investigativo, en donde se requiere la recopilación, el análisis, la discusión y la conexión de datos cuantitativos como los análisis matemáticos y cualitativos como la observación, deducción y descubrimiento del escenario, con el fin de responder las cuestiones de investigación de un estudio.

Dentro de las principales características que se comparten en los enfoques, es que en ambos se emplean procesos metódicos y prácticos en donde generalmente, se evidencia la observación y valuación de fenómenos, se establecen hipótesis a causa de la observación, para tratar de demostrar con la fundamentación la validez de tales hipótesis, y se revisan a base de pruebas y análisis para comprobar las mismas. Por su parte la investigación cuantitativa, se caracteriza por recolectar datos numéricos, y con base en ellos, fundamentar, comprobar y analizar de forma generalizada las hipótesis y en si el fenómeno por medio de métodos estadísticos para buscar explicación, regularidades y relaciones que permitan demostrar teorías o un fenómeno a través de la lógica deductiva.

En el caso de la investigación cualitativa, ésta se caracteriza por utilizar recolección de datos no numéricos, en su defecto recolecta datos tales como comportamientos, reacciones, expresiones, emociones, cualidades, vivencias, puntos de vista, expectativas de los estudiantes, y para acercarse a ello el investigador cualitativo ha de observar, descubrir, explicar y predecir todo aquello que involucre su proceso de investigación para que lo conduzca al conocimiento consecuente del contexto o realidad. De acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2006) desde el enfoque cualitativo, el investigador inicia examinando

la sociedad y conforme a ello, plantea una teoría de acuerdo con lo que observa, por tal motivo y dicho de otra forma se dice que este tipo de investigación es inductiva, ya que dentro de sus procesos está el explorar, observar y descubrir para luego generar hipótesis, contrario a lo que sucede desde un enfoque cuantitativo.

Aunque durante varias décadas se creyó que el uso de los dos tipos de enfoque era inadecuado por los planteamientos tan opuestos e incompatibles, actualmente las investigaciones han venido dando uso de los dos enfoques metodológicos en un solo estudio, debido a las ventajas que ofrece el tratar problemas de las ciencias, que por lo regular son complejos. Por tal razón, el uso del enfoque mixto, representa complementariedad entre características, la cual se apoya desde las capacidades, cualidades y visiones que posee cada enfoque permitiendo conseguir una representación más exacta y total del problema, que de acuerdo con Todd, Nerlich y McKeown (2004), las razones de ello es debido a que el enfoque mixto indaga las diversas etapas y fases del fenómeno en estudio, lo cual le permite alcanzar un mayor y completo reflejo del panorama; y además conocer la magnitud, amplitud, complejidad, y comprensión del mismo, es decir se da un mayor poder de entendiendo del problema, tal y como lo define Miles y Huberman (1994), citado por Hernández, Fernández y Baptista, siendo esta la razón principal por la que desarrollamos bajo el enfoque mixto el presente proyecto de investigación.

#### **7.4 Diseño de investigación**

En esta investigación empleamos el diseño no experimental, de tipo transeccional, exploratorio y descriptivo con el fin de dar respuesta a nuestra pregunta de investigación sobre el ¿Cómo se favorece el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Biología Molecular a través de situaciones problematizadoras y trabajos prácticos de laboratorio en estudiantes de grado noveno de la Escuela Normal Superior de Neiva-Huila?, efectuando los objetivos de estudio y aportando evidencias para someter a prueba los planteamientos de la investigación.

Según Hernández, Fernández y Baptista (2006), el diseño de investigación se define como el planteamiento y estructuración de una estrategia con actividades y procedimientos, con el fin de conseguir la información necesaria a través del aporte de evidencias que sostengan, expliquen, refutan y ayuden a dar respuesta a los interrogantes del problema, es por este motivo, que el diseño se ha de elegir de acuerdo con las necesidades y el alcance

de la investigación, puesto que cada uno de ellos posee sus planteamientos particulares y de acuerdo a la elección y relación entre estos dos, así mismo se obtendrán con exactitud y oquedad la información y por ende los resultados fructíferos en la investigación.

En la investigación cuantitativa se dispone de dos tipos de diseño, el experimental y el no experimental, para la utilización del diseño no experimental en nuestra investigación realizamos actividades y procedimientos basados en la observación y el estudio de un proceso real de nuestro entorno tal como lo es el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Biología Molecular, el cual presenta comúnmente dificultades a causa de que las estrategias didácticas empleadas no existen o no son las adecuadas ya sea en su planeación o aplicación, es por esto que como futuros educadores de ciencias la observación de la población y del entorno real en que se desenvuelve la problemática son claves, ya que a partir de lo que se logra observar, se pueden analizar los fenómenos del entorno escolar sin necesidad u oportunidad de manipular e influir sobre las variables que actúan, ni sobre sus consecuencias, ya que son hechos de la realidad que así tal cual acontecen, tal y como lo manifiestan Kerlinger & Lee (2002), al decir que en este tipo de diseño de investigación, no es factible manejar las variables ni actuar sobre ellas con la manipulación de las situaciones o las circunstancias en que los integrantes o métodos interactúan.

De acuerdo con varios autores, los diseños no experimentales se clasifican en transeccionales y longitudinales. En dicha investigación hemos optado por el uso del diseño de tipo transeccional con alcance exploratorio y descriptivo, debido a que la exploración será la base en nuestra investigación para conocer las variables y cuál es el comportamiento, la incidencia e interrelación de las mismas, así mismo para indagar el entorno real, la población y el fenómeno, éste último de poca información en antecedentes. A causa de las características del planteamiento del problema, el proyecto inicialmente se centra en estudiar el nivel de las variables, tanto independiente que en este caso sería el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Biología Molecular, como dependientes, que serían las situaciones problematizadoras y los trabajos prácticos como estrategias metodológicas a utilizar en el aula, en un lapso de tiempo de seis semanas para la recolección de información.

En definitiva, estas variables se relacionaron directamente entre sí, y es lo que precisamente nos permitió evaluar el fenómeno de enseñanza y aprendizaje de la Biología

molecular en estudiantes del grado noveno de la Institución Educativa Escuela Normal Superior de Neiva, y realizar una descripción y análisis posterior. Según las características que plantea Hernández, Fernández y Baptista (2006) para el uso apropiado de este tipo de diseño, en la investigación se debe recaudar datos en un único tiempo con el propósito de hallar, analizar y relacionar las variables involucradas y evaluar una situación, comunidad y un fenómeno real, tal como se refleja en esta investigación.

Del mismo modo, desarrollamos el diseño en paralelo, el cual caracterizado por analizar el problema al mismo tiempo, desde las dos perspectivas tanto cuantitativa como cualitativa nos mostró los resultados desde ambas, y nos permitió interpretar el fenómeno. Según Hernández, Fernández y Baptista (2006) “este diseño es muy parecido al diseño de dos etapas de aplicación independiente, cuyos resultados se complementan”, en donde estos datos pueden estar combinados, con varios análisis, y un solo reporte, no combinados, para el análisis y reportes independientes o en su defecto con análisis independientes y reporte único.

Algunas de las ventajas con las que se cuenta al usar este tipo de diseño, es que se logra la recopilación, obtención, estudio y comparación de los dos tipos de datos, lo cual enriquece la investigación y permite la complementación de méritos entre ellos. El análisis e interpretación de estos dos tipos de datos en la investigación lo realizamos recolectando inicialmente los datos cualitativos para luego cuantificarlos y categorizarlos numéricamente de acuerdo a la cantidad de ocasiones en que aparecieron, para describirlos y compararlos de acuerdo a la constancia de cada categoría en que se clasificaron, proceso reconocido por Hernández, Fernández y Baptista como “comparación de frecuencias”.

## **7.5 Técnicas de recolección de la información**

Con el fin de responder al método de investigación expuesto y a los objetivos inicialmente planteados, para el presente trabajo se hemos seleccionado como técnicas de recolección de datos la encuesta sociodemográfica, cuestionario pre y post para las ideas previas y finales, además de una intervención didáctica basada en la aplicación de situaciones problematizadoras y prácticas de laboratorio.

### **7.5.1 Encuesta**

Teniendo en cuenta que es de suma importancia hacer una caracterización del contexto en el que están inmersos los estudiantes de noveno grado de la Escuela Normal Superior de Neiva, nace la necesidad de recopilar información de dicha población objeto de estudio, partiendo de variables a nivel social, económico y familiar, de tal modo que al finalizar la investigación, pueda asociarse estos factores con los resultados obtenidos, respecto al proceso de enseñanza y aprendizaje de la Biología Molecular. *“Una encuesta es un conjunto de preguntas normalizadas dirigidas a una muestra representativa de la población o instituciones, con el fin de conocer estados de opinión o hechos específicos”* (González, 2009). Por tanto, basados en lo anterior, escogemos la encuesta como primera técnica de recolección de información.

### **7.5.2 Cuestionario**

Al hacer investigación desde un enfoque cualitativo, el cuestionario es la técnica de recolección de datos más utilizada, no solo por su bajo costo, sino porque permite cuantificarlos y englobarlos, facilitando analizar y definir el constructo desarrollado por cada uno de los estudiantes al momento de enfrentarse a un conjunto de preguntas diseñadas previamente que presentan un grado de dificultad creciente, sujetas de manera implícita al tema central de la investigación, es decir, la biología molecular, por lo que se requiere de preguntas abiertas, bien estructuradas que despierten el interés de los alumnos y desarrollen en ellos la capacidad de razonamiento para la elaboración de respuestas, razón por la cual hay una mayor demanda de tiempo (Martín Arribas 2004; citado por Guarnido y Puentes (2014). Este lo diseñamos y validamos con el objetivo de aplicarlo antes y después de la intervención didáctica, con el fin de conocer las ideas previas o conocimientos alternativos que presenten los estudiantes antes de abarcar temas asociados a la biología molecular y conocer las concepciones después de la implementación de las estrategias didácticas, así como la evolución y progresión de las mismas.

### **7.5.3 Intervención didáctica**

Asimismo, la intervención didáctica se ubica dentro de las técnicas de recolección de información, teniendo en cuenta que estará determinada por la aplicación de situaciones problematizadoras y trabajos prácticos de laboratorio.

Delgado (1991) define la intervención didáctica como: “*Todas las acciones que el profesor realiza en el proceso de enseñanza-aprendizaje*”, producto de la toma de decisiones, en donde no solo se tiene en cuenta la participación del estudiante, sino también las estrategias y recursos didácticos para la enseñanza y cumplimiento de los objetivos educativos, lo cual coincide con la definición planteada por López (2004), quien afirma que la intervención didáctica es la delegada de consolidar el quehacer docente al interior del aula por medio de determinadas actividades que den cumplimiento a los objetivos educativos previamente establecidos, aclarando que cuando el autor hace referencia a la actuación del docente, alude es al proceso de enseñanza, enmarcado por las actividades del alumno (aprendizaje) y por diversas estrategias y recursos (elementos facilitadores del proceso de enseñanza-aprendizaje) que finalmente conlleva al éxito curricular.

En resumen, es así como el profesor asume un rol de dinamizador, guía y gestor de conocimiento, quien plasma contenidos en múltiples actividades, como prácticas integradoras (trabajos prácticos de laboratorio) o situaciones de enseñanza (situaciones problematizadoras), que favorecen el aprendizaje significativo (Buitrago, 2009).

## **7.6 Técnica de Análisis de Información**

### **7.6.1 Datos Cualitativos**

Las técnicas que utilizamos para el análisis de los datos cualitativos fueron asistidas por computadora a través del uso del software “Atlas Ti” (licenciado por financiación de la Vicerrectoría de Investigación y Proyección Social de la Universidad Surcolombiana), con el fin de facilitar el análisis, organizar la información unificada, recopilar datos, agruparlos en función de las relaciones conceptuales, y construir teoría de manera sistematizada (Hernández Fernández y Baptista, 2006). Así, para el uso del programa, inicialmente los datos primarios los anexamos a la base de datos para ser organizados de acuerdo con el diseño del boceto y las reglas establecidas y posteriormente analizados mediante el conteo

y la relación entre temas, unidades, ideas, conceptos y demás puntos de vista mediante diagramas o datos proyectados por el software.

### 7.6.2 Datos Cuantitativos

El método de análisis de datos cuantitativos lo efectuamos sobre la matriz de datos empleando el programa computacional estadístico SPSS en apoyo con la prueba t- Student. Según Hernández, Fernández y Baptista (2006), el programa SPSS o Paquete estadístico para las Ciencias Sociales por sus siglas en inglés, domina todos los tipos de análisis estadístico con versiones para Windows, Unix y Macintosh con constantes actualizaciones de versiones nuevas. Este software posee dos partes, la primera que es la vista de variables y de segunda la matriz de datos, esta última con sus respectivas columnas filas, celdas encargadas de contener los datos y comandos ya sea para informes, estadísticos descriptivos, comparar medias, modelo lineal, ANOVA, correlaciones, regresión, clasificación, escalas, pruebas no paramétricas, entre otras; Graphs (Gráficas), Utilities (Herramientas), Window (Ventana para moverse a través de archivos y otros programas), Help (Ayuda), todos estos comandos utilizados de acuerdo a la organización de la información que se desee lograr y el análisis a realizar. Utilizamos este programa con el fin de explorar, visualizar y analizar los datos de forma descriptiva y estadística por variable, y a su vez, evaluar la confiabilidad y validez de los objetivos trazados, y los instrumentos de medición empleados para realizar análisis anexos en tabulaciones, gráficas y bosquejos de los datos estadísticos.

Por otro lado, la prueba  $t$  o distribución de t-student es definida por Hernández, Fernández y Baptista como *“una prueba estadística para evaluar si dos grupos difieren entre sí de manera significativa respecto a sus medias”*, para ello se plantean hipótesis acerca de la diferencia entre las concepciones del estudiantado, tanto las que si difieren significativamente, como las que no; la variable dependiente la cual será de apoyo para realizar la comparación,; el nivel de medición de las variables y su respectiva interpretación. En consecuencia, la prueba  $t$  básicamente consiste en la organización repartida de las muestras o poblaciones de diferencia de medias en la cual se reconoce por los grados de libertad y del cual depende el valor significativo de  $t$ , puesto que a mayor sea

este valor, la distribución t de student se acercará más a ser una distribución normal (Wiersma y Jurs, 2005).

### **7.7 Etapas de la investigación**

El trabajo de investigación lo desarrollamos mediante las tres etapas que citamos a continuación:

#### **Etapas inicial:**

En esta etapa llevamos a cabo la consulta bibliográfica de temas tales como la enseñanza de la biología, origen de la diversidad, la evolución, enseñanza de los conceptos, estructuras y procesos biológicos moleculares como la naturaleza del gen, cromosoma, el cariotipo humano, estructura química de ADN, proteínas, ARN, el código genético, procesos de replicación del ADN, transcripción, traducción, mutación, selección natural, clonación, manejo del material genético y el aprendizaje de éstos a través de situaciones problemas y trabajos prácticos de laboratorio.

**Etapas desarrollo:** En la presente etapa, abarcamos a su vez cinco fases de desarrollo

- **Fase I:** Contextualización

Efectuamos una identificación, acercamiento y exploración de las instalaciones de la Institución Educativa Escuela Normal Superior de Neiva y conocimos las diversas zonas que dispone el plantel, tales como las aulas, los laboratorios, la sala de informática, el parque bosque, los materiales y equipos, lo cual nos permitió ponernos en contexto con la comunidad y el lugar donde desarrollamos la investigación.

- **Fase II:** Aplicación del cuestionario inicial

Aplicamos el cuestionario inicial con el fin de conocer los preconceptos o ideas previas que presentaban los estudiantes del grado noveno de la Escuela Normal Superior de Neiva acerca de conceptos y estructuras como la del ADN, ARN, proteínas, y procesos de la Biología molecular tales como la replicación, transcripción, traducción, mutación, clonación entre otros.

- **Fase III:** Trabajo en clase

Previamente, realizamos clases preliminares y a su vez lecturas de artículos de investigación, para poner en contexto al estudiantado frente a las temáticas, procedimientos prácticos y los pasos que se han de llevar a cabo para una investigación. Tratamos temáticas como el origen de la diversidad, la evolución, enseñanza de los conceptos, estructuras y procesos biológicos y moleculares como la naturaleza del gen, cromosoma, el cariotipo humano, estructura química de ADN, proteínas, ARN, el código genético, procesos de replicación del ADN, transcripción, traducción, mutación, selección natural, clonación, manejo del material genético y las tecnologías usadas para dichos estudios.

- **Fase IV:** Trabajo práctico

Posteriormente, intervenimos en el aula con la estrategia de situaciones problematizadoras con resolución de tipo abierto, en donde los y las estudiantes formularon hipótesis, plantearon interrogantes y realizaron consultas con el fin de aclarar ciertos términos, y procesos confusos; luego planteamos el trabajo práctico, para el cual, leyeron las guías estableciendo métodos, materiales, equipos, y realizando observaciones, figuras, mapas y descripciones de lo evidenciado, analizado e interpretado por parte de cada estudiante.

- **Fase V** Aplicación del cuestionario final

Suministramos el cuestionario final, con el propósito de conocer los conocimientos que los estudiantes han adquirido gracias a la utilización de estas dos estrategias didácticas, situaciones problematizadoras y prácticas de laboratorio desarrolladas en el curso para el estudio de la Biología Molecular.

**Etapa final:**

Básicamente en la etapa final, mostramos los resultados finales y la discusión de resultados, respecto a las actividades y metodologías aplicadas en el aula, de acuerdo al marco teórico, los antecedentes y planteamiento del problema del proyecto. Los resultados obtenidos serán con base a la información recolectada en los cuestionarios, el trabajo de clase, el trabajo práctico, en si la aplicación de la secuencia de aula y el cuestionario final.

Posteriormente elaboramos una secuencia de guías con respectivas situaciones problematizadoras y prácticas de laboratorio utilizadas como estrategias mediadoras del aprendizaje, a su vez la secuencia de clase con la respectiva planeación. Finalmente, exponemos la elaboración y presentación del informe final, revisado y evaluado para lograr obtener el título de Licenciada en Ciencias Naturales: Física, Química y Biología.

## 8. Resultados y Discusión

En el presente apartado presentamos los resultados derivados de la investigación, los cuales corresponden en primer lugar a la validación del cuestionario y a la implementación del mismo, posteriormente mostramos el diseño y aplicación de la intervención didáctica y por último la comparación de las concepciones iniciales y finales presentadas por los estudiantes, con base a la información obtenida de cada uno de los cuestionarios aplicados.

### 8.1 Validación del cuestionario

Teniendo en cuenta que uno de los objetivos de la investigación es sistematizar las concepciones que tienen los estudiantes sobre biología molecular, fue necesario plantear una serie de interrogantes que finalmente consolidaron un cuestionario, el cual tuvo que ser remitido a validación por parte de tres expertos con experiencia en investigación y docencia, como se muestra a continuación en la *Tabla 4*.

**Tabla 4.** *Relación de los profesionales que validan el cuestionario.*

<b>Experto</b>	<b>Profesión</b>	<b>Estudios de Posgrado</b>
Lola Constanza Melo Salcedo	Licenciada en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional, UPN.	Doctorado Interinstitucional en Educación de la Universidad Pedagógica Nacional, UPN.
Jeniffer Rivas Avilés	Licenciada en Ciencias Naturales: Física, Química y Biología de la Universidad Surcolombiana	Magister en Ingeniería y Gestión Ambiental de la Universidad Surcolombiana.
Sonia Echeverry Hernández	Licenciada en Biología y Química de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia UPTC, Sede	Magister en Ciencias Biológicas de la Pontificia Universidad Javeriana PUJ, sede Bogotá.

Por tanto, en el anexo A, exponemos los resultados de la validación por parte de los expertos, quienes desde su experiencia y formación académica aportaron verificando la integridad y fiabilidad del instrumento, realizando diferentes sugerencias, en cuanto refiere a redacción y uso apropiado del lenguaje e imágenes. En efecto, se realizaron los ajustes necesarios al cuestionario partiendo de las recomendaciones de los expertos, con el fin de que el instrumento guardara una estructura apropiada.

### **8.2 Concepciones Iniciales**

Para valorar las concepciones iniciales de los y las estudiantes, hemos tenido en consideración las subcategorías que emergen de las respuestas manifestadas en el cuestionario inicial por los mismos, dada la posibilidad que nos brinda para abordar de forma más precisa y definida los juicios y razonamientos de los estudiantes sobre algunas concepciones, procesos y fenómenos de la Biología Molecular.

El análisis de contenido lo hemos efectuado mediante la construcción de subcategorías desde las respuestas dadas por el estudiantado. Seguidamente abordamos el pre-test y pos-test concediendo valoraciones cuantitativas y analizando cada subcategoría desde el manuscrito, con el fin de valorar proporcionalmente aquellas que se aproximan a un *Nivel deseable*, para el estudio de la estructura, composición, correlación e importancia del material genético en los diferentes procesos celulares del dogma central de la Biología Molecular. Así pues, hemos establecido un sistema de 16 categorías (Tabla 5), en donde asignamos diferentes valoraciones a cada una de las subcategorías, con el fin de establecer el p-valor, mediante la t-student para muestras relacionadas en el Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales – SPSS.

A continuación, exponemos los resultados alcanzados en cada una de las categorías y subcategorías, con su respectiva media y desviación típica determinada a partir de los datos numéricos de las respuestas dadas por los y las estudiantes en el cuestionario inicial mediante el software SPSS, tal y como se evidencia en la Tabla 5. Cabe resaltar que los valores adjuntos en la tabla, los tendremos en consideración nuevamente para la confrontación con el cuestionario final, y lograr evaluar las progresiones en las concepciones, y la adquisición de procedimientos y actitudes científicas.

Seguidamente, ponemos de manifiesto algunas de las respuestas suministradas por los y las estudiantes y efectuamos un análisis desde la perspectiva biológica que enmarca el desarrollo de estos procesos celulares como también desde el marco de la Didáctica de las Ciencias y la enseñanza-aprendizaje de la Biología Molecular.

**Tabla 5.** Sistema de categorías, media y desviación típica de las subcategorías

<b>Pregunta</b>	<b>Subcategorías</b>	<b>Valoración</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación típica</b>
<b>1. ¿En qué partes crees tú que está ubicado el ADN?</b>	Sangre_1	1	0,72	0,454
	Célula	2	0,39	0,803
	Núcleo-cromosomas	3	0,25	0,841
<b>2. ¿Qué técnicas y herramientas utilizarías para observar el ADN? ¿Cómo lo harías?</b>	Telescopio	1	0,08	0,280
	Microscopio	2	1,72	0,701
	Procedimiento	3	0,00	0,000
<b>3. ¿Qué sabes del ARN?</b>	Interviene transcripción	1	0,00	0,000
	Ácido nucleico	1	0,72	0,454
	Cadena s./B. N/G.F.	2	0,56	0,909
	C. Sencilla -B. N-azúcar-fosfato.	3	0,00	0,000
<b>3.1 ¿Dónde crees que podemos encontrar el ARN?</b>	Sangre_2	1	0,28	0,454
	En virus	1	0,11	0,319
	En Procariotas y Eucariotas	2	0,11	0,465
	Núcleo, nucléolo, citoplasma y ribosoma.	3	0,00	0,000
<b>3.2 ¿Qué relación tiene el ARN con el ADN?</b>	Estructura	1	0,81	0,401
	Proceso de traducción	3	0,08	0,500
<b>5. ¿Qué nombre recibe la estructura que se muestra en la imagen?</b>	Cromátida	1	0,08	0,280
	Cromosomas	3	2,75	0,841
<b>5.1 ¿De qué crees que está constituida la estructura que se muestra en la imagen?</b>	ADN-ARN	1	0,22	0,422
	ADN	3	1,50	1,521
<b>5.2 ¿En qué parte de la célula se encuentran localizados?</b>	Sangre_3	1	0,08	0,280
	Interior célula	2	1,39	0,934
	Núcleo-Nucleoide	3	0,42	1,052
<b>5.3 ¿A qué se debe su estructura?</b>	Transmite información genética	1	0,08	0,280
	Telómeros, cromátida, centrómero y brazos.	1	0,17	0,378
	ADN_2	1	0,22	0,422
	Enrollamiento ADN por proteínas	3	0,08	0,500
<b>5.4 ¿Por qué los cromosomas serán considerados tan importantes para un organismo?</b>	Previene mutaciones	1	0,00	0,000
	Genes	1	0,25	0,439
	Procesos y estructura celular	1	0,58	0,500
	Almacena y Transfiere información	3	0,50	1,134
<b>6. Como ya sabemos, las células están constituidas por varios orgánulos, todos de gran relevancia. Cuéntanos acerca del Ribosoma y su importancia biológica en la célula.</b>	Cumple procesos celulares	1	0,94	0,232
	Transfiere información genética	1	0,06	0,232
	Síntesis de proteínas	3	0,00	0,000
<b>7. ¿Crees tú que el alimento que consumimos a diario, interviene en el proceso de síntesis de proteínas? Justifica tu respuesta.</b>	No se relacionan	1	0,03	0,167
	Absorción de nutrientes	1	0,78	0,422
	Aporta energía al Dogma Central de la Biología	2	0,22	0,637

	Molecular			
	Interviene en síntesis de aminoácidos y proteínas	3	0,33	0,956
<b>8. ¿En qué consiste la manipulación genética o Ingeniería genética?</b>	Adicción de químicos	1	0,00	0,000
	Malformación genética	1	0,19	0,401
	Concede rasgos específicos	2	0,94	1,013
	Altera material genético	3	0,92	1,402
<b>9. ¿Qué piensas que pudo haber ocurrido a nivel molecular en las células de los padres o en las células de Sofía, para posteriormente desencadenar dichas anomalías?</b>	Intoxicación del cuerpo	1	0,17	0,378
	Malas defensas	1	0,06	0,232
	Malformación celular	2	1,28	0,974
	Alteración genética	3	0,42	1,052
<b>11. La calidad del arroz que consumíamos en épocas pasadas, no es la misma que presenta el producto que encontramos en el mercado actualmente. Tu qué opinas, ¿A qué crees que se deba el cambio y qué efectos puede tener sobre la humanidad?</b>	Genera mutaciones	1	0,03	0,167
	Presencia de químicos	1	0,94	0,232
	Manipulación en el laboratorio	3	0,08	0,500
<b>13. ¿Qué otras estrategias podrías plantear en pro de la conservación de las especies, que permitan contrarrestar la extinción de las mismas?</b>	Reproducción natural de organismos	1	0,25	0,439
	Normatividad-concientizar población	1	0,72	0,454
	Transgénicos-clonación	3	0,00	0,000

### **Pregunta 1. ¿En qué parte crees tú que está ubicado el ADN?**

Este interrogante lo hemos realizado con el fin de indagar las concepciones previas de los y las estudiantes sobre la ubicación del ADN en nuestro cuerpo, y en efecto, evidenciamos que la subcategoría más relevante es *Sangre* y las menos representativas *Célula* y *Núcleo-Cromosoma*.

Seguidamente, mostramos algunas respuestas textuales dadas por los estudiantes en las subcategorías.

#### ***Sangre***

En esta subcategoría, encontramos que en un inicio, la mayoría del estudiantado manifestó que el ADN se encontraba disperso en la *sangre* (26 estudiantes, 72,2 %), situación que refleja la dificultad que presentaban los jóvenes para dimensionar aspectos de la visión macroscópica en el campo de la biología, tal como lo manifiesta textualmente el siguiente estudiante:

**E5.P1.** [Haciendo referencia a la pregunta número 1 ¿En qué parte crees tú que está ubicado el ADN?] *“Bueno pues yo creo que el ADN está ubicado en la sangre y pues la sangre está ubicada en todo nuestro cuerpo, entonces el ADN está ubicado en todo nuestro cuerpo.”*

### ***Célula***

En esta subcategoría encontramos que 7 estudiantes (concerniente al 19,4% de la población total) manifiestan de forma general que el ADN está presente al interior celular. Sin embargo, no definen ningún organelo en especial, así mismo reconocen a la célula como eje principal para el cumplimiento de los procesos biomoleculares, sea célula eucariota o procariota, identifican que al interior celular se encuentra presente el material genético. Tal como lo manifiesta textualmente el siguiente estudiante:

**E24.P1.** [Haciendo referencia a la pregunta número 1 ¿En qué parte crees tú que está ubicado el ADN?] *“El ADN se encuentra en las células”.*

### ***Núcleo-Cromosoma***

En esta subcategoría encontramos que una mínima parte del estudiantado (8,3% de la población total) reconocen que el ADN se encuentra presente en el núcleo celular, específicamente dentro de una estructura llamada cromosoma, para el caso de células eucariotas. Sin embargo, en las células procariotas, los estudiantes no especifican su ubicación, lo que en cierta medida pone de manifiesto que no diferencian estructuralmente las células eucariotas de las procariotas, y por consiguiente la ubicación del ADN en estas unidades de vida, son consideradas similares. A continuación, exponemos algunas evidencias textuales de dos estudiantes:

**E18.P1.** [Haciendo referencia a la pregunta número 1 ¿En qué parte crees tú que está ubicado el ADN?] *“Está presente en todos los núcleos de las células del cuerpo, no importa que órgano o tejido formen, la información debe estar completa, aunque no toda sea necesaria para esa zona del cuerpo.”*

Desde el punto de vista biológico, el ADN se encuentra presente dentro de las células, específicamente en una estructura denominada núcleo celular, la cual separa el material

genético del citoplasma y de donde se designan todas las funciones celulares para el caso de las células eucariotas. Mientras que, para células procariotas, se encuentra dispuesto en una región central denominada nucleoide de forma mucho más densa, sin ninguna delimitación estructuralmente visible y con asociaciones a pliegues del interior celular para adquirir estabilidad (Peretó *et al.*, 2007).

Así pues, el conocimiento de los estudiantes asociado a la concepción del ADN ubicado en la sangre, pone de manifiesto, la dificultad que se presentaba para dimensionar aspectos de la visión microscópica en el campo de la biología. Esta causada mayoritariamente por las actividades coloquiales trabajadas en el campo de la salud, en las cuales, mediante muestras de laboratorios, las ideas sobre el ADN se ven encasilladas al tejido sanguíneo, dejando de lado procesos como el dogma central de la biología, la reproducción celular, meiosis y mitosis para la transferencia de la información genética. Esta situación según Caballero (2008), es producto de la periódica utilización de la sangre en pruebas de parentesco o filiación, que se da generalmente por su abundante presencia en los seres vivos y la facilidad que representa para la extracción, amplificación y estudio del ADN se sus células sanguíneas.

Estas concepciones iniciales en la mayoría de los estudiantes pueden estar relacionadas principalmente por el desconocimiento que se tiene acerca de las funciones primordiales del sistema circulatorio y el tejido sanguíneo. Lo que puede representar inconvenientes futuros en los jóvenes, al momento de relacionar los procesos del dogma central de la biología molecular, con el sistema de transmisión de caracteres hereditarios de un ser vivo a otro mediante la sangre, puesto que deja de lado la importante participación de los gametos y los aspectos relacionados con la recombinación genética para la herencia de los caracteres hereditarios otorgados por cada uno de los progenitores en la reproducción (Caballero, 2008).

Como Gagliardi (1988) señala, esta situación se debe al desconocimiento estructural de la célula, el cual limita comprender características esenciales del funcionamiento citológico y de los organismos vivos. Es por ello, que se hace ineludible analizar y entender las propiedades macroscópicas e integrar las observaciones, análisis y reflexiones interrelacionadas en su totalidad para elaborar una teoría celular global y explicativa que permita comprender la disposición estructural y establecer vínculos con las estructuras

microscópicas; lo que, para Roa *et al.*, (2008) se podría trabajar desde la dualidad que existe entre el genotipo y fenotipo de los cuerpos vivientes. De acuerdo con varias investigaciones, esta limitante, aparte de obstaculizar el establecimiento de relaciones entre el ADN y su papel fundamental en la transferencia de caracteres hereditarios tras generaciones, provocaría dificultad para los y las estudiantes en el reconocimiento del material genético para aquellos organismos vivos que carecen de la distintiva sangre roja, como es el caso de las plantas, insectos, y moluscos (Caballero, 2008).

Los resultados anteriores nos permiten deducir que las concepciones previas de los estudiantes parecen estar persuadidas por el conocimiento popular, e influenciadas mayoritariamente por afirmaciones colectivas de su entorno, las cuales han sido adquiridas de forma espontánea y por consiguiente se encuentran lejanas a las concepciones ideales desde el punto de vista científico. Esto en gran medida es producto de la autoridad que ejerce el lenguaje propio y común, en donde expresiones tales como “*son de la misma sangre*” “*lo lleva en la sangre*”, entre otras, se convierten en afirmaciones no científicas de mucho valor para el estudiantado por ir de generación en generación (Caballero, 2008).

Del mismo modo, la idea de que la sangre lleva consigo un código, el cual permite diferenciar a unos organismos de otros, se le atribuye a las estrategias de enseñanza utilizadas en la secuencia educativa, las cuales comúnmente, encasillan los procesos de transmisión de la información genética en ejemplificaciones de herencia de los grupos sanguíneos, que mediante la transferencia de genes y alelos de los cromosomas homólogos nueve y uno, son los responsables de la clasificación del grupo y Rh sanguíneo y serán transmitidos en los gametos de cada progenitor de una descendencia a otra (Silverthorn, 2008).

Por consiguiente, se manifiesta la reducción de tan amplia temática a una sencilla estrategia de ejercicios con resolución algorítmica, lo que según Polanco (2011), define como la sola ejecución operativa sin justificación conceptual y procedimental. De esta manera, el estudiantado aprende a solucionar problemas aplicando algoritmos específicos, que no demandan ningún estudio minucioso de la información previa, promoviendo la utilización de reglas sin mayor análisis y debilitando la construcción de saberes y desarrollo de habilidades y destrezas.

Por otra parte, nos parece importante destacar que los y las estudiantes tengan consigo concepciones más cercanas a la ubicación del ADN, y sepan reconocer a la célula como estructura constituyente de todos los seres vivos, responsable de contener el material genético dentro de sí misma para el cumplimiento de las funciones vitales tales como el crecimiento, la respiración, la reproducción, y la nutrición, es decir la sostenibilidad de la vida. No obstante, se ve reflejado que los estudiantes al manifestarse minoritariamente en esta subcategoría, en gran medida poseen dificultades producto de la confusión que existe en el proceso de aprendizaje en torno al esquema de organización celular.

Esta problemática, según Moreno (2014) pone de manifiesto, la escasa comprensión y precisión del concepto de célula, y la exigua valoración sobre su importancia en los seres vivos, dado el desconocimiento que se tiene acerca del sistema de distribución celular del material genético y su relación con los organelos tales como el núcleo, las mitocondrias y los cloroplastos en cuyo interior tienen presente el ADN y los que tan solo participan e intervienen en su síntesis como el nucléolo o en la transferencia de la información genética como el ribosoma (Luque y Herráez, 2001).

En efecto, los estudiantes identificaron que el ADN como ácido nucleico ha de estar en una zona que le confiera estabilidad y definición mediante estructuras reconocidas como cromosomas, los cuales están presentes según los y las estudiantes, en el núcleo celular. Lo que según Moreno (2014), sería una idea inconclusa, ya que las células procariotas, carecen de una membrana nuclear definida, y en efecto presenta sujeciones que le confiere consistencia en su posición central y a su vez, cuenta con estructuras cromosómicas circulares, que de forma semejante algunos organelos de las células eucariotas como los cloroplastos y las mitocondrias tienen en su interior de forma independiente con el fin de contribuir en los procesos celulares para un funcionamiento eficaz.

Ahora bien, esta idea inicial en los estudiantes, se crea en primera instancia por el estudio enfatizado que se le realiza al ADN nuclear en los centros educativos, la trascendencia que tiene en los múltiples procesos y a que la mayor parte de él anida en el núcleo celular, razones que toman mayor significado para los estudiantes dado el papel central que representa y ejerce para el vital funcionamiento celular.

Finalmente, es importante mencionar que concepciones sobre la ubicación del ADN desde una perspectiva nuclear y cromosómica en el caso de células eucariotas, se

presentaron en menores proporciones al inicio del proceso formativo, pese a su importancia en el reconocimiento de los procesos para la transferencia de la información genética, duplicación, transcripción y traducción genética y para el cumplimiento de funciones celulares para la reconstrucción y desarrollo vital del organismo.

**Pregunta 2. *¿Qué técnicas y herramientas utilizarías para observar el ADN?***

Para esta pregunta, podemos identificar que la subcategoría más distintiva es *Microscopio*, que, de forma mayoritaria, 31 estudiantes (correspondiente al 86% de la población) plantean de forma exclusiva como herramienta este instrumento de visualización microscópica para observar el ADN, mientras que las menos representativas son *Telescopio* y *Procedimiento*. Por tanto, presentamos a continuación algunas ideas textuales de cada una de las categorías.

***Microscopio***

En esta subcategoría encontramos que 31 estudiantes sugieren al Microscopio como herramienta para la observación del ADN; y a pesar de ello, se abandona el uso de otras herramientas, o en caso análogo, técnicas procedimentales para la extracción, manejo y observación del ADN. Esta situación es relevante, ya que nos permite analizar que los estudiantes en su mayoría no han tenido una aproximación a los ambientes de trabajo práctico y científico; por ejemplo, dos de los estudiantes quienes afirman que:

**E5.P2.** [Haciendo referencia a la pregunta número 2 *¿Qué técnicas y herramientas utilizarías para observar el ADN?*] “*Pues la verdad cogería cualquier muestra biológica de cuerpo o del ser vivo que yo quisiera analizar su ADN. En un caso cogería una muestra de sangre y la analizaría en un microscopio.*”

***Telescopio***

En esta subcategoría encontramos que 3 estudiantes (equivalente al 8,3% de la población total) sostienen que el instrumento pertinente para observar el ADN sería el Telescopio. Este escenario refleja la dificultad existente en los y las estudiantes para diferenciar aspectos de visión macroscópica y microscópica, ya que el telescopio es un instrumento óptico, y su uso radica en la posibilidad que brinda para observar objetos

grandes y muy lejanos a partir de las radiaciones electromagnéticas. En consecuencia, la dificultad radica en la similitud que existe entre las dos palabras, las cuales se escriben de forma similar y suenan muy parecido, sin embargo, su significado difiere entre sí, lo que se conoce como paronimia, lo que posiblemente este causando confusión entre algunos estudiantes. A continuación, referenciamos textualmente la respuesta de dos estudiantes:

**E4.P2.** [Haciendo referencia a la pregunta número 2 ¿Qué técnicas y herramientas utilizarías para observar el ADN?] “*Un telescopio, ya que se podrá ver la estructura o las células que conforman el ADN.*”

Destacamos en esta pregunta, que los y las estudiantes se centran más en los *equipos* que emplearían, que en los *procedimientos* para llevar a cabo la extracción y el tratamiento del ADN para su observación. Consideramos aquí que desde la perspectiva de Polanco (2011), es fundamental el trabajo procedimental, puesto que con ello, los estudiantes desarrollan no solo contenidos conceptuales, sino en mayor proporción habilidades sobre el estudio de estructuras complejas y abstractas a nivel molecular. Estas se alcanzan a partir de la utilización práctica desde su propio contexto, de recursos y materiales básicos de laboratorio, que simultáneamente, brindan oportunidad a los estudiantes de conocer la naturaleza de la ciencia y logra hacerlos partícipes de la investigación científica, mediante prácticas de indagación, exploración experimentación, interpretación y valoración, metodología propia en la que se concibe la actividad científica (Arroyo, 2011).

Igualmente, hemos podido identificar que las concepciones iniciales que tienen los y las estudiantes acerca de las herramientas, técnicas o procedimientos para observar el ADN, radican principalmente en el escaso acercamiento a espacios científicos que han tenido los educandos o en efecto al manejo de microscopios como mínima actividad del trabajo práctico, lo cual reduce toda una serie de actividades integrales procedimentales que abarcan procesos de preparación, manejo, análisis, y desecho del material, en una simple inspección de carácter ocular.

En contraste, Delgado (2014) plantea que pese a que se busquen diseñar actividades prácticas innovadoras que motiven y favorezcan los procesos de enseñanza y aprendizaje, muchas veces las condiciones de infraestructura y presupuesto de las instituciones educativas limitan las actividades procedimentales, debido a que el material biológico, los

reactivos y los equipos que se requieren en esta ciencia representan altos costos para su ejecución. Lo que en síntesis puede ser considerada una de las causantes principales que provoca indisponibilidad de laboratorios e infraestructura en los centros educativos.

Y aunque, existan diferentes estrategias didácticas que le permitan al estudiantado asimilar de manera fácil temas específicos, complejos y abstractos, y puedan ser utilizadas por los docentes sin necesidad de tanta inversión, tales como el uso de las Tics, material audiovisual, figuras, bibliografía, entre otras. Estos, para el caso propio de la Biología Molecular no cumplen en su totalidad con las expectativas para el desarrollo procedimental, práctico e investigativo requerido por el estudiantado ya que les permite sentir y experimentar en persona los diferentes procesos que se involucran para el análisis biológico, químico y molecular de las estructuras y procesos genéticos (González, 2014).

Es por ello, que las prácticas de laboratorio orientadas al uso de material de fácil acceso y amigable con el medio ambiente, logran ser una estrategia favorable, para proporcionar a los estudiantes un acercamiento más directo a los fenómenos naturales, pues permiten potencializar actitudes científicas propias de la investigación, y guiar o profundizar los conocimientos a partir del método científico. Y mediante los procesos cognitivos del trabajo práctico según lo señala Gamboa (2003), se reflejan aspectos esenciales del trabajo científico, se promueve la enseñanza interactiva y se favorece el desarrollo de procedimientos, técnicas elementales y el manejo de instrumentos y equipos, o lo que Pozo y Gómez (1998) denominan como *“potencial para facilitar el aprendizaje de procedimientos científicos”*.

Por otra parte, pese a que los estudiantes en su mayoría reconocen al ADN como una molécula microscópica y abstracta, solamente observable mediante el uso de herramientas ópticas como el microscopio, se refleja el olvido del contenido procedimental relacionado al “saber hacer”, muy posiblemente por la poca o nula participación del estudiantado en actividades concretas relativas al trabajo científico. Frente a este panorama, Coll *et al.*, (1992) plantean que es indiscutible que el estudiante aprenda a formular hipótesis, escribir informes, seleccionar, agrupar, distinguir, seccionar laminas preparar reactivos, teñir, utilizar el microscopio, contrarrestar datos, entre otras actividades específicas, sin enfrentarse antes al trabajo práctico o experimental de dichas acciones.

Así pues, se hace necesario implementar experiencias prácticas, que permitan descifrar, explicar y entender estructuras biológicas microscópicas y posibiliten el desarrollo de actitudes positivas. En consecuencia, los laboratorios serían una buena opción, ya que según García (2015), estos permiten favorecer significativamente el aprendizaje, construir saberes y desarrollar destrezas relativas al mundo microscópico y al trabajo científico e investigativo.

Por su parte, los estudiantes que utilizarían el telescopio como instrumento óptico para observar el ADN, reflejan la dificultad en dimensionar aspectos microscópicos y a su vez, el negado acceso a herramientas científicas que han tenido durante su proceso escolar por la escasez de recursos o su imposibilidad de usarlos (Bernal, 2013). Este les impide entonces, conocer el funcionamiento y manejo apropiado de diversos equipos, que en este caso específico estaría relacionado con la diferencia en el alcance óptico y exploratorio que tiene el microscopio frente al telescopio, puesto que como sus respuestas lo evidencian, ellos reconocen la utilidad visual que se le da a ambos, sin embargo, ignoran la magnitud ocular, específica en cada caso.

Con el propósito de contrastar las concepciones de los estudiantes sobre qué métodos usarían para la extracción del ADN, citamos a Alejos *et al.*, (2015), quienes plantean que para la observación del ADN, es necesario implementar técnicas tanto para el tratamiento celular como para el rompimiento de membrana, la extracción del ADN, y posterior observación, los cuales pueden ser mediados por métodos ya sean virtuales, convencionales o artesanales. Entre los primeros, destacamos las ventajas que representan estos para el contexto rural, dada la capacidad para resolver carencias de tipo didáctico, técnico, infraestructural y económico de los planteles educativos que en su mayoría carecen de acercamientos a las herramientas de laboratorio (Córdoba, 2012).

Seguidamente, los laboratorios convencionales, que permiten según Echeverri (2005), manipular de manera directa los materiales y equipos, y adquirir posturas críticas desde lo ético, económico, social y cultural de las temáticas propias de la biología molecular. Finalmente, los laboratorios artesanales cobran especial interés en el campo de la enseñanza de las ciencias, debido al uso pragmático que se le da a materiales hallados al alcance para representar y acercar los procesos que acontecen a nivel microscópico en nuestro caso desde la biología molecular al estudiante.

García (2013), en su estudio sobre las prácticas de laboratorio para la enseñanza de esta temática, resalta la importancia que tienen los trabajos prácticos en la enseñanza de estructuras y procesos microscópicos que se adaptan dentro del campo de la Biología Molecular, puesto que estos, permiten no solo conocer lo abstracto e invisible, sino también su implicación desde una perspectiva multidisciplinar desde lo ético y social.

En efecto, el estudio molecular del ADN desde lo práctico, implica procesos de extracción, purificación y ampliación, en apoyo de diferentes protocolos que contribuyen en la calidad de obtención del material genético, así como en la eficiente eliminación de inhibidores. Dentro de estos procedimientos encontramos los tradicionales y los comerciales, los primeros, de acuerdo con Alejos *et al.*, (2015), utilizan solventes orgánicos para separar y aislar al ADN de sus demás componentes, y representan alto rendimiento bajo un escaso gasto económico. No obstante, fundamentan problemas de contaminación en el material biológico, producto de múltiples fases del proceso. Por el contrario, los segundos que se exponen en el mercado como kits de extracción, emplean moldes inorgánicos los cuales mediante la carga eléctrica permiten la separación u obtención del ADN libre de biomoléculas exógenas (Guinn 1966; Dundass *et al.*, 2008). Así mismo, incluyen soluciones para la ruptura de membrana, extracción de proteínas, unión y precipitación del ADN, garantizando una extracción integra, pura y eficaz; y con relación a los primeros, estos ahorran mucho más tiempo, ya que son menos los pasos en sus procedimientos (Qiagen, 2005; Invitrogen 2005).

Por último, señalamos que las concepciones procedimentales no estuvieron presentes en el momento previo a la intervención, pues ningún estudiante hizo mención en su respuesta sobre algún método específico de su conocimiento para la extracción y observación del ADN, con los recursos de laboratorio disponibles, pese a su gran importancia en las diferentes áreas de las ciencias, donde para realizar investigación y adquirir conocimientos de forma integral se hace necesario el trabajo práctico.

### **Pregunta 3. *¿Qué sabes del ARN?***

Con el objetivo de persuadir las concepciones referentes a la estructura molecular de ARN, como ácido nucleico fundamental para los procesos biológicos que se le atribuyen, mostramos primeramente las subcategorías que tomaron mayor representatividad para esta

cuestión, es decir *Ácido Nucleico* y *Cadena Simple-Base Nitrogenada*, y por último las menos representativas como *transcripción* y *Cadena Simple-Base Nitrogenada-Azúcar-fosfato*. Por consiguiente, indicamos algunas evidencias textuales de cada una de las subcategorías.

### ***Ácido Nucleico***

En esta subcategoría encontramos que de manera mayoritaria 26 estudiantes, (que corresponden al 72,2% de la población total) en sus respuestas plantean que la principal característica del ARN, es que es un *Ácido nucleico*. En este caso, nos llama la atención que los y las estudiantes aquí no han referido a otras características de mayor importancia desde el punto de vista estructural y funcional para los procesos de transferencia de la información genética, expresión de genes, y producción de proteínas. Por lo que podríamos considerarla como una concepción alternativa, ya que los estudiantes solo se enfocan en reconocer que el ARN es un ácido nucleico al igual que el ADN, probablemente porque en grados anteriores, solo han abarcado la temática de ácidos nucleicos dentro de la unidad biomolecular, la cual hace énfasis en que existen dos tipos: ADN y ARN (Buitrago, 2014). Por ejemplo, los siguientes estudiantes plantean que:

**E24.P3.** [Haciendo referencia a la pregunta número 3 ¿Qué sabes del ARN?] “*El ARN es un ácido nucleico igual que el ADN y ayuda a la formación de organismos como los virus.*”

### ***Cadena Sencilla-Base Nitrogenada***

En esta subcategoría encontramos que medianamente 10 estudiantes (correspondientes al 27,7% de la población general) afirman en sus respuestas que las principales características que reconocen del ARN, es que tiene *Cadena Sencilla-Base Nitrogenada*, identificando diferencias estructurales como que es de cadena simple, y presenta bases nitrogenadas específicas como el Uracilo en lugar de la Timina. Es decir, que en este caso, los estudiantes a pesar de que atribuyen características estructurales básicas al ARN, dejan de lado la importancia del azúcar funcional en esta biomolécula, ya que esta, confiere el nombre al ácido nucleico y toma trascendencia e implicación en los procesos genéticos para la transferencia y permanencia de la información genética. A continuación, evidenciamos algunas respuestas de los estudiantes:

**E13.P3.** [Haciendo referencia a la pregunta número 3 ¿Qué sabes del ARN?] “*El ARN tiene una cadena sencilla y tiene algunas bases en común.*”

Es importante mencionar, que existen dos tipos de ácidos nucleicos, el ADN y el ARN, quienes se encargan de almacenar y transmitir la información genética, a través de procesos sistemáticos de duplicación, transcripción y traducción. A pesar de que existen semejanzas estructurales en la unión repetitiva de nucleótidos, y en las unidades que los conforman, las diferencias principales en el ARN radican en su azúcar ribosa, su base nitrogenada Uracilo que sustituye a la Timina del ADN, y en su cadena de estructura simple en dirección 5'→3' con terminal izquierdo (5'-P) y terminal derecho (3'-OH) respectivamente (Moreno, 2014).

En este sentido, los estudiantes lograron establecer semejanzas posicionales a partir de la terminología *ácido nucleico*, la cual fue adoptada por Friedrich Miescher en el año 1869 cuando se creía que la nucleína (actualmente ácidos nucleicos) aislada de los glóbulos blancos se encontraría de forma exclusiva en los núcleos celulares. Esa idea, actualmente se desmiente dada la presencia del ácido ribonucleico en estructuras o zonas diferentes como en el nucléolo, en el citoplasma, en la matriz mitocondrial, en el estroma del cloroplasto y en el ribosoma en forma de ARN mensajero, ARN de transferencia, y ARN ribosomal respectivamente para cumplir las funciones específicas que contribuyen al total funcionamiento celular (Luque y Herráez, 2001).

De esta manera, las concepciones del estudiantado se centraron en el aspecto terminológico de *ácido ribonucleico*, dejando de lado las implicaciones estructurales que denotan el nombre, y su importancia en el desempeño funcional como el transmisor de la información genética, la orientación en la síntesis proteica y demás procesos vitales en los seres vivos. Para Delgado (2014), esta situación devela la complejidad que figura el estudio de las estructuras químicas y las dimensiones atómicas en esta etapa del proceso escolar, y la dificultad en las temáticas que se involucran desde la biología, la química y la matemática. Además, estas al pertenecer al mundo de lo microscópico y molecular no son atractivas ni de fácil comprensión para los estudiantes, razón por la cual muchos profesionales en educación optan por reducir o evadir la enseñanza de estos contenidos (Bernal, 2013).

Ahora bien, al revisar los elementos no abordados por los y las estudiantes, encontramos a los componentes fisicoquímicos de la estructura molecular, los cuales son de gran relevancia, pues determinan el componente ácido, la definición, la flexibilidad y el equilibrio estructural, la capacidad hidrolítica, el potencial de absorción, la interacción molecular; propiedades que en general permiten la disolución, la reactividad y la estabilidad química; y que son importantes que el estudiantado reconozca puesto que con base en ello, podrán establecer el carácter, el comportamiento y la interacción bioquímica de la molécula en procesos o métodos experimentales para el estudio analítico estructural y funcional del material genético en general (Luque y Herráez, 2001).

Por su parte, los estudiantes al manifestar que el ARN es participe en la formación de organismos como los virus, reconocen que, aunque el ADN sea categorizado como el material genético presente en la mayoría de organismos, existen entidades microscópicas como los virus, los cuales pueden usar el ARN para almacenar y transportar su información genética. Tal es el caso del virus Sendai (*Paramyxovirus*), el Virus Polio (*Picornavirus*), el virus de la gripe (*Myxovirus*), y quienes al mismo tiempo consiguen lograr la apariencia del ADN bicatenario como el Revovirus o monocatenario como el Viroide (PSTV). De acuerdo con las ideas de Tortora *et al.*, (2007) y Cárdenas, (2014), esto se da, ya que el genoma en los virus sea ADN o ARN tiene la posibilidad de realizar todas las combinaciones posibles en sus cadenas, desde cadena simple, doble, lineal o circular.

En conclusión, destacamos que algunas concepciones ignoran las características estructurales y sus implicaciones en los procesos determinantes de transcripción y traducción para la expresión genética y transferencia de la información, reconociéndose que ningún estudiante hizo mención de ello, en sus respuestas.

### **Pregunta 3.1 ¿Dónde crees que lo podemos encontrar?**

En el mismo sentido presentamos las concepciones iniciales de los y las estudiantes sobre la ubicación del ARN; surgiendo entre las subcategorías más representativas la de *Virus*, y entre las menos representativas las subcategorías *Sangre*, *Procariota-Eucariota* y *Núcleo-Citoplasma-Ribosoma*-. y del mismo modo notándose gran abstinencia por parte de los estudiantes pues como se indica, tan solo 16 estudiante de los 36 en total, dieron respuesta a este interrogante.

A continuación, mostramos algunas respuestas textuales para cada una de las subcategorías.

### ***Sangre***

Con relación a esta subcategoría, observamos que mayoritariamente 10 estudiantes (correspondiente al 27,7% de la población), declararon que el ARN se encuentra en la *Sangre*, lo que aparentemente sea el producto de relacionar la ubicación del ADN, que para ellos se encuentra en la sangre, y así mismo por el hecho de poseer el material genético y estar implicado en los procesos de transferencia y expresión de caracteres genéticos. Un ejemplo de ello, lo exponemos de manera textual:

**E7.P3.1.** [Haciendo referencia a la pregunta número 3.1 ¿Dónde crees que lo podemos encontrar?] *“Hace parte de nuestra sangre”.*

### ***Virus***

En esta subcategoría encontramos que 4 estudiantes (equivalente al 2,7% de los estudiantes totales) manifiestan que el ARN se encuentra ubicado en los *Virus*. Esto pone de manifiesto la dificultad que se presenta para identificar una ubicación exacta de este ácido nucleico; muy posiblemente esto se deba al cambio de posición constante que el ARN, dependiendo del tipo que sea (ARNm, ARNr, ARNt), efectúa al interior celular para dar cumplimiento a las funciones específicas respectivamente de cada uno. Así, esta capacidad le permite ocupar espacios diferentes de acuerdo a los recorridos que realizan durante los procesos celulares internos. Un ejemplo textual mostramos a continuación:

**E9.P3.1.** [Haciendo referencia a la pregunta número 3.1 ¿Dónde crees que lo podemos encontrar?] *“El ARN es un ácido ribonucleico y lo podemos encontrar en algunos virus.”*

### ***Procariontas-Eucariotas***

En cuanto a esta subcategoría, hallamos que tan solo 2 estudiantes (relativo al 5,5% de la población) expresan que el ARN se encuentra localizado tanto en el citoplasma y como en los cromosomas. Este hallazgo, se puede deber en gran medida a la identificación de células procariontas y eucariotas. A continuación, se presentan algunas evidencias textuales recopiladas en las respuestas de los estudiantes:

**E18.P3.1.** [Haciendo referencia a la pregunta número 3.1 ¿Dónde crees que lo podemos encontrar?] “*Se encuentran en el citoplasma.*”

**E23.P3.1.** [Haciendo referencia a la pregunta número 3.1 ¿Dónde crees que lo podemos encontrar?] “El ARN lo podemos encontrar en un cromosoma.”

Desde los fundamentos teóricos de la Biología Molecular, el ARN es el ácido ribonucleico, el cual se encuentra en todo tipo de células tanto procariotas como eucariotas y dependiendo las funciones que tengan en la transmisión y expresión genética, se determina su localización al interior celular. En el caso de las células procariotas, el ARN se encuentra en el citosol, y en el caso de células eucariotas en el núcleo celular de forma temporal como ARN nuclear heterogéneo (RNAnh), nuclear pequeño (ARNns); en el citoplasma en forma de ARNm (mensajero) y citoplasmático pequeño (ARNcs); en orgánulos como en la estructura ribosomal en forma de ARNr (ribosómico) y ARNt (transferencia), en la matriz mitocondrial y en el estroma de los cloroplastos. Así mismo los virus quienes lo poseen, lo alojan al interior de la cápside; todos ellos según Luque y Herráez (2001), responsables de la transmisión de la información genética desde el ADN hasta los productos génicos para la formación de proteínas y expresión genética.

Nos llama la atención que los estudiantes relacionen la ubicación del ARN con fluidos como la sangre, o con otras estructuras como el cromosoma, por el hecho de ser un ácido nucleico asociado al ADN y responsable del almacenamiento y transferencia de la información genética. Esta idea, según Wood y Colaboradores (1998), se presenta por la relación experimental dada a las pruebas de paternidad o estudios forenses en los diferentes medios de comunicación, como por ejemplo series de investigación policial, en donde comúnmente los expertos utilizan la sangre y establecen relación directa entre esta y el material genético, para dar con la identificación del personal en estudio.

En efecto, las diferencias funcionales entre el ADN quien es el portador y emisor de la información genética; y el ARN quien transfiere esos datos provenientes del ADN hasta codificar productos génicos, son decisivas para la determinación ubicacional de los ARNs al interior celular, quienes por ser ácidos nucleicos con el ADN comparten similitudes en

sus estructuras y responsabilidades las cuales podrían causar confusión en los estudiantes (Delgado, 2014).

De forma semejante, el hecho de que para los estudiantes, el ARN se encuentre ubicado en los virus, puede ser el resultado de las temáticas abarcadas en grado séptimo en donde se establece la relación de los virus con los agentes patógenos, los cuales pueden tener como material genético, ADN o ARN y este ser el responsable de todos los procesos celulares en estos microorganismos. Mientras que la idea de que el ARN este en el citoplasma, pone de manifiesto el reconocimiento funcional del ácido ribonucleico, el cual cumple un papel esencial, al transportar la información tanto en células procariotas como eucariotas a través de su paso por el citoplasma hacia las estructuras ribosomales, lugar en donde se dará la codificación y expresión génica (Suarez, 2012).

En consecuencia, se muestran concepciones poco fundamentadas y estructuradas, que se pueden considerar como alejadas en términos de veracidad al conocimiento científico, ya que se deja de lado, el análisis que implica la participación de este en los diferentes procesos que le permite cambiar su ubicación, en este caso, después de la transcripción salir del núcleo y trasladarse hacia el ribosoma a realizar el proceso de síntesis proteica. Al mismo tiempo, no se tiene en cuenta, ni los diferentes tipos de ARN (ARNm, ARNt y ARNr), que hacen que este se encuentre ubicado en distintas estructuras, como el núcleo, el citoplasma, y el ribosoma para la transferencia y expresión de la información contenida en el ADN (Curtis y Schnek, 2008). De igual manera, en las respuestas del estudiantado se desconocen los distintos tipos de células, las cuales contienen ARNs para el caso de células animales y vegetales, en estructuras como las mitocondrias y cloroplastos y células procariotas como las bacterias en regiones celulares como el citosol.

Finalmente, destacamos que la concepción del ARN ubicado en estructuras o zonas como el *Núcleo-Citoplasma-Ribosoma*, fue ausente en el cuestionario inicial. Lo que nos permite apreciar, que los y las estudiantes, no comprenden el valor biológico del dogma central para la transmisión de los caracteres hereditarios, el mejoramiento genético o aprovechamiento de recursos biológicos que conlleven al desarrollo y a la optimización ambiental, medicinal e industrial que sustenten la calidad de vida y concedan el bienestar humano y social (Celis, 2013).

### **Pregunta 3.2 *¿Qué relación tiene el ARN con el ADN?***

En esta pregunta, planteada con el propósito de identificar la capacidad de los estudiantes para establecer la relación que existe entre el ARN y el ADN con base a su estructura, función, correlación e intervención en procesos para la expresión y transmisión de la información genética, mostramos algunas evidencias textuales de cada una de las subcategorías que ponen de manifiesto que la subcategoría más representativa es *Estructura*, mientras que la menos representativa es el proceso de *Traducción*.

#### ***Estructura***

En esta subcategoría encontramos que 29 estudiantes (correspondiente al 80,5 % de la población total) plantean que la relación que existe entre estos dos ácidos nucleicos, tiene que ver con la similitud que se halla entre sus estructuras, las cuales se asemejan por la presencia de moléculas tales como un azúcar, bases nitrogenadas, grupos fosfatos. A continuación, mostramos el planteamiento de un estudiante:

**E28.P3.2.** [Haciendo referencia a la pregunta número 3.2 *¿Qué relación tiene el ARN con el ADN?*] “*La relación con el ADN, es que son material genético.*”

#### ***Transcripción-Traducción***

Con respecto a esta subcategoría, encontramos que tan solo 1 estudiante (equivalente al 2,7% del estudiantado) deduce que la relación que hay entre estos dos tiene que ver con el trabajo complementario que realizan conjuntamente para el transporte de la información genética hacia las diferentes estructuras celulares, tal como mostramos a continuación en la respuesta textual del estudiante.

**E18.P3.2.** [Haciendo referencia a la pregunta número 3.2 *¿Qué relación tiene el ARN con el ADN?*] “*Su función es permitir copiar la información contenida en el ADN y transportarla a las estructuras celulares.*”.

Teniendo en cuenta las anteriores subcategorías, destacamos que las ideas de correlación entre el ADN y el ARN que los estudiantes establecen, se centran especialmente en las similitudes que presentan a nivel estructural y molecular los dos

ácidos nucleicos. Los cuales simultáneamente portan el material genético e intervienen en los procesos de transmisión de la información génica, y a su vez conservan semejanzas en su estructura principal basada en la presencia de moléculas como los grupos fosfatos, azúcares y bases nitrogenadas. Según Moreno (2014), en el ARN es la azúcar ribosa, y la base nitrogenada y Uracilo (U) la principal diferencia con relación al ADN. Así mismo, podemos mencionar que aunque algunos estudiantes se acerquen a la idea estructural que los relaciona, dejan en el olvido la dependencia funcional, la cual se fundamenta en la participación de estos dos ácidos nucleicos en los procesos de transcripción y traducción conocidos según González (2014), como la codificación de proteínas.

De acuerdo a lo anterior, la relación establecida desde los procesos de transcripción y traducción, son fundamentales para la transmisión de la información y expresión génica, y debe dar inicio mediante el proceso de replicación del ADN, a través de la ruptura de los puentes de hidrogeno por acción de la helicasa, la reducción en la tensión, separación y formación de las horquillas de replicación en las hebras por la topoisomerasa, el enlazamiento de los nucleótidos nuevos y complementarios a la cadena de origen a través de la DNA polimerasa en apoyo de cebadores y el ligamiento a través de la cadena en crecimiento por la DNA ligasa (Delgado, 2014).

Seguidamente, el proceso de transcripción que inicia por la acción de la ARN polimerasa, permite la transferencia de la información duplicada y contenida en el ADN a través de nucleótidos copiados por el ayuntamiento entre bases al ARN mensajero, el cual, mediante un proceso de maduración, es liberado como ARN mensajero maduro hacia el ribosoma (Curtis Y Schnek, 2008). Finalmente el proceso de traducción, inicia con el ensamble de los ribosomas y con la formación del complejo de iniciación, (conjunto del ribosoma, el ARNm y el codón de iniciación AUG) y posteriormente la lectura e interpretación del ARNm para la producción de aminoácidos a través del sistema codón-anticodón y en conclusión la salida de proteínas estructuradas, proceso que en términos generales y según Luque y Herráez (2001), consiste en crear una copia de ARN a partir del ADN, para llevar el mensaje contenido en el núcleo hacia el ribosoma, en el que interaccionará con el ARNt y el ARNr para la expresión génica.

Como podemos analizar, estas temáticas son de compleja comprensión, debido a la asistencia molecular dinámica y dimensional que se requieren en los procesos, los cuales

desde muchos centros educativos son abarcados mediante simples charlas como un sistema discontinuo de datos independientes y relacionados principalmente con procesos de reproducción y leyes mendelianas para la transferencia de caracteres hereditarios de padres a hijos. Así pues, esta situación limita desde otros ámbitos la interpretación del dogma central de la biología, en particular de aquellas proteínas generadas para el funcionamiento celular, la constitución corporal y la actividad integral de los organismos. Para Moreno (2014), esta dificultad debe solucionarse a través de la construcción experimental y el aprovechamiento metodológico y procedimental que permitan establecer las conexiones secuenciales de los procesos, y en conclusión transformar y construir los conceptos de la herencia biológica.

En este orden de ideas, González (2014) señala la importancia de entender e interpretación los procesos del dogma central de la Biología Molecular por parte del estudiantado al momento de asociarlos con la genética en los organismos vivos. Puesto que son el fundamento para entender la transmisión de los caracteres hereditarios en las especies de una generación a otra, temáticas a las que en muchas ocasiones se resume el estudio de la biología molecular. Por tal razón, su desconocimiento pone de manifiesto la dificultad que existe en los procesos de enseñanza, principalmente en la manera en que las temáticas o se omiten o abordan de forma superficial, ya sea por desconocimiento, inexperiencia en el manejo del saber, carencia de recursos, espacios e infraestructura necesaria.

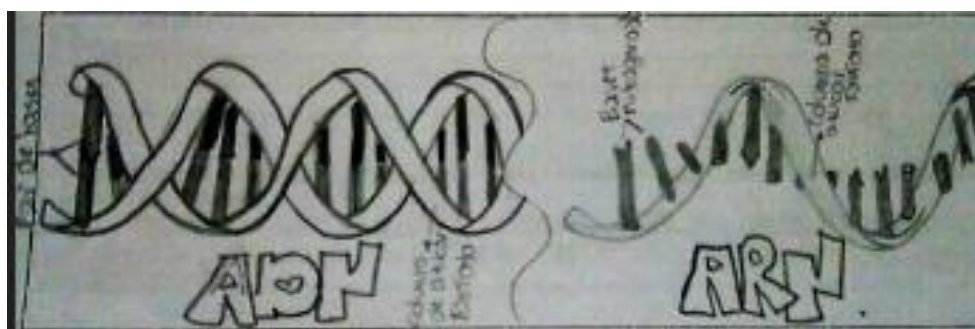
Por último, mencionamos que la relación a nivel funcional entre el ARN y el ADN mediante los procesos de *Transcripción-traducción* ha estado ausente al inicio de la investigación en las respuestas del estudiantado. Esta situación representa la dificultad frente al aprendizaje de los procesos biológicos, dinámicos, consecutivos y dependientes entre sí, peculiaridades propias para el desarrollo secuencial, la preservación de los caracteres hereditarios dentro de las especies y la actividad génica para convertir el ADN a términos proteicos.

***Pregunta 4. Determina las diferencias entre el ADN y ARN a través de un dibujo***

Con el fin de evaluar las concepciones previas que tienen los estudiantes frente a las diferencias que existen a nivel estructural y molecular entre los dos tipos de ácidos

nucleicos, ADN y ARN, planteamos este interrogante, en donde las respuestas evidencian confusión frente al reconocimiento de las bases nitrogenadas, el tipo de azúcar, y la totalidad en las cadenas que los conforman, como detalles propios que caracterizan a cada uno de ellos, de acuerdo con Garrido *et al* (2006), para el caso del ADN, cadena doble, azúcar desoxirribosa, y bases nitrogenadas como adenina, guanina, citosina y timina; y Cadena sencilla, azúcar ribosa y bases nitrogenadas como adenina, guanina, citosina y uracilo para el caso del ARN.

Inicialmente, encontramos que los estudiantes se centran en nombrar y señalar de manera general las partes en cada uno de los ácidos nucleicos con nominaciones como “*par de bases*”, “*base nitrogenada*”, “*esqueleto azúcar y fosfato*”, sin establecer las diferencias explícitas que, dentro de estas fracciones, lo determinan (Figura 9). Como se conoce, tanto el ADN como el ARN poseen similitudes estructurales, que son los nucleótidos, unidades elementales en cada ácido nucleico, formadas por la unión entre un grupo fosfato, una azúcar, y una base nitrogenada, seguida de la unión mediante enlaces fosfodiéster de unos con otros nucleótidos adyacentes (ArgenBio, 2013). La diferencia radica en que para el ADN son dos cadenas de nucleótidos unidos de modo vertical con otros del mismo tipo y del horizontal mediante puentes de hidrógenos y complementariedad de bases nitrogenadas, con su cadena complementaria.

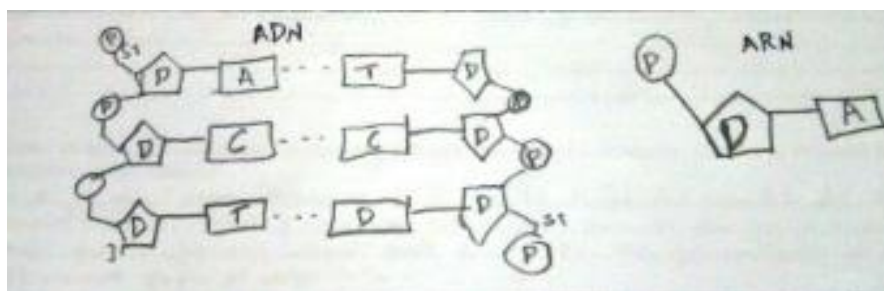


**Figura 9.** Representación gráfica del ADN y ARN realizada por E18, en donde se enmarcan las diferencias estructurales, fundamentadas en aspectos y nominaciones generales.

Cabe resaltar que el tipo de estructura planteada por este y otros estudiantes, pertenece a un nivel estructural secundario, el cual se caracteriza por presentar cadenas

generalmente de forma larga, constante y macromolecular (esqueleto lineal), con polinucleótidos conformados por unidades de fosfato y pentosa de donde resaltan lateralmente las bases específicas, en algunas ocasiones con letra inicial y en mayúscula, que se unen al azúcar respectivo de forma representativa (Garrido *et al.*, 2006).

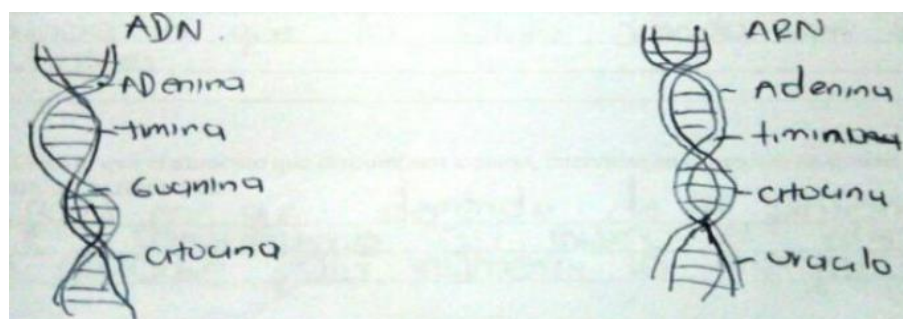
Otros estudiantes, por el contrario, lograron identificar algunas características que los diferencia, como el hecho de la doble hélice y las bases nitrogenadas A, G, C, y T para el ADN; la hebra sencilla para el ARN, y así mismo la organización y distribución de cada uno de los constituyentes, los nucleótidos (grupos fosfato, azúcar y base nitrogenada). En este caso, se refleja un análisis más organizado, y espacial de las moléculas, con la disposición respectiva de los nucleótidos, “*que para el ADN se representa en la asociación de las dobles cadenas a través de las bases nitrogenadas que sobresalen del esqueleto azúcar- fosfato, y para el ARN en las uniones de los ribonucleótidos, y la organización molecular de sus componentes*” (Luque y Herráez, 2001), que dan forma de hebra simple, dispuesta a complementar información.



**Figura 10.** Representación gráfica frente a las diferencias estructurales entre el ADN y ARN realizada por E9.

No obstante, al estudiantado se le dificulta establecer las uniones específicas entre las bases nitrogenadas para el caso del ADN, las cuales son posibles gracias a la disposición molecular y espacial que permite la formación de los puentes de hidrógeno y la estabilidad de la molécula. Así mismo, la denominación que le otorgan al azúcar del ARN, desoxirribosa, la cual por el contrario pertenece al ADN, y aunque sean de tipo pentosa igual que la ribosa (cinco átomos de carbono), se diferencian por presencia del grupo hidrógeno (-H) y del grupo hidroxilo (-OH) respectivamente en el carbono 2 (Pierce, 2009).

Por otra parte, dificultades relacionadas con el número de hebras, predominan en las concepciones de los estudiantes. Puesto que, en la mayoría de los trazos, se bosquejan tanto para el ADN como para el ARN dobles hélices, situación que representa la complejidad que tiene el estudio molecular, atómico, espacial y dimensional de estructuras químicas, y que posteriormente influyen en el aprendizaje de los procesos celulares dinámicos, consecutivos y correlacionales en los que son participes. Igualmente, problemas relacionados con la presencia de las bases nitrogenadas que para el caso del ARN, sustituye con el uracilo a la Timina, pero por el desconocimiento molecular, el estudiante la reemplaza por guanina. Tal como se muestra en la Figura 11.

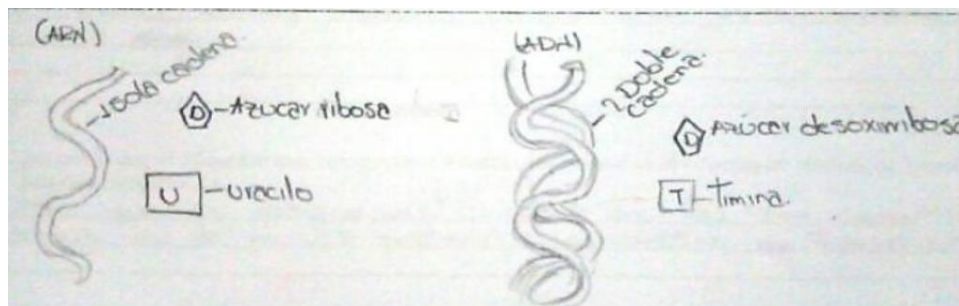


**Figura 11.** Representación gráfica frente a las diferencias estructurales entre el ADN y ARN realizada por E30.

De ahí, la importancia en conocer las uniones moleculares de cada estructura, pues estas les permitirán comprender y relacionar en cada detalle su participación, es decir la función celular específica de cada uno en los procesos genéticos para la herencia biológica. En este sentido, la intervención de cada una de las estructuras en los diferentes mecanismos de transmisión genética, les permitirá determinar el porqué de la estructura. En el ADN, la organización y distribución molecular especial para el almacenamiento de la información genética (a través de genes) y en el ARN principal configuración para el transporte, expresión y formación de estructuras proteicas (Solomon *et al.*, 2008).

Finalmente, una minoría de los estudiantes logran identificar mediante la representación gráfica a nivel primario, todas las diferencias estructurales que comprende cada ácido nucleico, en donde para el ARN, la cadena de nucleótidos es sencilla, la azúcar es ribosa y la base nitrogenada diferente, es uracilo en lugar de timina; y para el ADN, la cadena de nucleótido es doble, la azúcar es la desoxirribosa y la base nitrogenada es Timina

en lugar de uracilo (Figura 12). De acuerdo con Berretti (2017), estas características se deben al hecho, del que el ARN es sintetizado o transcrito a partir del ADN, lo cual hace desde el punto de vista químico y estructural que estas dos moléculas sean similares.



**Figura 12.** Representación gráfica frente a las diferencias estructurales entre el ADN y ARN realizada por E16.

Por consiguiente, el ARN no es más que el producto de la transcripción de una de las hebras del ADN, en el que la información genética viene copiada para formar proteínas y otras moléculas que llevarán a cabo diferentes funciones biológicas (Davidson y Adams, 1980). Mientras que, por su parte, el ADN sin salir del núcleo adquiere estabilidad e inmutabilidad, es decir, sin alteración alguna posterior al proceso.

**Pregunta 5. ¿Qué nombre recibe la estructura que se muestra en la imagen?**

A continuación, presentamos las concepciones iniciales de los estudiantes en respuesta a esta cuestión, donde podemos deducir que la subcategoría más distintiva es *Cromosoma*, mientras que la menos representativa es *Cromátida*.

Seguidamente mostramos algunas evidencias textuales suministradas por los y las estudiantes con relación a cada una de las subcategorías.

***Cromosoma***

En esta subcategoría hallamos que 33 estudiantes (relativo al 91,6% de la población total) lograron identificar la estructura mostrada en la imagen como cromosoma, por la forma de su estructura con características principales como el centrómero, constituido por una región condensada mayoritariamente en el centro; las cromátidas constituidas por ADN y proteínas y los telómeros o brazos del cromosoma (largos y cortos), las cuales son

regiones no codificantes, por consiguiente no se transcriben y producen la pérdida de información genética tanto útil como disipada. A continuación, enseñamos la idea de dos estudiantes:

**E6.P5.** [Haciendo referencia a la pregunta número 5 ¿Qué nombre recibe la estructura que se muestra en la imagen?] *“Es un cromosoma tiene telómeros, centrómero, brazos. Los telómeros son las puntas, el centrómero es el centro y los brazos son los cositos largos.”*

### ***Cromátida***

En esta subcategoría, encontramos que solamente 3 estudiantes (respectivo al 8,3% de la población total) reconocen que la estructura allí expuesta se conoce con el nombre de *Cromátida*, por la molécula de ADN condensada en su interior, la cual es análoga a su cromátida hermana. Por ejemplo, el estudiante E19 enuncia que:

**E19.P5.** [Haciendo referencia a la pregunta número 5 ¿Qué nombre recibe la estructura que se muestra en la imagen?] *“Se llama Cromátida”*

Con relación a las subcategorías anteriormente mencionadas, la mayoría de estudiantes concuerdan en sus respuestas al afirmar que la estructura allí proyectada es un cromosoma. El cual, por sus características moleculares y morfológicas específicas, es quien contiene la información genética en células eucariotas. En efecto, el cromosoma eucariótico no es más que el material genético asociado a estructuras proteicas histonas y no histonas, que en disposición repetitiva confieren la capacidad del súper enrollamiento y empaquetamiento al interior celular, y en apariencia de bastoncillos cruzados, integran estructuras cromosómicas como los brazos (corto y largo), el centrómero y cinetocoro, los telómeros, la constricción secundaria, y el satélite (Pierce, 2009).

Desde esta perspectiva, se evidencia cómo las concepciones del estudiantado frente al reconocimiento estructural del cromosoma se enfatizan en los caracteres meramente anatómicos, los cuales, por diversidad citológica y especificidad estructural, no se puede aplicar en términos generales a todos los organismos, puesto que la anatomía de cromosomas eucariotas y procarionotas varían en forma, distribución, ubicación y cantidad (Luque y Herráez, 2001).

En contraste, los cromosomas procariotas, igualmente conformados por largas moléculas enrolladas de ADN se disponen de forma circular, cerrada y tensa, que en sentido contrario a los cromosomas eucariotas, carecen de proteínas histonas y en efecto se asocian a complejos proteicos, los cuales contribuyen a la conservación del estado compacto del cromosoma (Pierce, 2009), por lo cual podemos concluir, que los cromosomas sean procariotas o eucariotas, son estructuras compuestas por ADN compacto, el cual varía considerablemente en la forma y disposición de acuerdo a las especies, y a la fase que atraviesen durante las etapas del ciclo celular y los procesos genéticos de duplicación, transcripción o traducción, así pues, el empaquetamiento del material genético como resultado de los periodos de plegamiento (cromatina) y condensación (cromosoma), se da para facilitar la codificación, el procesamiento y transferencia de la información genética.

Por el contrario, quienes afirmaron que los corpúsculos filamentosos allí expuestos son cromátidas, poseen dificultad para identificar la configuración estructural del cromosoma eucariótico, y a su vez en dimensionar las unidades longitudinales en su estado ya duplicado, quien concede y permite comprender la morfología característica del cromosoma. Esta situación, puede estar causada principalmente por la desinformación dada a través de los medios de información, las creencias religiosas que generan confusión entre lo científico y lo dogmático por la magnitud que representan las ideas biológicas (Moreno, 2014). Así mismo, se evidencia la incidencia del estudio desarticulado de estructuras y procesos genéticos al interior del aula, lo cual impide un acercamiento directo al mundo microscópico, la identificación y diferenciación organizacional de las estructuras y moléculas participantes para la transmisión de información y en consecuencia, la comprensión de los procesos biológicos y genéticos que se dan al interior celular (Ayuso y Banet, 2002).

Todas estas circunstancias en apoyo de la complejidad, la naturaleza y las características de los contenidos, conceptos y métodos de enseñanza, generan en el estudiantado dificultad en el establecimiento de relaciones estructurales y funcionales, errores conceptuales, que posteriormente se verá reflejados como déficit en los prerrequisitos conceptuales para la asimilación de procesos genéticos más avanzados y dificultades procedimentales en el manejo de técnicas para el análisis biológico y molecular. Esto debido, principalmente por la escasa experiencia práctica que se llevan en

las instituciones, causada por la insuficiencia en presupuesto, infraestructura, materiales, equipos y tiempo requeridos para estas prácticas, que limitan el llevar a cabo de manera real e inmediata los procesos propios del dogma central de la Biología Molecular (Iñiguez, 2005).

De acuerdo con varios autores como Moreno (2014), las estrategias relacionadas al aprendizaje de estructuras, moléculas y procesos biológicos, se fundamentan en la vivencia experimental, la observación directa del mundo natural y el contacto continuo con el ambiente vivo y real que perciba el estudiante. Es por ello, que resulta fundamental no solo brindar las condiciones y posibilitar los espacios, sino implementar al proceso de enseñanza del estudiantado el desarrollo empírico que permita un acercamiento al mundo microscópico, el reconocimiento de componentes moleculares y celulares, el desarrollo de habilidades procedimentales, actitudes positivas hacia el aprendizaje de las ciencias naturales y en consecuencia la generación de conocimientos científicos (Del Carmen, 2000).

**Pregunta 5.1 *¿De qué crees que está constituida la estructura que se muestra en la imagen?***

En este orden de ideas, presentamos las concepciones iniciales de los estudiantes sobre la composición del cromosoma, en donde la subcategoría más destacada es *ADN* y la de menor incidencia es *ADN-ARN*.

En efecto, mostramos algunas afirmaciones de los estudiantes sobre cada una de las subcategorías.

***ADN***

En esta subcategoría encontramos que 18 estudiantes (relativos al 50% de la población total) afirman que el cromosoma está constituido principalmente por *ADN* en su interior. Así pues, descartan posibles componentes distintos, que les confieran características de estabilidad y rigidez estructural. A continuación, algunos estudiantes lo afirmaron en sus respuestas:

**E5.P5.1.** [Haciendo referencia a la pregunta número 5.1 ¿De qué crees que está constituida la estructura que se muestra en la imagen?] “*Pues está constituido por células y nucleótidos, para ayudar a formar el ADN.*”

### ***ADN-ARN***

Con relación a esta subcategoría, encontramos que 8 estudiantes (perteneciente al 22,2%) expresan que los cromosomas lo componen conjuntamente los dos tipos de ácidos nucleicos, tanto ADN como ARN, asociados entre sí, para dar estructura y funcionalidad al cromosoma. A continuación, dos estudiantes mencionan lo siguiente:

**E1.P5.1.** [Haciendo referencia a la pregunta número 5.1 ¿De qué crees que está constituida la estructura que se muestra en la imagen?] “*Creo que está constituida por el ADN y el ARN.*”

Con base a estos resultados, hemos visto que las ideas de los y las estudiantes apuntan a que el cromosoma por ser la estructura que interviene en los procesos de división celular, mitosis y meiosis, y por ser el responsable de contener y transmitir la información genética, contiene en su interior al material genético. Es decir, para el estudiantado el ADN de manera exclusiva o en asociación con el ARN, es producto de las funciones genéticas que tiene a cargo y su participación en los procesos de transmisión de los caracteres hereditarios durante la reproducción celular.

En el caso de la subcategoría *ADN*, los estudiantes reconocen que el principal constituyente cromosómico es el ADN, no obstante, se refleja confusión frente a términos como células y moléculas. Esta postura, es causada principalmente según Briceño (2014), por el equivalente y ambiguo uso que se le dan a nivel organizacional, estructural y funcional en los diferentes contextos biológicos, y a su vez por el desconocimiento dimensional, que conlleva el estudio de temáticas abstractas e imperceptibles. Estas dificultades, limitan el comprender y dimensionar los niveles de organización estructural y molecular, aspectos fundamentales al momento de construir conocimientos y relacionarlos con conceptos, procesos y estructuras que permitan desde una perspectiva, estudiar el fenómeno biológico.

Ahora bien, Según Sánchez (2012), los cromosomas están compuestos principalmente por ADN en un 60%, seguido de proteínas en un 35% y ARN en un 5%, fracciones que mayoritariamente son ignoradas por los y las estudiantes, debido a la escasa

participación de estos componentes en el almacenamiento de la información genética, y en la definición de los caracteres hereditarios de un ser vivo, características acreditadas en mayor proporción al ADN (Pierce, 2009).

Es importante entonces, profundizar en la diferenciación entre cromatina y cromosoma, que en muchas ocasiones es objeto de confusión, y la cual depende del estado de condensación en que se encuentre el ADN durante las etapas del ciclo celular. En este orden de ideas, se hace necesaria la implementación de estrategias didácticas que permitan acercar al estudiantes al conocimiento molecular de estructuras biológicamente abstractas e imperceptibles, contrastar la ubicación ordenada de cada una de ellas, dimensionar los aspectos macroscópicos y microscópicos, relacionar la composición estructural con el carácter funcional, desarrollar competencias y habilidades de tipo científica, actitudes positivas y motivacionales hacia las ciencias y su aprendizaje, y en sí un desarrollo integro individual y socialmente capaz de enfrentar, superar y solucionar cualquier situación que desde su cotidianidad se vea inmerso.

### **Pregunta 5.2 *¿En qué parte de la célula se encuentran localizados?***

Para tratar este aspecto, presentamos las ideas previas de los estudiantes frente a la pregunta sobre donde podrán estar localizados los cromosomas. En esta, podemos identificar que la subcategoría más representativa es *Interior celular*, mientras que las de menor representatividad son *Núcleo* y *Citoplasma* y *Glóbulos blancos*.

A continuación, exponemos algunas afirmaciones de los estudiantes frente a cada subcategoría

#### ***Interior Celular***

Con relación a esta subcategoría determinamos que 25 estudiantes (69.4% de la población general), consideran que los cromosomas se encuentran localizados al interior celular, siendo posible encontrarlos en cualquier parte de esta, ya que no se especifica algún organelo o estructura en especial, así lo mencionan los siguientes estudiantes:

**E19.P5.2.** [Haciendo referencia a la pregunta número 5.2 *¿En qué parte de la célula se encuentran localizados?*] “*En las células Eucariotas.*”

### ***Núcleo y Nucleoide***

Con respecto a esta subcategoría, encontramos que 5 estudiantes (13,8%) mencionan que los cromosomas se encuentran localizados en el núcleo celular en el caso de células eucariotas o en el nucleoide con relación a células procariotas, de tal forma lo expresan los siguientes estudiantes:

**E2.P5.2.** [Haciendo referencia a la pregunta número 5.2 ¿En qué parte de la célula se encuentran localizados?] “*En el núcleo de la célula.*”

### ***Sangre***

En cuanto a esta subcategoría, definimos que 3 estudiantes (8,3% del estudiantado), precisan que los cromosomas se encuentran localizados en la sangre, probablemente por la relación que existe entre el ADN y el cromosoma. A continuación, mostramos de manera textual algunas evidencias:

**E21.P5.2.** [Haciendo referencia a la pregunta número 5.2 ¿En qué parte de la célula se encuentran localizados?] “*En la sangre.*”

Con lo anterior, podemos inferir que, aunque existe alguna claridad relativa a la ubicación del cromosoma en el sistema biológico, hay ciertas inconsistencias frente a la organización y distribución de estas estructuras al interior celular. Esto debido principalmente, por la dificultad que radica el estudio estructural de la célula, el cual en la mayoría de oportunidades es trabajado en los centros educativos de manera descontextualizada, desde una perspectiva meramente teórica y excluida del ámbito pedagógico (Moreno, 2014).

Pese a que los estudiantes reconozcan la composición de los cromosomas no logran asociarla con el fundamento biológico para el almacenamiento, transmisión y expresión de la información genética, o los caracteres hereditarios de los individuos. Esta dificultad, es reconocida por Iñiguez y Puigserver (2013), como la desarticulación estructural y funcional del cromosoma en que las ideas previas de los estudiantes recaen, por ejemplo, en la relación de estas estructuras con procesos como síntesis de proteínas y expresión genética, las cuales no se tienen en cuenta.

Por su parte, los estudiantes que reconocen la ubicación de los cromosomas, la relacionan principalmente con la participación que tienen estas estructuras en los procesos de división celular, como mitosis y meiosis. Esta relación, es enseñada e infundida de forma reiterativa mediante estrategias convencionales que impiden en los estudiantes conocer el valor fundamental de la estructura en los procesos celulares y la importancia que acarrea su estratégica distribución para los procesos de duplicación celular, transferencia de los caracteres hereditarios, síntesis proteica y en consecuencia el óptimo desarrollo celular.

Así pues, las ideas sobre el cromosoma que denotaron los estudiantes pese a conocer ciertas características, se trabaja de manera desarticulada, y en efecto, es lo que limita la creación y articulación de los conocimientos estructurales y procedimentales que de manera cooperativa se llevan a cabo al interior celular, para la obtención de enzimas, hormonas, anticuerpos, proteínas contráctiles, estructurales, y de transporte que en asociación buscan catalizar reacciones bioquímicas del organismo, transmitir señales en los procesos de metabolización, destruir microorganismos que afecten la salud; proporcionar apoyo y sostén al cuerpo, transportar iones o transportar moléculas dentro de los tejidos durante los procesos celulares (Pierce, 2009).

Ahora bien, desde el ámbito conceptual, los cromosomas son estructuras constituidas principalmente por ADN y proteínas histonas, que se forman seguido al proceso de duplicación a través de mecanismos de condensación y empaquetamiento de hebras, lo que en apariencia comúnmente conocemos como las cromátidas hermanas con moléculas idénticas de ADN que se separan durante los procesos de división celular (Campbell y Reece, 2007). El hecho de desconocer la composición fundamental de los cromosomas y las transformaciones estructurales que estos han de sufrir para la duplicación, transcripción, traducción y división celular, generan confusión de estas estructuras con distintos organelos celulares presentes en otras regiones, dificultad para comprender la ubicación, organización, y distribución de estos al interior celular durante las diferentes etapas del ciclo celular, y problema para interpretar los mecanismos de transmisión genética en los seres vivos. Este hallazgo, ha sido reiterativo en otros estudios como el de Narváez (2014), en donde la mayoría de los jóvenes, pese a que reconocían el modelo del cromosoma, se les dificultaba entender como es el proceso en el que la molécula de ADN se condensa y empaqueta de tal manera que se logren formar los cromosomas.

Frente a esto, Banet y Ayuso (1995) señalan que, para iniciar con el estudio de estructuras celulares, como los cromosomas, se debe tener en cuenta inicialmente, que los y las estudiantes sepan identificar cuáles son los organismos vivos, logren justificar esa definición y adquieran el conocimiento de la estructura básica de la vida que así lo determina, la organización y distribución de sus constituyentes; y finalmente los tipos y clases de células existentes.

De acuerdo con lo anterior, estos conocimientos le permitirán al estudiantado, estudiar la estructura celular y la ubicación de sus componentes y establecer las relaciones y/o dependencias entre organismos vivos, células, información hereditaria, cromosomas y genes. Con esto, se espera que todo estudiante logre comprender los mecanismos de transmisión de la información genética para el crecimiento de órganos, la reparación de tejidos y el funcionamiento celular en sí, así como, los caracteres físicos heredados mediante las células sexuales de padres a hijos. Este último elemento, se puede considerar como la idea predominante en la que muchos docentes y estudiantes encasillan la ubicación de los cromosomas y reducen los procesos del dogma central de la biología, puesto que asocian la herencia con características directamente observables dada la percepción y definición que denota el análisis macroscópico de dichos rasgos (Caballero, 2008), llegando a pensar que los genes y los mecanismos de la herencia tienen escasa relación con los aspectos funcionales de un ser vivo (Figini, 2005).

Finalmente, los estudiantes que atribuyeron a las células de la sangre la responsabilidad de llevar los cromosomas dentro de sí, reflejan de acuerdo con Banet y Ayuso (1995), la relación que se establece entre la sangre, la determinación y herencia de los grupos sanguíneos. De acuerdo con Rodríguez (2005; 2008), esto puede ser producto de los saberes populares y de las constantes ejemplificaciones dadas a partir de esta temática para explicar la genética humana, panorama evidenciado en la investigación de Caballero (2008), en donde las ideas del estudiantado, mayormente (47,68%) relacionaban la posición del material genético con afirmaciones como *“la herencia se transmite por la sangre porque algunos aspectos (por ejemplo el grupo sanguíneo) se transmite por la sangre”*. Este tipo de concepciones alternativas, pueden generar en aprendizajes futuros, dificultadas para comprender los mecanismos biológicos de transmisión genética, y resolver problemas y ejercicios prácticos relacionados con aquellos organismos vivos como las plantas, cuyo

sistema circulatorio no poseen un tejido sanguíneo con apariencia y propiedades como las del ser humano.

***Pregunta 5.3 ¿A qué se debe su estructura?***

Cuando indagamos a los y las estudiantes sobre por qué el cromosoma adquiere unas características estructurales determinadas, encontramos que la subcategoría más relevante, es *ADN* seguida de *Telómeros, Cromátidas-Centrómeros-Brazos* y *Transmite información genética*, mientras que la menos relevante es *enrollamiento del ADN por proteínas*.

A continuación, mostramos las afirmaciones que algunos estudiantes realizaron frente a esta pregunta.

***ADN***

Con relación a esta subcategoría, encontramos que 8 estudiantes (que corresponden al 22.2% de la población total) establecen con que la estructura del cromosoma, se debe a que en su interior se almacena al ADN. A continuación, mostramos una evidencia textual:

**E1.P5.3.** [Haciendo referencia a la pregunta número 5.3 *¿A qué se debe su estructura?*] “*Su estructura se debe al ADN.*”

***Telómeros-cromátidas-centrómeros-brazos***

En esta subcategoría encontramos que 6 estudiantes (16.6% de la población total), plantean que la estructura del cromosoma es causada por presencia de elementos como los *telómeros-cromátidas-centrómeros-brazos*. Ejemplo de lo anterior, mostramos la idea de un estudiante:

**E27.P5.3.** [Haciendo referencia a la pregunta número 5.3 *¿A qué se debe su estructura?*] “*Están estructurados de la siguiente forma: cromátida, telómeros, centrómero y brazos*”

***Transmite información genética***

Respecto a esta subcategoría, encontramos que 3 estudiantes (8.3% de la población total) expresan que el proceso de transmisión de información genética que realizan los cromosomas, es la causa, por la que estas estructuras celulares tienen una forma definida y compacta. Así pues, esta les permite realizar el proceso de replicación y cumplir las

diferentes funciones en la herencia biológica. A continuación, un estudiante menciona lo siguiente:

**E7.P5.3.** [Haciendo referencia a la pregunta número 5.3 ¿A qué se debe su estructura?]  
*“Porque contienen y transfieren información genética”*

### ***Enrollamiento ADN por proteínas***

En esta subcategoría encontramos que tan solo y exclusivamente 1 estudiante (2,7% de la población), considera que la razón de la estructura del cromosoma es su composición molecular. Esta es constituida por el ADN y las proteínas, que permiten enrollar al material genético a través de estas con el fin de reducir espacio y almacenar la información. Así lo manifiesta un estudiante a continuación:

**E15.P5.3.** [Haciendo referencia a la pregunta número 5.3 ¿A qué se debe su estructura?]  
*“Están enrollados para formar nucleofilamentos los cuales dan vueltas alrededor de proteínas y se organizan en forma de lazos”*

Teniendo en cuenta cada una de las subcategorías, podemos deducir que las concepciones de los estudiantes en relación a la estructura propia que adquiere el cromosoma para realizar los procesos celulares, están ligadas inicialmente, a las condiciones y los constitutivos externos del cromosoma, como lo son las partes que lo conforman, y en el carácter funcional para almacenar y transferir información genética mediante los diferentes procesos del ciclo celular. Esta postura deja de lado y quita importancia a la composición molecular, la cual es reportada en la literatura como el causante principal de la condensación del material genético, producto del enrollamiento y empaquetamiento de las hebras de ADN a través de proteínas histonas y no histonas con función estructural (Garrido *et al.*, 2006).

Así mismo, podemos mencionar que algunos estudiantes se acercaron a la idea de que el cromosoma se compacta gracias a las hebras de ADN que lo constituyen. Sin embargo, no tienen en cuenta las proteínas encargadas del enrollamiento y empaquetamiento del ADN, es por eso que Briceño (2014) plantea que el hecho de desconocer la estructura celular, la estructura de sus constituyentes u organelos, hace que los estudiantes no dimensionen su papel en la transmisión de la herencia genética, y, por consiguiente, no

consigan establecer la relaciones entre ADN, cromosoma y genes. Esto puede deberse a la enseñanza tradicional, que presenta y transmite los conocimientos en la biología como una recopilación dispersa de información, con elementos, reglas o leyes desarticuladas las cuales generan confusión, dificultan la comprensión de las temáticas y ocasionan desmotivación en los jóvenes (Sigüenza y Sáez, 1990).

En consecuencia, las ideas iniciales en el gran número de estudiantes, reflejan la confusión y el desconocimiento frente a la composición de los cromosomas, y la manera como estos se forman, almacenan la información y transmiten las características hereditarias. Es necesario entonces, reconocer las propiedades de los cromosomas, y su capacidad para *transmitir información genética* mediante los procesos de división celular, destacando que las histonas de acuerdo con Boyero *et al.*, (2002), son proteínas básicas y represoras específicas de genes, que se asocian fuertemente mediante interacciones electrostáticas al ADN. Así pues, el cromosoma al estar formado por ADN, contiene en su interior genes, segmentos de ADN que almacenan información codificada en sucesiones específicas de nucleótidos (Moreno, 2014), y son los encargados de transmitir y expresar junto con factores ambientales la información genética a través de rasgos (Villego, 1992).

Por lo tanto, estas temáticas se deben profundizar desde los procesos educativos, pues llama la atención que pese a que reconocen la importancia y la relación de estructuras celulares en su carácter funcional, desconozcan la razón por la cual las hebras del ADN se condensan usualmente, siendo necesario para Garrido *et al.*, (2006), que el estudiante reconozca y valore la importancia de los aspectos moleculares, pues permiten comprender las causas del almacenamiento y empaquetamiento de tan grande información en minúsculas estructuras celulares, y la transmisión de información biológica, procesos vitales en cada uno de los seres vivos.

**Pregunta 5.4. *¿Por qué los Cromosomas serán considerados tan importantes para un organismo?***

En virtud al interrogante, presentamos las concepciones iniciales de los y las estudiantes sobre la importancia de la existencia de los cromosomas en un organismo. Por consiguiente, la subcategoría más representativa es *Procesos y estructura celular*, mientras

que las menos representativas son *Genes, Almacena y transfiere información y Previene mutaciones*.

A continuación, mostramos algunas evidencias textuales para cada una de las subcategorías.

### ***Procesos y estructura celular***

Para esta subcategoría, tenemos que 21 estudiantes, (equivalente al 58,33% del estudiantado participante) expresan que la importancia de los cromosomas radica en que son los encargados de conferir a las células la consistencia necesaria, ya que intervienen en los procesos vitales de las mismas. Sin embargo, son escasos los argumentos al momento de sustentar dicha idea, como lo podemos ver en el siguiente ejemplo:

**E4.P5.4.** [Haciendo referencia a la pregunta número 5.4 ¿Por qué los Cromosomas serán considerados tan importantes para un organismo?] *“Es la estructura que protege el ADN.”*

### ***Genes***

En esta subcategoría encontramos que 9 estudiantes (que corresponden al 25% de la población total), atribuyen la importancia de los cromosomas al hecho de que permiten que cada persona cuente con ciertos rasgos o características que los hace únicos y los identifica. Como constancia de lo anterior, presentamos una de las respuestas dadas por parte de los estudiantes:

**E5.P5.4.** [Haciendo referencia a la pregunta número 5.4 ¿Por qué los Cromosomas serán considerados tan importantes para un organismo?] *“Porque los cromosomas son los que nos identifican, lo que nos da nuestras características y muchas cosas.”*

### ***Almacena y transfiere información***

En esta subcategoría encontramos que 6 estudiantes (que corresponden al 16,66% de la población total) consideran que los cromosomas son los encargados de almacenar y transferir la información genética, puesto que en su interior se conserva el código genético. A continuación, citamos un ejemplo del planteamiento emitido por un estudiante:

**E2.P5.4.** [Haciendo referencia a la pregunta número 5.4 ¿Por qué los Cromosomas serán considerados tan importantes para un organismo?] *“Porque es donde se halla el ADN, por lo tanto, es donde tiene sus códigos genéticos.”*

Si interpretamos los resultados obtenidos para la subcategoría más representativa, podemos ver que los estudiantes sustentan que la importancia del cromosoma se concentra en sus *procesos y estructura celular*, puesto que lo conciben como una estructura que protege o recubre el ADN que está allí empaquetado, permitiendo así que se lleven a cabo diferentes procesos celulares que requieren de dicho material genético (Íñiguez y Puigcerver, 2013).

En este mismo sentido, los estudiantes que hicieron alusión a la subcategoría *genes*, se centraron en manifestar que los caracteres visibles de cada persona provienen del cromosoma. En otras palabras, lo que los estudiantes pretendían explicar era que los cromosomas son importantes porque permiten expresar el genotipo de un individuo en el fenotipo del mismo, permitiendo su identificación. Lo cual dejó en evidencia que los estudiantes no manejan un lenguaje científico apropiado al momento de justificar las respuestas, ya que posiblemente se debe a que les cuesta retener el vocabulario científico o en su defecto la enseñanza de las ciencias naturales que han recibido no ha sido impartida de la mejor manera (Orozco, 2013).

Así mismo, la subcategoría *Almacena y transfiere información*, resulta ser sobresaliente ya que los estudiantes fueron más precisos al dar razón sobre la importancia biológica del Cromosoma. Puesto que reconocieron que allí no solo se localiza y dispone del material genético de todo organismo, sino que también es útil gracias a la existencia de mecanismos que permiten expresar y transmitir la información contenida, siendo esta la base de la herencia genética (Sánchez, 2013).

Llama la atención que la subcategoría *previene mutaciones*, no fue referenciada por ningún estudiante en el cuestionario inicial, siendo esta de gran relevancia, ya que cuenta con un valor agregado al estar reconociendo que los Cromosomas se disponen en un orden y cantidad específica que no puede ser alterada debido a que podrían generarse mutaciones genéticas (Ayuso y Banet, 2002).

**Pregunta 6. Como ya sabemos, las células están constituidas por varios orgánulos, todos de gran relevancia. Cuéntanos acerca del Ribosoma y de su importancia biológica en la célula.**

Para tratar este aspecto, exponemos los resultados obtenidos de las concepciones iniciales que presentaron los y las estudiantes sobre la importancia que le otorgan al Ribosoma como orgánulo celular. Concluyendo que la subcategoría más representativa es *Cumple procesos celulares*, mientras que las menos representativas son *Transfiere información genética* y *Síntesis de proteínas*.

A continuación, mostramos algunas evidencias textuales de cada una de las subcategorías.

### ***Cumple procesos celulares***

En esta subcategoría encontramos que 34 estudiantes (que corresponden al 94,44% de la población total) reconocen que los ribosomas, constituyen la célula al ser uno de sus organelos principales. Además, agregan que comparten función con los cromosomas en cuanto refiere al cumplimiento de procesos celulares, no obstante, son nulas las justificaciones al respecto. Por ejemplo, un estudiante afirma que:

**E8.P6.** [Haciendo referencia a la cuestión número 6 Cuéntanos acerca del Ribosoma y de su importancia biológica en la célula.] “*El Ribosoma es aquel que hace parte de la célula y cumple la función de alimentar a la célula.*”

### ***Transfiere información genética***

En esta subcategoría encontramos que 2 estudiantes (que corresponden al 5,55% de la población total) subrayan que los Ribosomas son los delegados junto a los cromosomas de portar la información genética dentro de la célula, lo cual hace posible la identificación de las personas. A continuación, mostramos una idea de uno de los estudiantes:

**E5.P6.** [Haciendo referencia a la cuestión número 6 Cuéntanos acerca del Ribosoma y de su importancia biológica en la célula.] “*Los ribosomas son una parte de la célula y pues sirve para ayudar a identificarnos y junto a los cromosomas son una parte fundamental para nosotros y el ADN.*”

Si analizamos detalladamente la información previa, observamos que la subcategoría que marcó la mayor tendencia fue la de *cumple procesos celulares*, sin embargo, los

planteamientos emitidos por parte de los estudiantes ante esta cuestión resultan no ser válidos puesto que sostienen que el Ribosoma es la estructura celular encargada de alimentar la célula. Esto posiblemente se debe a la escasa apropiación y asociación de conceptos abarcados en cursos anteriores en cuanto refiere al eje temático de Organización, Estructura y Actividad celular, el cual involucra vocabulario científico confuso para los estudiantes puesto que asocia funciones de los diferentes componentes de la célula, como lo son los organelos celulares (Muñoz, 2013).

De igual manera, para la subcategoría de *Transfiere información genética*, los estudiantes arrojaron respuestas poco veraces y fundamentadas con las que intentaron explicar que los Ribosomas son los que interfieren en la identificación de las personas al portar ADN igual que los Cromosomas. Según Ayuso y Banet (2002), esta situación se debe a las múltiples dificultades de aprendizaje en relación con la localización y transmisión de la información genética, las cuales radican en el hecho de que los estudiantes carecen de conocimientos estables y duraderos en cuanto hace referencia a conceptos estructurantes como lo es la célula, ya que al no tener clara su historia, estructura y funciones, resulta complejo comprender procesos como la herencia o el genoma humano.

Por último, resultó relevante que en el cuestionario inicial la subcategoría *síntesis de proteínas* se mostrara ausente a pesar de ser un proceso celular que implica la transferencia de la información genética, teniendo en cuenta que es la encargada de conceder la importancia biológica del ribosoma a través del proceso de traducción, y que se realiza a partir de la información contenida en el ARNm, como producto de la transcripción del ADN (Ramos 2009).

**Pregunta 7. ¿Crees tú que el alimento que consumimos a diario, interviene en el proceso de síntesis de proteínas? Justifica tu respuesta.**

De acuerdo a lo planteado, presentamos los resultados sobre las concepciones iniciales que poseen los estudiantes respecto a si creen que existe relación alguna entre la alimentación y el proceso de síntesis de proteínas. Identificando así, que la subcategoría más representativa es *Absorción de nutrientes*, mientras que las de menor representatividad son *Interviene síntesis de aminoácidos*, *Aporta energía al dogma central* y *No se relacionan*.

A continuación, mostramos algunas evidencias textuales de cada una de las subcategorías.

### ***Absorción de nutrientes***

En esta subcategoría encontramos que 28 estudiantes (que corresponden al 77,77% de la población total) coinciden en que el alimento que consumimos a diario, principalmente las proteínas, granos, frutas y verduras intervienen de manera directa en la absorción de nutrientes. Por ejemplo, un estudiante anuncia que:

**E17.P7.** [Haciendo referencia a la pregunta número 7 ¿Crees tú que el alimento que consumimos a diario, interviene en el proceso de síntesis de proteínas?] *“Si, porque a diario consumimos nutrientes en las frutas y proteínas, granos etc., es decir si interviene.”*

### ***Interviene en síntesis de aminoácidos y proteínas***

En esta subcategoría encontramos que 4 estudiantes (que corresponden al 11,11% de la población total) hacen énfasis en que la alimentación se relaciona e influye en la síntesis de proteínas, siempre y cuando esta sea saludable, de modo que aporte a dicho proceso. Por consiguiente, mostramos un ejemplo de ello:

**E24.P7.** [Haciendo referencia a la pregunta número 7 ¿Crees tú que el alimento que consumimos a diario, interviene en el proceso de síntesis de proteínas?] *“Solo algunos de los alimentos de los que comemos poco saludables son los únicos que no interactúan en la síntesis de proteínas.”*

### ***Aporta energía***

En esta subcategoría registramos que 3 estudiantes (que corresponden al 8,33% de la población total), manifiestan que los alimentos que consumimos a diario se traducen en proteínas, las cuales nos proporcionan mucha energía, la suficiente para llevar a cabo cada una de las actividades y procesos inherentes a la vida. Por ejemplo, un estudiante asegura que:

**E16.P7.** [Haciendo referencia a la pregunta número 7 ¿Crees tú que el alimento que consumimos a diario, interviene en el proceso de síntesis de proteínas?] *“Claro que sí, porque muchas cosas de las que consumimos a diario nos dan mucha proteína, esto consiste en fuerza, energía etc.”*

### ***No se relacionan***

Finalmente, en esta subcategoría, evidenciamos que tan solo 1 estudiante (que corresponde al 2,77% de la población total), planteó que no existe vínculo o relación alguna entre los alimentos y la síntesis de proteínas, ya que considera que el proceso de descomposición de los alimentos es tan rápido que no hay espacio para un mayor aprovechamiento que pueda conducir a la síntesis proteica. Como constancia de lo anteriormente mencionado, un estudiante defiende que:

**E20.P7.** [Haciendo referencia a la pregunta número 7 ¿Crees tú que el alimento que consumimos a diario, interviene en el proceso de síntesis de proteínas?] “No, porque solo algunos tienen proteínas y el proceso de descomposición es más rápido.”

A partir de lo anterior, la subcategoría *absorción de nutrientes* marcó la diferencia en los resultados, permitiendo constatar la influencia de una de las temáticas más relevantes a nivel biológico en la educación básica secundaria. Como lo es el proceso de la nutrición en seres vivos, debido a que los y las estudiantes se basaron en sus ideas previas, relacionando en primer lugar la ingestión con la digestión de los alimentos, lo que conlleva finalmente a la absorción tanto de micronutrientes (vitaminas y minerales), como de macronutrientes (proteínas, lípidos y carbohidratos), también denominados biomoléculas, encargadas de conceder a todas las células del cuerpo la energía suficiente para poder llevar a cabo todos los procesos vitales (Carbajal, 2002). Este aspecto, fue resaltado por una minoría que optó por la subcategoría *aportan energía*. Podemos decir entonces, que los y las estudiantes no hicieron referencia a la síntesis de proteínas y tampoco especificaron a qué tipo de procesos celulares vitales se refieren cuando hacen mención de que las biomoléculas aportan la energía necesaria para que estos se lleven a cabo de manera exitosa.

Por otro lado, el porcentaje de estudiantes que citaron la subcategoría *Interviene en síntesis de aminoácidos y proteínas*, lo hicieron asegurando que solo los alimentos saludables, con alto contenido proteico y por ende mayor valor nutricional, son los que intervienen en la síntesis de proteínas. Sin embargo, no lograron esclarecer ni concluir la idea del porqué los alimentos, debían cumplir dichas propiedades, dando a entender que tenían conocimiento del tema, pero se quedaron cortos a la hora de responder de manera escrita. No obstante, interpretamos que las ideas de los estudiantes están orientadas a la

importancia de ingerir alimentos ricos en aminoácidos esenciales, los cuales son indispensables en la síntesis de proteínas (Rodríguez y colaboradores, 2007).

Por último, pero no menos importante, hubo una persona que se mostró en desacuerdo con los planteamientos anteriores, puesto que afirma que no existe relación alguna entre los alimentos consumidos y la síntesis de proteínas, a causa de que la comida ya no es saludable y adicionalmente el proceso de degradación de estos compuestos es tan rápido que según los estudiantes no da tiempo de sacar provecho para cumplimiento de otros procesos.

**Pregunta 8. *¿En qué crees que consiste la manipulación genética o ingeniería genética? Apóyate de un ejemplo.***

Para este caso, presentamos de igual forma las concepciones iniciales de los y las estudiantes en respuesta a esta pregunta, en donde podemos interpretar que las subcategorías más representativas son *Concede rasgos específicos* y *Altera material genético*, mientras que las menos representativas son *Malformación genética* y *Adición de químicos*.

A continuación, mostramos algunas ideas de los educandos sobre de cada una de las subcategorías.

***Concede rasgos específicos***

En esta subcategoría encontramos que 17 estudiantes (que corresponden al 47,22% de la población total) manifiestan que cuando se hace referencia a la ingeniería genética, se está hablando de la modificación de organismos a nivel general, puesto que se trabaja en la adición o cambio de características determinadas con fines deseados. Por ejemplo, un estudiante afirma que:

**E28.P8.** [Haciendo referencia a la pregunta número 8 *¿En qué crees que consiste la manipulación genética o ingeniería genética?*] “*Consiste en agregar o cambiar alguna característica de un organismo.*”

***Altera material genético***

En esta subcategoría, encontramos que 12 estudiantes (que corresponden al 33,33% de la población total) detallan mucho más sus repuestas que en el caso anterior, al momento

de definir qué es ingeniería genética, y por el contrario hablan de manipulación celular, aclarando que esto implica cualquier tipo de alteración genética intencionada. En efecto, a continuación, mostramos lo citado por un estudiante:

**E26.P8.** [Haciendo referencia a la pregunta número 8 ¿En qué crees que consiste la manipulación genética o ingeniería genética?] “*Consiste en la alteración de células ya que son manipuladas genéticamente.*”

### ***Malformación genética***

En esta subcategoría encontramos que 7 estudiantes (que corresponden al 19,44% de la población total) conciben la ingeniería genética como una garantía de calidad de vida. Ya que la ven como un tratamiento o alternativa que permite llevar el seguimiento del desarrollo óptimo del feto durante la etapa de gestación, evitando cualquier malformación o daño genético en el mismo. Claro ejemplo el que tenemos, donde el estudiante asegura que:

**E8.P8.** [Haciendo referencia a la pregunta número 8 ¿En qué crees que consiste la manipulación genética o ingeniería genética?] “*Consiste en el proceso de controlar la calidad del desarrollo del feto durante su crecimiento para evitar malformaciones.*”

Con las respuestas identificadas para esta incógnita, podemos establecer que los y las estudiantes respondieron con base a sus conocimientos empíricos. Para Jiménez (2003), estas ideas pueden tener origen en noticias observadas o comentadas por diferentes medios de comunicación sobre celebridades que hacían uso de estas técnicas innovadoras, las cuales inciden notablemente en las concepciones del estudiantado. En este sentido, la mayor parte de los y las estudiantes expusieron el caso del jugador Cristiano Ronaldo, quien habría optado por un tratamiento de fecundación in vitro para posteriormente alquilar un vientre donde se pudieran desarrollar sus gemelos con caracteres físicos previamente establecidos, lo que explica el argumento dado por el estudiantado respecto a que la ingeniería genética es la encargada de conceder los rasgos específicos de una persona de manera controlada.

Adicionalmente, una minoría de estudiantes dividieron sus respuestas en dos subcategorías interrelacionadas para definir en que consiste la ingeniería genética: *Altera material genético* y *Malformación genética* respectivamente, con las cuales hicieron

referencia a que para obtener fines deseados de algo, se requiere de modificaciones en las células y por consiguiente se hace necesario llevar a cabo una manipulación genética en laboratorio que permita medir los alcances y dar garantía de los resultados, de modo que la calidad de vida del organismo no se vea afectada. Para Occelli (2013) e Íñiguez y Puigcerver, (2013), estas ideas pueden tener origen en el hecho, de que actualmente el campo de acción de este campo del conocimiento, está concentrado en contribuir en la prevención o erradicación de enfermedades hereditarias y malformaciones congénitas, tal y como lo dieron a entender los y las estudiantes con la subcategoría *malformación genética*.

Cabe resaltar que los estudiantes no entraron en detalles de técnicas, reactivos o procedimientos llevados a cabo durante la manipulación genética, lo cual explica por qué la subcategoría *Adición de químicos* estuvo ausente durante el cuestionario inicial.

**Pregunta 9.** *Ana María y Felipe son una pareja de jóvenes, recientemente casados, quienes esperan la llegada de Sofía, su primogénita. Sin embargo, algo no anda bien y es que Ana María además de fumar, presenta problemas asociados al alcoholismo, negándose a aceptar las recomendaciones de los especialistas y familiares, por lo que se consideraba un embarazo de alto riesgo.*

*Al cumplir sus 7 meses de embarazo, Ana y Felipe deciden pagar y programar una ecografía 4D, pensando en los preparativos del baby shower, ya que la idea era utilizar una foto de la pequeña Sofía como portada de la tarjeta de invitación, lo cual solo se quedó en planes al recibir los resultados. Los médicos les aseguraron que su pequeña hija había desarrollado múltiples malformaciones, además de retardo físico y mental.*

**Teniendo en cuenta la situación anterior, ¿Qué piensas que pudo haber ocurrido a nivel molecular en las células de los padres o en las células de Sofía, para posteriormente desencadenar dichas anomalías?**

Así pues, resulta preciso decir que al momento de indagar sobre lo sucedido a nivel molecular obtuvimos los siguientes resultados que reúnen las concepciones iniciales de los y las estudiantes, siendo evidente que la subcategoría más representativa es *Malformación celular*, mientras que las menos representativas son *Intoxicación del cuerpo*, *Alteración genética* y *Malas defensas*.

A continuación, mostramos algunas afirmaciones de los estudiantes sobre cada una de las subcategorías.

### ***Malformación celular***

En esta subcategoría encontramos que 23 estudiantes (que corresponden al 63,88% de la población total) resaltan que a nivel molecular se generó la malformación celular en el bebé. Estos cambios se debieron según el estudiantado, a la ingesta de alcohol y los malos hábitos practicados por Ana la mamá de Sofía, quien le transmitió las anomalías, debido a que sus células ya estaban muy dañadas, tal y como plantea el siguiente estudiante:

**E2.P9.** [Haciendo referencia a la pregunta número 9 ¿Qué piensas que pudo haber ocurrido a nivel molecular en las células de los padres o en las células de Sofía, para posteriormente desencadenar dichas anomalías?] *“Yo creo que las células de la progenitora ya estaban muy dañadas por lo que su hija Sofía las heredó y como estaban en mal estado su formación fue del mismo modo.”*

### ***Intoxicación del cuerpo***

En esta subcategoría encontramos que 6 estudiantes (que corresponden al 16,66% de la población total) argumentan que al fumar o beber alcohol con regularidad, se está intoxicando el cuerpo y por ende cada una de las células que lo conforman. Acá toman como ejemplo lo sucedido con Ana durante su embarazo, en donde la niña resultó afectada de manera directa, ya que su madre tenía intoxicado el organismo. A continuación, citamos una idea de un estudiante:

**E19.P9.** [Haciendo referencia a la pregunta número 9 ¿Qué piensas que pudo haber ocurrido a nivel molecular en las células de los padres o en las células de Sofía, para posteriormente desencadenar dichas anomalías?] *“Al ingerir el alcohol o fumar se intoxicó el cuerpo de la madre produciendo daños al bebé como el retardo mental o anomalías.”*

### ***Alteración genética***

En esta subcategoría encontramos que 5 estudiantes (que corresponden al 13,88% de la población total) manifiestan de manera concreta, que lo sucedido a nivel molecular fue una alteración genética en las células de Sofía, lo que finalmente condujo a la expresión de

diferentes anomalías o malformaciones como producto de los hábitos nocivos practicados por la madre. Por ejemplo, un estudiante afirma que:

**E22.P9.** [Haciendo referencia a la pregunta número 9 ¿Qué piensas que pudo haber ocurrido a nivel molecular en las células de los padres o en las células de Sofía, para posteriormente desencadenar dichas anomalías?] “*Las células de Sofía fueron alteradas irregularmente por el alcohol y el cigarrillo lo que llevo a que tuviera malformaciones.*”

### ***Malas defensas***

En esta subcategoría encontramos que 2 estudiantes (que corresponden al 5,55% de la población total) coinciden en que los hábitos tóxicos de Ana, hicieron que Sofía empezara a desarrollarse dentro del vientre con un sistema inmune muy débil. Lo que finalmente se tradujo en un incremento en la muerte celular y en múltiples malformaciones, como consecuencia de las malas defensas. En efecto, un estudiante asegura que:

**E1.P9.** [Haciendo referencia a la pregunta número 9 ¿Qué piensas que pudo haber ocurrido a nivel molecular en las células de los padres o en las células de Sofía, para posteriormente desencadenar dichas anomalías?] “*Yo creo que las células de Sofía algunas se murieron porque su mamá no se cuidaba mientras ella estaba en su estómago, porque ellos no tienen las mismas defensas que tienen los adultos.*”

Al interpretar los resultados que se consolidaron en la subcategoría más representativa, es decir la de *Malformación celular*, observamos que los estudiantes aluden que, como consecuencia de la falta de cuidados básicos en la salud de una mujer embarazada, aparecen múltiples dificultades que afectan directamente a quien está en el vientre. Tal y como sucedió con Sofía, que a raíz de los hábitos perjudiciales de su madre Ana, quien hizo caso omiso a las sugerencias de especialistas durante su gestación, obstaculizó de esta forma el desarrollo fetal normal de su hija y generó en ella deficiencias estructurales a nivel celular. Esta situación, se relaciona entonces con lo establecido por parte de los y las estudiantes en la subcategoría *alteración genética*, pues de acuerdo con Escarabajal (2003), acá intentaron argumentar con sus palabras que los efectos adversos de los componentes del alcohol y el tabaco dentro del organismo, fueron los encargados de generar las variaciones genéticas que determinaron finalmente las malformaciones congénitas con las que venía la niña.

Del mismo modo, un discreto número de estudiantes manifestaron como preferente la subcategoría *Intoxicación del cuerpo*, con el fin de establecer de forma más específica la ruta y campo de acción del tabaco y el alcohol en el organismo. Estas sustancias, una vez atraviesen la placenta y al ser tóxicos, traen consigo múltiples complicaciones como el suministro insuficiente de oxígeno al feto, bajo peso, padecimiento de trastornos, retraso físico, mental y hasta dependencia a estas sustancias. Este referente, permitió entender la subcategoría *Malas defensas*, en la que los estudiantes plantearon que todo lo que sucedió a nivel molecular en las células de Sofía, se desencadenó a partir de la falta de un sistema de defensa resistente que actuará como barrera protectora, protegiéndolo de todo daño. Esta tarea a su vez, le correspondía a su madre, puesto que la inmadurez del sistema inmune de Sofía estaba en su máximo esplendor, al no contar con la capacidad para enfrentar agentes patógenos que atentaran contra su vida (Maggiolo, 2011).

**Pregunta 9.1.** *Imagina por un momento que estás en el lugar de Ana y recibes la triste noticia. ¿Cómo crees que actuarías o qué posición asumirías si estuvieras en el lugar de Ana?*

En este sentido, mostramos las posturas que asumieron los y las estudiantes al suponer que estaban en el lugar de Ana. A partir de lo cual pudimos establecer que la posición más representativa es *en contra*, mientras que la de menor representatividad es *A favor*.

A continuación, mostramos ejemplos de posturas destacadas de los estudiantes frente a la situación planteada.

### ***En contra***

En esta subcategoría encontramos que la totalidad de estudiantes, es decir los 36 (que corresponden al 100%) consideran que están en contra de las acciones y actitudes de Ana. Motivo por el cual, recriminarían cualquier hábito que pueda atentar contra la vida de Sofía y valorarían todas las sugerencias o recomendaciones al respecto, que les permita brindarle una mejor calidad de vida a la niña, pese a su condición. Como evidencia de lo anterior, dos estudiantes expresan que:

**E31.P9.1.** [Haciendo referencia a la pregunta número 9.1 ¿Cómo crees que actuarías o qué posición asumirías si estuvieras en el lugar de Ana?] “*Si el caso me pasara a mí, yo me pondría muy mal, ya que toda mujer ha deseado tener hijos sanos y por mis hábitos lo arruiné todo.*”

Como mostramos en el anterior apartado, la subcategoría *En contra*, logró consolidarse como la más significativa, puesto que todos los estudiantes asumieron la misma posición al estar en desacuerdo con lo planteado. Siendo esto justificable, debido a que tienen noción del peligro latente que representa la práctica de hábitos tóxicos como fumar cigarrillo o ingerir alcohol, especialmente durante el primer trimestre de crecimiento y desarrollo del feto en el vientre, ya que cualquier alteración o desequilibrio interno, puede desencadenar una serie de anomalías genéticas expresadas en enfermedades y defectos congénitos que pueden ir desde un retraso psicomotor, hasta diversos síndromes o malformaciones, los cuales suelen ser detectados tardíamente (Probs, 2013).

Así pues, la subcategoría *A favor*, se mostró ausente en el cuestionario inicial, ya que las opiniones del estudiantado giraron en torno al estado de salud en que la niña se encontraba previo a su nacimiento, haciendo énfasis en que no había nada favorable, ya que la mujer siempre fue consciente de sus malas acciones y prefirió seguir atentando contra la vida de su propia hija, sin pensar en el daño que le estaba generando. Es decir, para los estudiantes, fue polémico el hecho de que la madre no siguiera las recomendaciones de allegados y expertos, más cuando para ellos, es una situación que se repite día a día en nuestra sociedad.

Según Mellado *et al.*, (2013;2014) y Otero (2006), la explicación del resultado anterior se fundamenta en el rol que cumplen las emociones y actitudes en la enseñanza de las ciencias y su influencia en el aprendizaje, afirmando que se deben tener en cuenta sobre todo al hacer estudios detallados sobre ideas previas del estudiantado, puesto que cada uno de ellos toma decisiones o interpreta fenómenos y situaciones como la descrita, basándose en el mundo subjetivo que han venido construyendo, el cual ha condicionado la parte cognitiva, dando así mayor sentido a los planteamientos de Thagard (2008) ; Hernández (2002) y Sanmartí (2001), en cuanto refiere a que si se quieren alcanzar posteriores cambios conceptuales, se deben correlacionar las concepciones, actitudes, valores,

emociones y por supuesto la experiencia en el aula, hasta concebir la enseñanza y el aprendizaje como práctica emocional, inherente al proceso cognitivo de cada individuo.

**Pregunta 10.** *Los grandes avances obtenidos en el campo de la genética han generado controversia e incalculables debates, en especial cuando se discute la posibilidad de ejercer un control de calidad sobre los fetos humanos que pueden presentar alteraciones, o para el caso de las plantas cuando se desean realizar mejoras a los frutos o modificar otras características. Ahora bien, ¿Cuál es tu postura respecto?*

En vista de la naturaleza de la pregunta, presentamos las posturas que los y las estudiantes mantuvieron frente a la cuestión 10 para un momento inicial, las cuales permitieron establecer que la posición más representativa es *A favor*, mientras que la menos representativa es *En contra*.

A continuación, mostramos algunas afirmaciones de los y las estudiantes frente a esta pregunta.

#### ***En contra***

En esta subcategoría encontramos que 6 estudiantes (que corresponden al 83,33% de la población total) coinciden en estar en desacuerdo con los adelantos provenientes del campo de la genética. Debido a que defienden sus principios personales, los cuales van en contra de los avances científicos creados por el hombre. Teniendo como base lo anterior, mostramos el siguiente ejemplo:

**E7.P10.** [Haciendo referencia a la pregunta número 10 ¿Cuál es tu postura frente a los avances en el campo de la genética?] *“Pues que no se debería crear o mejorar algo que ya ha sido creado por Dios, porque es mil veces mejor lo natural, porque todo lo que el humano trata de alterar genéticamente sale mal.”*

#### ***A favor***

En esta subcategoría encontramos que 30 estudiantes (que corresponden al 16,66% de la población total) aceptan los beneficios que trae consigo la inclusión de los avances obtenidos en el campo de la genética en la vida cotidiana, siempre y cuando solo involucre la mejora de bienes y servicios, que permitan contrarrestar las necesidades del medio. Por ejemplo, un estudiante manifiesta lo siguiente:

**E5.P10.** [Haciendo referencia a la pregunta número 10 ¿Cuál es tu postura frente a los avances en el campo de la genética?] “*Pues a mí me parece que la alteración genética está comprobada científicamente que no hace daño y sirve para el mejoramiento de la calidad de vida humana, estoy de acuerdo.*”

En los últimos años, diferentes escenarios globalizados han incluido la biotecnología en sus currículos, con el fin de incursionar conocimientos científico tecnológicos atribuidos a procesos biológicos que conduzcan a promover en los estudiantes actitudes y destrezas procedimentales que incidan en sus posturas (Lock, 1996; France, 2007 citado por Occelli, 2013).

Contrariamente, en la realidad nuestra lo más próximo es la enseñanza de la genética, la cual a nivel didáctico es uno de los ejes temáticos más conflictivos al no saber entrelazar la teoría y la práctica. Lo que quizás, explica los resultados obtenidos para esta cuestión, donde el 83% de la población evaluada estuvo *En contra* de los grandes avances que se vienen desarrollando en el campo de la genética, puesto que, al desconocer el área de aplicación o acción de la misma, es viable que defiendan los procesos naturales que conocen, subrayando aspectos ligados a fundamentos religiosos y fronteras morales que los sustentan. Por ejemplo, para el estudiantado es relevante el respeto por los seres vivos, ya que no se pueden convertir en objeto de experimentos o pruebas científicas que incluyan algún tipo de alteración (Iñiguez y Puigcerver, 2013).

Ahora bien, Schulz (2005), sustenta que la problemática ética y moral respecto a la evolución científica no es nueva, ni tampoco neutral, ya que se ajusta a los patrones éticos y morales de cada persona, aunque estos se consideren alejados, pues se sabe que la ética como rama de la filosofía se basa en la razón, mientras que la moral se apoya en normas y costumbres comúnmente aceptadas en la sociedad. No obstante, a esto se le suma la influencia de sucesos potencialmente peligrosos, registrados a lo largo de la historia tales como la creación de armas químicas y biológicas de destrucción masiva, en donde se ha visto incriminada la ciencia, lo cual ha generado una creciente oposición a los avances de la misma (Benegas, 2008).

Por su parte, quienes se mostraron *A favor*, coinciden en que toda propuesta científica es previamente planificada y realizada de manera controlada, lo que concede un alto grado

de confiabilidad de los recientes avances, debido a que son benéficos al buscar establecer mejoras en la calidad de vida de los organismos, sin atentar contra su integridad.

En este sentido es preciso hacer mención de los juicios emitidos por el premio nobel de medicina Bernardo Houssay, quien hace referencia a las 7 responsabilidades principales de todo investigador científico, dentro de las cuales se destaca el deber de trabajar en resolver problemáticas, con el fin de satisfacer las necesidades e intereses de la sociedad, garantizando su bienestar, así como también el deber de identificar, interpretar, comprender o predecir fenómenos que enmarcan la realidad, con el objetivo de generar y divulgar nuevos conocimientos, que permitan elevar el nivel intelectual y cultural de la población, demostrando así que un buen uso de la ciencia, siempre va a conducir al desarrollo social, económico, científico y tecnológico (Schulz, 2005).

**Pregunta 11.** *Los domingos Simón acostumbra a visitar a su abuelita, quien conoce muy bien sus gustos y siempre le tiene preparado un rico arroz con leche. Sin embargo, cada vez que se sientan a departir, ella suele hacer el mismo comentario: la calidad del arroz que consumíamos en épocas pasadas, no es la misma que presenta el producto que encontramos en el mercado actualmente.*

***Tu qué opinas, ¿Será que ella hace referencia a que la calidad del arroz ha mejorado o empeorado? ¿A qué crees que se deba el cambio y qué efectos puede tener sobre la humanidad?***

A continuación, presentamos el análisis de las concepciones iniciales de los y las estudiantes acerca de los efectos del consumo, en donde es sobresaliente la subcategoría *Presencia de químicos*, mientras que las menos representativas, *Genera mutaciones* y *Manipulación en laboratorio*.

En contraste con lo anterior, mostramos algunas afirmaciones de los y las estudiantes sobre cada una de las subcategorías.

#### ***Presencia de químicos***

En esta subcategoría encontramos que 34 estudiantes (que corresponden al 94,44% de la población total) sustentan que la presencia de químicos en los cultivos, ha hecho que en

los últimos años la calidad de los alimentos haya empeorado. Esto ha motivado la falta de un control de calidad, como es el caso del arroz, el cual se ve infectado al ser fumigado con frecuencia y como consecuencia al ser consumido genera una serie de problemas de salud. Por ejemplo, un estudiante enuncia que:

**E10.P11.** [Haciendo referencia a la pregunta número 11 ¿Será que ella hace referencia a que la calidad del arroz ha mejorado o empeorado? ¿A qué crees que se deba el cambio y qué efectos puede tener sobre la humanidad?] *“Que el arroz ha empeorado porque le agregan mucho químico, por eso es que la gente presenta virus u otras enfermedades etc.”*

### ***Genera mutaciones***

En esta subcategoría encontramos que tan solo 1 estudiante (lo cual corresponde al 2,77% de la población total) hace alusión a la influencia de los químicos agregados al arroz, sobre el desarrollo integral de los seres humanos. Para este participante, las alas prácticas agrícolas incrementan los riesgos de generar cualquier tipo de alteración genética, expresada en mutaciones. A continuación, mostramos la idea de un estudiante:

**E8.P11.** [Haciendo referencia a la pregunta número 11 ¿Será que ella hace referencia a que la calidad del arroz ha mejorado o empeorado? ¿A qué crees que se deba el cambio y qué efectos puede tener sobre la humanidad?] *“Hace referencia a que la calidad ha empeorado ya que los productos han alterado el desarrollo normal del ser humano, causando un desequilibrio en su sistema.”*

### ***Manipulación en laboratorio***

En esta subcategoría encontramos que 1 estudiante (lo cual corresponde al 2,77% de la población total) manifiesta que la calidad del arroz ha empeorado, debido a que actualmente es común que los alimentos, como el arroz, sean procesados en fábricas o laboratorios, donde se hace necesario una manipulación del mismo. Como ejemplo del planteamiento anterior, tenemos la siguiente respuesta:

**E9.P11.** [Haciendo referencia a la pregunta número 11 ¿Será que ella hace referencia a que la calidad del arroz ha mejorado o empeorado? ¿A qué crees que se deba el cambio y qué efectos puede tener sobre la humanidad?] *“A lo que la abuela de Simón se refiere es que la calidad del arroz ha empeorado ya que anteriormente el arroz no era tan procesado y alterado.”*

A medida que transcurre el tiempo, hablar acerca de la *Presencia de químicos* en los alimentos resulta ser cada vez menos novedoso. Pues para nadie es un secreto que los productos agroquímicos se han convertido en insumos esenciales para el mantenimiento de los cultivos, afectando así tanto la inocuidad de los alimentos, como la salud del consumidor. Para Márquez (2008), este tipo de situaciones en la cotidianidad de los estudiantes y consumidores, les lleva a pensar, que la presencia de sustancias como pesticidas, venenos, anti fúngicos y demás en la época de cultivo, inciden notablemente en la salud humana. Incluso esta realidad, puede llegar a motivar concepciones en donde la mejor dieta sea la orgánica o aquella que no pueda tener contacto con la química y sus derivados, de ahí que porcentaje significativo de estudiantes coincidieron en esta subcategoría.

Así mismo, fue curioso que un estudiante hiciera mención de la subcategoría *Genera mutaciones*, estando de acuerdo en que la calidad del arroz ha empeorado debido a los residuos químicos que contiene y a la contaminación ambiental que afecta el suelo de cultivo. Además, agregaba a su respuesta, que dichos contaminantes constituyen un peligro latente para la salud pública principalmente sobre las mujeres gestantes. Es notorio entonces, que el estudiante parte de su conocimiento cotidiano y escolar, basado en historias reales, medios de comunicación etc., para referirse no solo a los alcances que puede traer el uso de productos bioacumulables como lo son los famosos contaminantes orgánicos persistentes, sino también a las personas más expuestas a las consecuencias, en este caso el embrión a quien le llegan las sustancias químicas, después de que la madre ha consumido el supuesto alimento tóxico, afectando directamente su cerebro en desarrollo, puesto que está susceptible a cualquier tipo de alteración genética representada en múltiples anomalías (Pelayo, 2010; Márquez, 2008).

Por su parte, el único estudiante que cito la subcategoría *Manipulación en laboratorio*, lo hizo asegurando que el hombre interviene empeorando la calidad de los alimentos, al procesarlos con el fin de alterar sus componentes y sus propiedades. Esto permite suponer, que el estudiante concibe la biotecnología como un proceso perjudicial, que busca reemplazar lo natural por productos transgénicos. Lo que posiblemente se debe a la falta de información y orientación al respecto, puesto que la biotecnología es un tema aún muy controversial que no se contempla dentro de los ejes temáticos que conciernen al área

de Ciencias Naturales, aun sabiendo que la ciencia y la tecnología trabajan en conjunto (Campuzano et al., 2015).

**Pregunta 12.** *Muy seguramente alguna vez tendrás que haber comido guayaba-pera o lima-limón y ante esas mejorías de sabor no hay discusión. La pregunta es, si llegáramos a ver un gato-perro o un hermoso patico-pollito, ¿Hasta qué punto estarías dispuesto a aceptar los adelantos de la ingeniería genética?*

En virtud de la presente pregunta, mostramos las posturas iniciales que presentaron los y las estudiantes respecto a los alcances de la ingeniería genética. En efecto, la posición más representativa es *En contra*, mientras que la menos representativa es *A favor*, estos resultados guardan entonces estrecha relación con las preguntas anteriores en donde indagábamos por temáticas como biotecnología, sus aplicaciones e implicaciones en la vida del ser humano.

En efecto, mostramos algunas unidades de información de cada una de las subcategorías.

### ***En contra***

Por el contrario, en esta subcategoría encontramos que 27 estudiantes (que corresponden al 75% de la población total) llegan a la conclusión de que están en total desacuerdo con los adelantos de la ingeniería genética. Puesto que esta, atenta contra el equilibrio establecido por la naturaleza, tal y como lo asegura el siguiente estudiante:

**E24.P12.** [Haciendo referencia a la pregunta número 12 ¿Hasta qué punto estarías dispuesto a aceptar los adelantos de la ingeniería genética?] *“No estaría dispuesto a aceptar la fusión genética entre especies porque podría ser algo malo, porque estaría en contra de la naturaleza y sería muy malo ver algo como eso.”*

### ***A favor***

En esta subcategoría encontramos que 9 estudiantes (que corresponden al 25% de la población total) están de acuerdo con los adelantos y alcances actuales de la ingeniería genética, ya que consideran que son de gran importancia y beneficio para mejorar la calidad de vida de distintos organismos. Por ejemplo, un estudiante expresa:

**E18.P12.** [Haciendo referencia a la pregunta número 12 ¿Hasta qué punto estarías dispuesto a aceptar los adelantos de la ingeniería genética?] “*Si estoy de acuerdo, si lo aceptaría por el bien de todos.*”

La ingeniería genética como todo tema polémico, ha dado mucho de qué hablar a nivel mundial, debido a que nace a partir de innovaciones científicas con un futuro prometedor y no como un proceso natural. Esto, ha generado que sean más las personas en desacuerdo con los fines de la misma, que quienes logran aceptarla, tal y como lo mostramos con la tendencia arrojada por la subcategoría *En contra*, al consolidarse como la más representativa en el cuestionario inicial. Esto se debe a que los estudiantes principalmente, se basaron solo en los ejemplos dados en el enunciado de la pregunta, en donde se ponían en contraste modificaciones genéticas realizadas a frutos y animales. Así pues, se explicaría por qué sus afirmaciones giraron en torno al rechazo de la vida artificial y sus implicaciones en la estabilidad del medio ambiente, resignándose a aceptar que se practique con especies de animales, ya que no solo se está atentando contra sus vidas, sino contra la ética, moral y espiritualidad que enmarca a la sociedad (Suzuki y Knudtson, 1991).

Por otro lado, los y las estudiantes que se mostraron *A favor*, manifestaron que toleran los alcances de la manipulación genética siempre y cuando las mejoras se realicen a las diferentes especies de plantas. Para Anderson (2011), este pensamiento es común en el estudiantado, pues los lleva a pensar solo en fines de optimizar las condiciones de vida del resto de la población y acá se supone una reducción de los riesgos a los cuales se encuentran expuestos estos organismos.

Cabe resaltar que ningún estudiante hizo referencia al material genético o tipo de modificaciones realizadas a nivel molecular en este ámbito. De acuerdo con Lucumí (2015), esto radica una vez más en los retos y desafíos que trae consigo la enseñanza de las ciencias, puesto que la complejidad y abstracción de disciplinas científicas como la biología molecular limitan el aprendizaje de conocimientos asociados a los grandes avances en el campo de la ciencia, inherentes a la realidad actual, donde el desarrollo tecnológico y científico demarca el futuro de la humanidad.

**Pregunta 13.** *En los últimos años, el impacto ambiental que produce la actividad humana, ha sido creciente. La explotación de recursos naturales, la contaminación y especialmente la caza y tráfico de vida silvestre, ha generado como problemática mundial la extinción de especies. En vista a estos acontecimientos son múltiples las propuestas innovadoras que han surgido para la preservación de la biodiversidad, una de ellas, son los bancos de semillas, en donde se coleccionan y almacenan semillas de variadas especies vegetales, garantizando condiciones especiales que aseguren su supervivencia durante largos periodos de tiempo (ENSCONET, 2016).*

**A partir de lo anterior, ¿Qué otras estrategias podrías plantear en pro de la conservación de las especies, que permitan contrarrestar la extinción de las mismas?**

Por último, pero no menos importante, presentamos las concepciones iniciales de los y las estudiantes en cuanto refiere a la incógnita número 13, basada en las estrategias de conservación de las especies. Por ende, la subcategoría más representativa es *Concientizar población-normatividad*, mientras que las menos representativas son *Reproducción natural de organismos* y *Transgénicos y clonación*. Razón por la cual, citamos algunas afirmaciones hechas por los estudiantes frente a esta cuestión.

#### ***Concientizar población-normatividad***

En esta subcategoría encontramos que 27 estudiantes (que corresponden al 75% de la población total) proponen como estrategias alternativas, la promoción de una cultura ambiental. De tal modo que haya concientización por parte de la población, trabajando en conjunto con lo establecido en la normatividad ambiental, la cual promueve el desarrollo sostenible y protección del medio ambiente. En concordancia con lo anterior, un estudiante concibe:

**E13.P13.** [Haciendo referencia a la pregunta número 13 ¿Qué otras estrategias podrías plantear en pro de la conservación de las especies, que permitan contrarrestar la extinción de las mismas?] “*Campañas de aprendizaje, buscar las especies y protegerlas en lugares específicos, sin cohibirlas de su libertad con leyes que las protejan.*”

#### ***Reproducción natural de organismos***

En esta subcategoría encontramos que 9 estudiantes (que corresponden al 25% de la población total) plantean que le apostarían a la reproducción natural de especies, ya que conciben esta opción como la estrategia más pertinente, teniendo en cuenta que cada vez

son más las especies en peligro de extinción. A continuación, mostramos la idea de un estudiante:

**E24.P13.** [Haciendo referencia a la pregunta número 13 ¿Qué otras estrategias podrías plantear en pro de la conservación de las especies, que permitan contrarrestar la extinción de las mismas?] “Una estrategia sería tomar dos parejas de cada especie y llevarlas a un hábitat adecuado para que puedan procrear y así no permitir su extinción.”

Es evidente, que la mayor parte de los y las estudiantes referenciaron la subcategoría *Concientizar población-normatividad*, reflejando la influencia y los resultados favorables que ha traído consigo la inclusión de la educación ambiental en las instituciones educativas. Puesto que se ha logrado promover la formación integral de los educandos, al involucrarlos en un contexto en donde se describen las problemáticas ambientales que afectan al planeta y por ende a todos sus habitantes. Esto de igual manera, ha permitido que se reflexione en torno a las acciones y propuestas que conlleven intervenciones en pro de la conservación y sostenibilidad ambiental, teniendo en cuenta las políticas ambientales que existen y que regulan la calidad del medio ambiente a nivel tanto nacional como internacional (Melo, 2013).

Adicionalmente los y las estudiantes restantes optaron por la subcategoría *Reproducción natural de organismos*, con la que emitieron ciertos juicios de valor que apuntaban a preservar especies en peligro crítico de extinción a través de la reproducción natural. Para estos jóvenes, es importante aprovechar la capacidad de adaptación de los organismos, razón por la cual propusieron para el caso de los animales unir parejas de diferentes especies en ambientes donde se puedan asegurar condiciones semejantes a su hábitat natural. Este tipo de iniciativas son ideales para la preservación de las especies, pues como manifiesta Marsh (2005), en estos escenarios no solo se pueden reproducir los animales, sino que se logra llevar un control del proceso a fin de dar garantía del intercambio genético que permitirá finalmente la conservación y evolución de la biodiversidad.

Así pues, para finalizar destacamos que la subcategoría *Transgénicos y Clonación*, no estuvo presente en las respuestas dadas por el estudiantado en el cuestionario inicial. A pesar, de que debería por lo menos contemplarse, partiendo de los grandes avances en el campo científico y tecnológico que le dan la vuelta al mundo diariamente. No obstante, no

se puede culpar al estudiantado de ello, pues el sistema educativo de países en vías de desarrollo como el nuestro aún no le apuesta a invertir y contribuir a la enseñanza científica contemporánea que permita formar ciudadanos con un sentido crítico ante el progreso tecno-científico (Pardo y Benito, 1995). Para Osorio (2002), este desarrollo, pretende superar las necesidades de la sociedad, dando garantía de una calidad de vida a través de propuestas como la implementación de técnicas clonación y transgénicos que van en busca de perpetuar las especies y establecer mejoras a las mismas, mediante la manipulación genética.

### **8.3 Intervención Didáctica**

En el siguiente apartado presentamos los resultados obtenidos de la aplicación de la secuencia didáctica que diseñamos, en la cual implementamos el uso de situaciones problematizadoras y prácticas de laboratorio artesanales como estrategias de enseñanza y aprendizaje, teniendo en cuenta los contenidos, las actividades, las finalidades y las modalidades de evaluación que enmarcan el aprendizaje de cinco temáticas relacionadas con aspectos históricos, estructurales, procedimentales y tecnológicos de la biología molecular.

En este orden de ideas, enseñamos la caracterización de cada tópico y finalmente las categorías, subcategorías y tendencias sistematizadas de acuerdo a las respuestas emitidas por parte del estudiantado, las cuales reflejan los aprendizajes alcanzados en cada sesión de clase. Asimismo, aclaramos que antes de realizar la intervención didáctica, ideamos y estructuramos la respectiva planeación de clase con base al formato de Práctica Pedagógica del Programa de Licenciatura en Ciencias Naturales: Física, Química y Biología de la Universidad Surcolombiana, debido a que nuestra investigación la llevamos a cabo de forma paralela al desarrollo de dicho espacio académico (Anexo H).

Adicionalmente, en vista de que empleamos el Atlas Ti, tanto para el análisis de contenido como para la sistematización y categorización de las producciones del estudiantado en cada temática, presentamos las redes de información designadas con base a las afirmaciones de los y las estudiantes.

Por último, es oportuno aclarar que para el desarrollo las cinco temáticas, fue necesario que elaboráramos las siguientes cinco guías de clase: ***“Sumérgete en la historia***

de la molécula de la vida” ([Anexo C](#)), “Descifrando la molécula que nos construye” ([Anexo D](#)), “Duplicando nuestro conocimiento” ([Anexo E](#)), “De camino hacia las proteínas” ([Anexo F](#)), y “Alterando los planos de la vida” ([Anexo G](#)) respectivamente, las cuales analizamos en términos de porcentaje, basándonos en el total de afirmaciones hechas por el estudiantado en cada una de las actividades propuestas, teniendo en cuenta que fueron desarrolladas de forma individual por los 36 estudiantes del grupo intervenido.

**Tabla 6.** Áreas temáticas de la secuencia didáctica con relación a Biología Molecular.

<b>TEMATICA</b>	<b>N° DE SESIONES DE CLASE</b>
<b>Historia y Epistemología de la Biología Molecular</b>	Situación problema: <i>98% tuyo</i> (40 minutos) Actividades complementarias (1 hora/ 45 minutos)
<b>Estructura de los ácidos nucleicos: ADN y ARN</b>	Situación problema: <i>El genoma Simpson</i> (45 minutos) Laboratorio sobre extracción del ADN (45 minutos) Actividades complementarias (30 minutos minutos)
<b>Replicación y transcripción del ADN</b>	Situación problema: <i>GATTACA</i> (50 minutos) Video problema: <i>Reescribiendo el mensaje</i> (45 minutos) Actividades complementarias (20 minutos)
<b>Traducción y código genético</b>	Laboratorio sobre proteínas (45 minutos) Juego: <i>De camino hacia las proteínas</i> (40 minutos) Actividades complementarias (30 minutos)
<b>Mutación y Biotecnología</b>	Laboratorio sobre biotecnología tradicional (1 hora) Actividades complementarias (55 minutos)

## Temática 1: Historia y epistemología de la Biología Molecular

En el marco de la primera semana de intervención trazamos como objetivo abordar algunos de los sucesos históricos que llevaron al descubrimiento del modelo de ADN como portador de la información genética.

### Diseño

#### *Guía 1: Historia sobre el modelo de ADN*

#### Trabajo de Aula

La primera guía didáctica decidimos denominarla “*Sumérgete en la historia de la molécula de la vida*”, debido a que la implementamos como mediadora al presentar hechos históricos asociados con el estado actual de la Biología Molecular con el fin de contrastar y valorar los diferentes aportes científicos que permitieron su consolidación. Por tanto, en la Tabla 7 exponemos las finalidades de aprendizaje que consideramos para el desarrollo de esta temática.

*Tabla 7. Aspectos didácticos de la Temática 1.*

<b>Finalidades de aprendizaje</b>	<b>Descripción</b>	<b>Actividades</b>
<b>Conceptuales</b>	Reconocer los sucesos históricos que llevaron al descubrimiento del ADN como portador y responsable de transferir la información genética.  Identificar las diferentes corrientes científicas que aportaron a la epistemología de la Biología Molecular.  Establecer la relación estructural y funcional de la molécula del ADN para el almacenamiento y transmisión del material genético.	Lectura: <i>Atrapados en la doble hélice</i>  Video: <i>El descubrimiento de la estructura de doble hélice del ADN</i>  Situación problema: 98% <i>tuyo.</i>
<b>Procedimentales</b>	Fomentar el desarrollo de habilidades analíticas y descriptivas a partir de la relación de los hechos	Línea del tiempo: <i>Hechos históricos que llevaron al</i>

	históricos con el estado actual de la Biología Molecular.	<i>descubrimiento estructural de la molécula de ADN</i>
	Fortalecer habilidades de argumentación acerca de la experimentación en el desarrollo de los diversos estudios científicos sobre el modelo de ADN.	Discusión del video: <i>El descubrimiento de la estructura de doble hélice del ADN</i>
	Desarrollar habilidades en la realización de debates con base a los aspectos epistemológicos abarcados en el desarrollo de la clase.	
<b>Actitudinales</b>	Valorar como una característica de la ciencia, que los modelos explicativos cambian con el tiempo.	
	Valorar los diferentes aportes científicos que consolidaron la Biología Molecular a fin de adquirir una postura más elaborada.	Personificación Científica: <i>Reconstruye la historia del ADN.</i>
	Escuchar activamente a los compañeros y compañeras, comparando y respetando los distintos puntos de vista.	

---

De igual manera presentamos la primera guía de trabajo titulada “*Sumérgete en la historia de la molécula de la vida*” (Figura 13), la cual reúne en total cinco actividades.

**Institución Educativa Escuela Normal Superior**  
**Biología Molecular**  
**Grado 902**

Universidad Surcolombiana  
Licenciatura En Ciencias Naturales: Física, Química y Biología

**GUÍA NO. 1:**  
**Sumérgete en la historia de la molécula de la vida**

Nombre: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

**1. Observa el video: “De lo macro a lo micro”** y descubre la relación que existe entre lo más lejano y lo más interno de toda existencia la biológica.

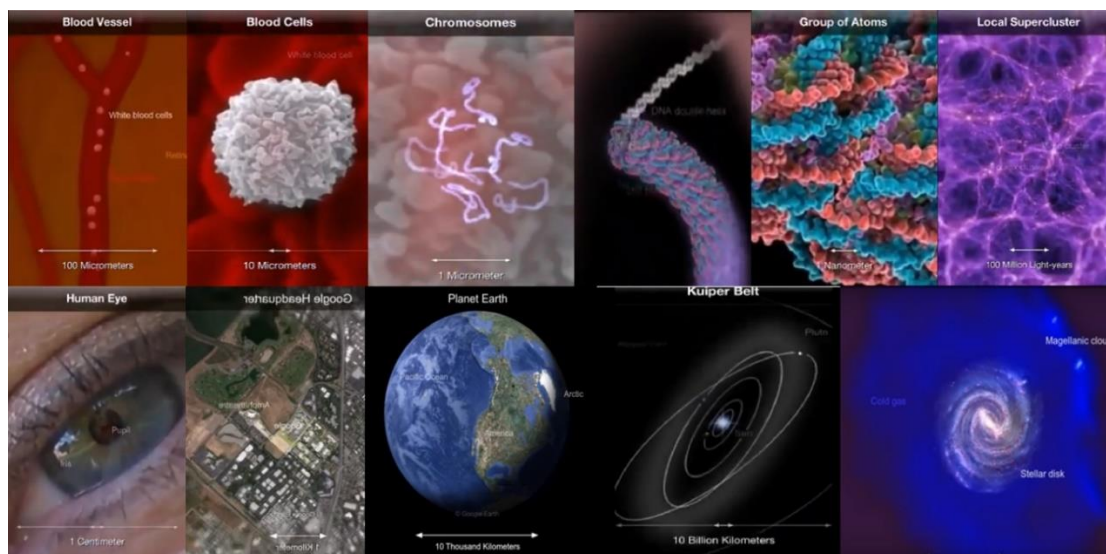
**2. Ahora, lee y analiza la siguiente situación problema.**

**¡98% TUYO!**

Selena es estudiante de una Institución pública de la Ciudad de Neiva, quien cursa noveno grado de básica secundaria, con 16 años de edad. Ella es una joven responsable, respetuosa, y emprendedora que tiene una excelente relación con sus compañeros de clase, no obstante, un día cualquiera, en clase de educación física tuvo un altercado con su compañera Maite, debido a un fuerte golpe causado sin querer. Ante esta situación, Maite quien estaba de mal humor actuó de forma impulsiva, desatando una gran verdad: “Selena, el señor con quien vives y has compartido todo este tiempo no es tu padre”. Esta noticia, fue de gran sorpresa para Selena y aunque en un inicio no creyó en las palabras de Maite, al llegar a casa decidió aclarar todas sus dudas preguntándole directamente a su mamá. Frente a esta pregunta tan directa por parte de Selena, su mamá respondió: “Si, es hora que ya sepas la verdad, tu padre verdadero se llama Pedro Salazar”. La mamá sin más opción decide contarle la historia de cómo conoció y se enamoró de Pedro, sin embargo, la historia da un giro inesperado en el hecho de que negó su parentesco cuando supo que Selena venía en camino. Luego de ser revelada esta verdad, Selena decide ir en busca de él, hasta que después de una larga investigación se da un primer encuentro. Era un señor alto, delgado, piel morena y ojos claros, totalmente diferente a la apariencia física de Selena.

**Figura 13.** Parte de la guía de trabajo sobre la Temática 1: Historia y epistemología de la Biología Molecular.

Tal y como podemos observar en la figura anterior, la primera actividad propuesta en la guía de clase consistió en observar el video “de lo macro a lo micro” (Figura 14), con el fin de describir los fenómenos de la naturaleza que ocurren a diferentes escalas, hasta llegar a establecer la relación que existe entre el mundo macroscópico y microscópico, como introducción a las temáticas abstractas que abordaremos a lo largo de la intervención didáctica.




**Figura 14.** Fragmentos del video: “de lo macro a lo micro” (Tomado de <https://www.youtube.com/watch?v=8Are9dDbW24>)

Posteriormente le preguntamos a los estudiantes *¿Sabían que es una situación problema?*, en aras de introducir la Actividad 2 que correspondió a la primera situación problematizadora denominada “98% tuyo”, la cual decidimos diseñarla en base a una problemática común relacionada con una prueba de paternidad. Aquí incluimos los siguientes interrogantes: *¿Por qué crees que para la prueba de paternidad es necesario usar una muestra de sangre?*, *¿Por qué el porcentaje declarado no es de 100%, teniendo en cuenta que el resultado era positivo?*, *¿Por qué Selena no se parece en los rasgos físicos a su papá?*

Seguidamente en la Actividad 3, los estudiantes abordaron la lectura “Atrapados en la doble hélice” (Figura 15), la cual es una adaptación del texto escrito por Manuel Gallardo (2001), en donde se reúnen varios de los sucesos históricos y aportes científicos que llevaron al descubrimiento de la estructura molecular del ADN y a la consolidación de la Biología Molecular.

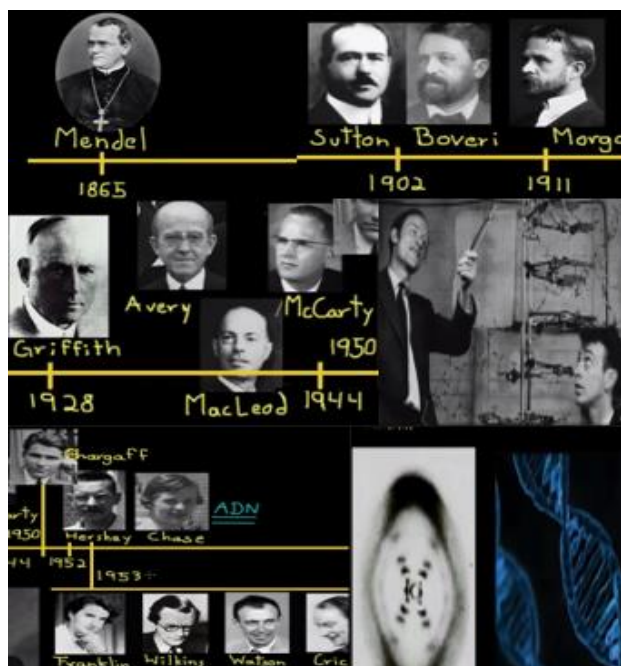
## ATRAPADOS EN LA DOBLE HÉLICE



Para el siglo XX empezaban a surgir diferentes corrientes científicas que a través de diversos Trabajos de investigación apuntaban a que los caracteres hereditarios eran transmitidos. Dentro de estos sobresalían trabajos como el del bacteriólogo **Oswald Avery y colaboradores**, quienes basados en estudios del genetista **Frederick Griffith**, demostraron con sus experimentos que la información genética era transmitida por el ácido desoxirribonucleico ADN, un tipo de molécula presente en los cromosomas y por tanto este era el material del que estaban constituidos los genes, lo cual generó controversia en aquella época, ya que algunos científicos aseguraban que los genes estaban formados solo de proteínas, sin embargo apareció el bioquímico **Erwin Chargaff**, apoyando teorías como la de Avery, planteando que los componentes que formaban el ADN, se llamaban bases y estaban en unas proporciones específicas, por lo que era necesario estudiar la equivalencia de las mismas y es aquí cuando aparece el primer protagonista de esta historia, conocido como **James Dewey Watson**, un biólogo que necesitaba establecer cómo estaban constituidos los genes para así poder analizar su comportamiento.

**Figura 15.** Parte del texto socializado en la actividad 3.

Adicionalmente, para complementar la información presentada en el texto anterior, en la Actividad 4, se proyectó el video “*El descubrimiento de la estructura de doble hélice del ADN*” (Figura 16), del cual se derivaron las siguientes preguntas *¿Qué consideras que habría pasado si Watson y Crick no hubiesen existido?, ¿Por qué crees que experimentaron en ratas y no en humanos?, Justifica la importancia de la experimentación en el desarrollo de diferentes teorías en torno al estudio del ADN o de la biología molecular, ¿Cuáles crees que fueron los mayores aportes científicos a lo largo de la historia de la biología molecular?, ¿Qué características le darías a la molécula del ADN?*; estas fueron debatidas con el propósito de que los estudiantes identificaran las corrientes científicas que contribuyeron a la epistemología de la Biología Molecular.



**Figura 16.** Fragmentos del video: “El descubrimiento de la estructura de doble hélice del ADN” (Tomado de: <https://www.youtube.com/watch?v=XjkUNW-Bj3g>)

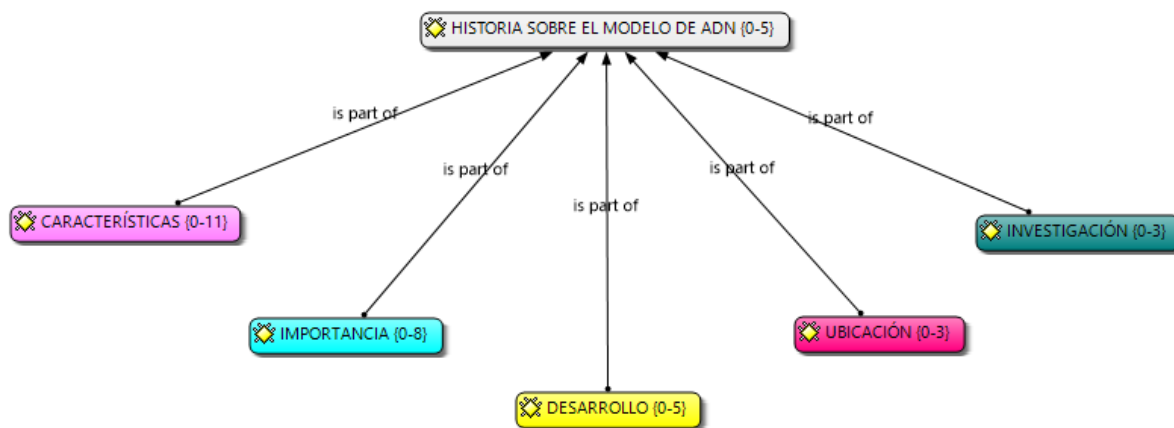
Finalmente, para el desarrollo de la Actividad 5 denominada “*Personifica la historia sobre el modelo del ADN*”, organizamos pequeños grupos de tres estudiantes, los cuales recibieron de manera aleatoria una ficha con el personaje que debían personificar (Figura 17) la cual especificaba el nombre, retrato y síntesis de sus aportes científicos con relación al descubrimiento de la estructura de la doble hélice del ADN. Posteriormente los grupos se debían reunir y entre todos construir una línea del tiempo, de acuerdo a la época en que intervino cada científico en la historia, con el fin de valorar sus aportes y asimismo relacionar los hechos históricos con el estado actual de la Biología Molecular.



**Figura 17.** Parte de una de las fichas entregadas a los grupos de trabajo para la respectiva personificación y construcción de la línea del tiempo.

### Análisis

En este sentido, como producto de la diversidad de respuestas emitidas por el estudiantado al desarrollar cada una de las actividades propuesta en la guía 1, identificamos cinco subcategorías respecto a la Historia del modelo sobre ADN: *Características, Importancia, Desarrollo, Ubicación e Investigación*, (Figura 18).



**Figura 18.** Subcategorías identificadas en la Guía 1: Historia sobre el modelo de ADN.

*Fuente: Construida por los autores en el Atlas ti.*

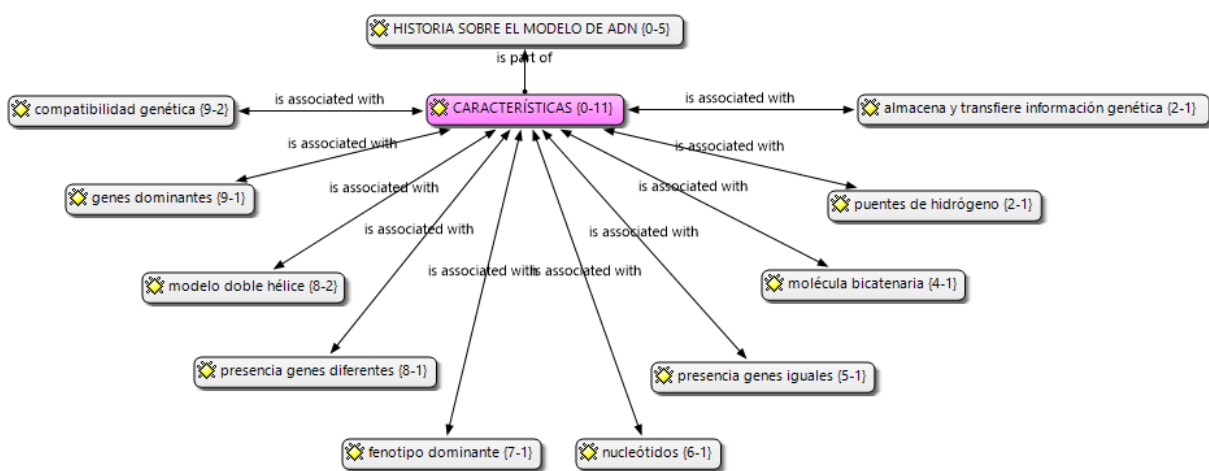
Sobre esta actividad, destacamos que tal como afirma Guevara (2004), la historia de la ciencia se debe tomar como punto de referencia para demostrar que el progreso científico

actual y venidero es el resultado de la acumulación continua de nuevos saberes, los cuales nos obligan a replantear ideas o en su defecto proponer nuevas problemáticas. Tal y como se puede corroborar con el avance en hechos históricos que engloba el descubrimiento de la estructura molecular del ADN, en donde fue de vital importancia la participación de la comunidad científica, ya que fueron los encargados de descifrar y direccionar el proceso a partir de sus aportes teóricos y prácticos, resumidos en logros que posteriormente abrieron paso a la consolidación de la Biología Molecular Moderna (Faradori y Lagos, 2003).

A continuación, presentamos las subcategorías halladas y las tendencias más representativas en cada caso.

### *Características*

En esta subcategoría tenemos un total de 9 tendencias, dentro de las cuales resaltamos las tendencias *Compatibilidad genética* con el 15% (9 afirmaciones), seguido de *genes dominantes* con un 15% (9 afirmaciones) y *modelo doble hélice* con 13,33% (8 afirmaciones), por ser las más representativas. En cuanto a las tendencias menos representativas encontramos *Puentes de Hidrogeno* y *Almacena y transfiere información genética* cada una con 2 afirmaciones traducidas en un 3.33% (Figura 19).



**Figura 19.** Tendencias identificadas en la subcategoría características.

Fuente: Construida por los autores en el Atlas ti.

**Compatibilidad genética:** Para el caso de esta tendencia, la frecuencia reportada fue del 15% (9 afirmaciones), haciendo referencia a que, gracias a la existencia del ADN, hoy

tenemos la posibilidad de establecer parentescos, teniendo como base la compatibilidad genética establecida a través de diferentes pruebas de laboratorio.

**GU1:E7:P1:34** [Haciendo referencia a la situación problema “¡98 % Tuyo!” y la pregunta ¿Por qué crees que, para la prueba de paternidad, fue necesario usar una muestra de sangre?] *“Porque una prueba de ADN sería lo más efectivo para comprobar el parentesco de una persona con otra.”*

**Genes dominantes:** La frecuencia registrada para esta tendencia fue del 15% (9 afirmaciones), debido a que los estudiantes argumentaron que los genes pueden ser dominantes o recesivos, lo cual, según ellos, explica el hecho de que una persona se pueda llegar a parecer más a uno de sus progenitores.

**GU1:E34:P1:159** [Haciendo referencia a la situación problema “¡98 % Tuyo!” Y la pregunta ¿Por qué Selena no se parecía en los rasgos físicos a su papá?] *“Porque tal vez los genes de la mamá eran dominantes y por eso tiene más parecer a los de la madre.”*

**Modelo doble hélice:** Esta tendencia fue la mayoritaria con una frecuencia del 13,33% (8 afirmaciones), ya que los estudiantes consideraron que la característica más relevante de la molécula de ADN, es el modelo de la doble hélice, lo cual se puede verificar en la siguiente evidencia textual.

**GU1:E1:P1:9** [Haciendo referencia a la lectura “¡Atrapados en la doble hélice!” y la pregunta ¿Qué características le darías a la molécula del ADN?] *“Que tiene doble hélice, que unen las 2 cadenas, los puentes de hidrógeno que conectan un azúcar, un grupo fosfato y una base nitrogenada que contenía A,T,C,G y se emparejaban así G=C y A=T.”*

**Presencia genes diferentes:** Como resultado de las 8 afirmaciones de esta tendencia (13,33% del total de respuestas), los estudiantes se centraron en esclarecer que a nivel genético todas las personas son diferentes y por tanto pruebas como la de paternidad nunca arrojaran un 100% de compatibilidad genética, ya que conservan perfiles distintos.

**GU1:E24:P1:108** [Haciendo referencia a la situación problema “¡98 % Tuyo!” Y la pregunta ¿Por qué el porcentaje declarado no fue de 100%, teniendo en cuenta que el resultado era positivo?] “*No fue 100% porque todas las personas son genéticamente diferentes.*”

En lo referente a las demás tendencias como *Fenotipo dominante* con el 11,67% del total de opiniones (7 afirmaciones), *Nucleótidos* 10% del total de consideraciones (6 afirmaciones), *Presencia genes iguales* 8% del total de respuestas (5 afirmaciones) y demás, decidimos omitirlas debido a su menor frecuencia y por ende menor representatividad dentro de lo sistematizado.

En síntesis, la situación problema “98 % Tuyo”, permitió el despliegue de una secuencia de afirmaciones, que giraron en torno a la pregunta *¿Por qué crees que, para la prueba de paternidad, fue necesario usar una muestra de sangre?*, las cuales mostraron una particular similitud y fue el hecho de que solo hicieron referencia a características estructurales del ADN, dejando de lado las principales funciones, comprobando así lo planteado por Quintanilla (2005), respecto a que las situaciones problematizadoras generan una variabilidad conceptual que favorecen los procesos de modelización en los estudiantes, a partir de la relación que se establece con el contexto, facilitando la interpretación del mundo desde una perspectiva teórica sujeta a las dificultades de aprendizaje presentadas. Razón por la cual para Jiménez (2003), es fundamental despertar en los estudiantes, la curiosidad e interés hacia las ciencias, en aras de que puedan comprender mejor los fenómenos que enmarcan su realidad, lo cual se tuvo en cuenta al diseñar la guía de trabajo, pensando en que cada detalle tenga un sentido que se relacione con la temática a tratar, de modo que los estudiantes se sientan familiarizados con lo expuesto.

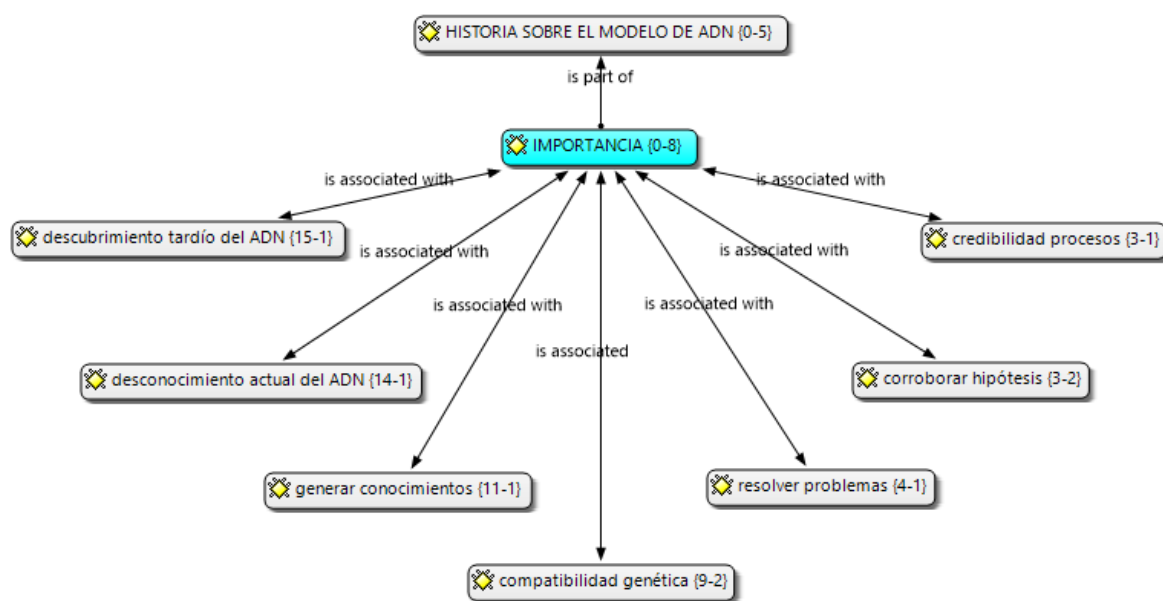
En consecuencia, Lorente (1997) coincide con Orbiza (2016), al poner de manifiesto la importancia de introducir en el currículo la enseñanza del genoma humano, como base en el estudio de la herencia, teniendo en cuenta que el ADN como material genético a nivel funcional posee las instrucciones necesarias para determinar los diversos caracteres biológicos que identifican a un individuo, razón por la cual insisten en que los estudiantes deben tener claras tanto las características estructurales, como las funcionales, ya que en conjunto definen el ácido desoxirribonucleico como una biomolécula compuesta por una estructura de doble hélice y una doble cadena de nucleótidos, que otorga la capacidad de transportar la información de los caracteres hereditarios, lo cual se convierte en su función

principal, puesto que almacena y transfiere la información genética con el fin de permitir y ser la base en la codificación de las proteínas y la expresión génica.

Dicho de otro modo, la resolución de problemas permitió que el estudiantado comprendiera la naturaleza de la ciencia, partiendo de que autores como Amórtégui y Gavidia (2018), resaltan que la alfabetización científica implica comprender que es la ciencia, cómo se ha construido, a qué ritmo evoluciona y cuál es su influencia en el desarrollo sociocultural.

### ***Importancia***

Para esta subcategoría agrupamos las siete tendencias que muestra la Figura 20, siendo las más representativas *descubrimiento tardío del ADN* con el 25,43%, *desconocimiento actual del ADN* con el 23,72% y *generar conocimientos* con un 18,64%, mientras que como tendencias menos representativas aparecen *corroborar hipótesis* y *credibilidad procesos* las cuales representaron el 5,09% del total de afirmaciones hechas por el estudiantado en cada caso.



**Figura 20.** Tendencias identificadas en la subcategoría *Importancia*.

Fuente: Construida por los autores en el Atlas ti.

***Descubrimiento tardío del ADN:*** Esta tendencia tuvo un total del 25,43% (15 afirmaciones) para referirse a lo que hubiese sucedido según ellos, si científicos

protagonistas como Watson, Crick y colaboradores no hubiesen existido, ya que consideran que tarde o temprano otras personas habrían contribuido en sentar las bases de la historia que hoy conocemos acerca de la estructura de la molécula de la vida.

**GU1:E1:P1:4** [Haciendo referencia a la lectura “¡Atrapados en la doble hélice!” y la pregunta ¿Qué consideras que habría pasado si Watson y Crick no hubiesen existido?] “*Creo que se hubiera demorado más tiempo en saber de qué el ADN que era responsable de las herencias genéticas o llegar a la conclusión de lo que hoy sabemos.*”

**Desconocimiento actual del ADN:** Esta tendencia fue mencionada en un 23,72% del total de consideraciones (14 afirmaciones) ya que, ante la pregunta, el estudiantado consideró que lo más probable sería que en la actualidad ignoráramos la existencia del ADN como ácido desoxirribonucleico, teniendo en cuenta que no habría antecedentes o registro de estudios como los realizados por Watson y Crick, que sirvan de sustento histórico y teórico.

**GU1:E18:P1:87** [Haciendo referencia a la lectura “¡Atrapados en la doble hélice!” y la pregunta ¿Qué consideras que habría pasado si Watson y Crick no hubiesen existido?] “*Jamás hubieran descubierto algo sobre la existencia del ADN.*”

**Generar conocimientos:** esta tendencia representó el 18,18% del total de respuestas (11 afirmaciones), en lo que respecta a la importancia e influencia de la experimentación en los avances científicos que se vieron involucrados en el descubrimiento del ADN, ya que la conciben como pieza clave en la construcción de teorías y conocimientos validados a nivel científico.

**GU1:E8:P1:46** [Haciendo referencia a la lectura, “¡Atrapados en la doble hélice!” y la pregunta Justifica la importancia de la experimentación en el desarrollo de diferentes teorías en torno al estudio del ADN o de la biología molecular.] “*La importancia de esto es lograr hallar la teoría correcta o más aceptada sobre el ADN y las moléculas.*”

Por su parte, las tendencias, *compatibilidad genética* con el 15,25% del total de respuestas (9 afirmaciones), *resolver problemas* con el 6,78% (4 afirmaciones), *corroborar hipótesis* y *credibilidad procesos* cada una con el 5,09% (3 afirmaciones respectivamente), tuvieron una menor representatividad dentro de las actividades sistematizadas.

En este orden de ideas, si tomamos como punto de referencia las preguntas “¿Qué consideras que habría pasado si Watson y Crick no hubiesen existido? y justifica la importancia de la experimentación en el desarrollo de diferentes teorías en torno al estudio del ADN o de la biología molecular” (correspondientes a la lectura *Atrapados en la doble Hélice*), podemos evidenciar que estas actuaron a favor del cumplimiento de las finalidades de aprendizaje, ya que a nivel actitudinal los estudiantes valoraron los diferentes aportes científicos que consolidaron la biología molecular, justificando la importancia de la experimentación a lo largo de la historia, lo cual resulta muy significativo según Amórtegui y Gavidia (2018), porque le permite al estudiante asumir con responsabilidad las situaciones relacionadas con el avance científico y la configuración de la sociedad y la cultura en la que se desenvuelven, ya que sin duda alguna, es grande la influencia que ejerce el contexto sociocultural en la construcción del conocimiento y por ende es necesario promover este tipo de estrategias que permitan poder discutir y fundamentar los distintos modelos explicativos de la realidad (Arceo et al. 2002).

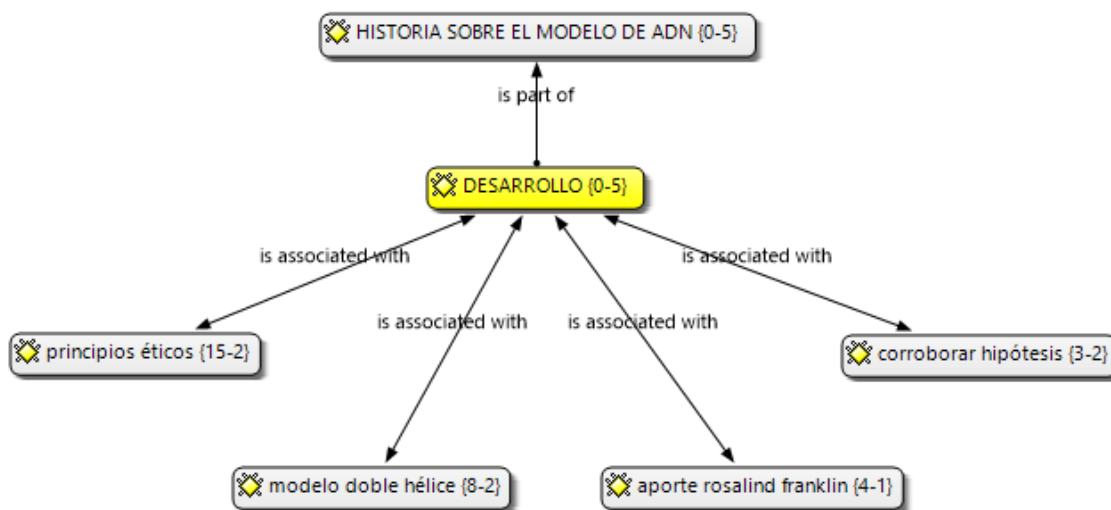
En consideración de lo anterior, Osorio (2016) plantea que el valor histórico del que se ha apropiado la experimentación en la evolución de la ciencia y el pensamiento científico, subyace en la trascendencia que han tenido los múltiples inventos y descubrimientos que han surgido como producto de los estudios realizados, tal y como sucedió con el hallazgo de la estructura molecular del ADN, lo cual revolucionó el mundo al rendir explicación sobre la base de la vida, abriendo paso a diferentes campos del conocimiento que se enmarcaron en dicha teoría.

Por tanto, Vega (2012) propone que, en el marco de la enseñanza de las ciencias, es importante que la experimentación sea considerada como lo que es, un método de investigación científica que consiste en el estudio e interpretación de fenómenos, a partir de la manipulación de variables, con el fin de determinar la naturaleza de las mismas y poder dar respuesta y solución a problemas e incógnitas que surgen como una necesidad y finalizan materializados en nuevos saberes (Carpi y Egger, 2008).

### ***Desarrollo***

En esta subcategoría, los participantes se refirieron a los aspectos que según ellos marcaron el desarrollo de la historia sobre el modelo del ADN, quedando resumidos en

cuatro tendencias, dentro de las cuales destacamos *Principios éticos* con el 50 %, del total de respuestas y *Modelo de la doble hélice* con un 26,67%. Respecto a las tendencias *Aporte Rosalind Franklin* con el 13.33% y *Corroborar hipótesis* con el 10%, del total de consideraciones respectivamente, las cuales se presentaron en menor proporción (Figura 21).



**Figura 21.** Tendencias identificadas en la subcategoría Desarrollo.

Fuente: Construida por los autores en el Atlas ti.

**Principios éticos:** La frecuencia registrada para esta tendencia fue del 50% del total de respuestas (15 afirmaciones), debido a que los estudiantes argumentaron que la experimentación realizada con animales se ha convertido en una actividad básica de la ciencia, la cual busca garantizar la integridad y calidad de vida del ser humano.

**GU1:E8:P1:45** [Haciendo referencia a la lectura, “¡Atrapados en la doble hélice!” y la pregunta ¿Por qué crees que experimentaron en ratas y no en humanos?] “*Porque al experimentar en humanos podría causar un riesgo en la integridad del ser humano.*”

**Modelo de la doble hélice:** Como resultado de las 8 afirmaciones que enmarcan esta tendencia (26,67% del total de opiniones), tenemos el hecho de que los estudiantes coincidieron en subrayar que el descubrimiento del modelo de la doble hélice del ADN, ha sido el aporte científico más significativo dentro de los que reúne la historia de la biología molecular.

**GU1:E16:P1:83** [Haciendo referencia a la lectura, “¡Atrapados en la doble hélice!” y la pregunta ¿Cuáles crees que fueron los mayores aportes científicos a lo largo de la historia de la biología molecular?] “*El aporte principal y más importante para mí es la teoría de la doble hélice, que fue un trabajo entre Watson, Crick y Franklin.*”

En cuanto refiere a las tendencias que arrojaron menor frecuencia, es decir *Aporte Rosalind Franklin* con el 13,33% del total de respuestas (4 afirmaciones) y *Corroborar hipótesis* con el 10% del total de consideraciones (3 afirmaciones), estas registran una menor representatividad dentro de la actividad sistematizada, desde la perspectiva del conocimiento científico.

Al interpretar las respuestas emitidas por los estudiantes, observamos que sistematizaron mejor sus conocimientos, asumiendo posturas más elaboradas al atribuir la importancia del modelo de la doble hélice dentro del desarrollo histórico de la Biología Molecular, lo cual reflejó el cumplimiento de la finalidad de aprendizaje en cuanto refiere a relacionar los hechos históricos con el estado actual de dicha disciplina, contrastando no solo los cambios conceptuales y estructurales, sino también valorando los diferentes aportes científicos.

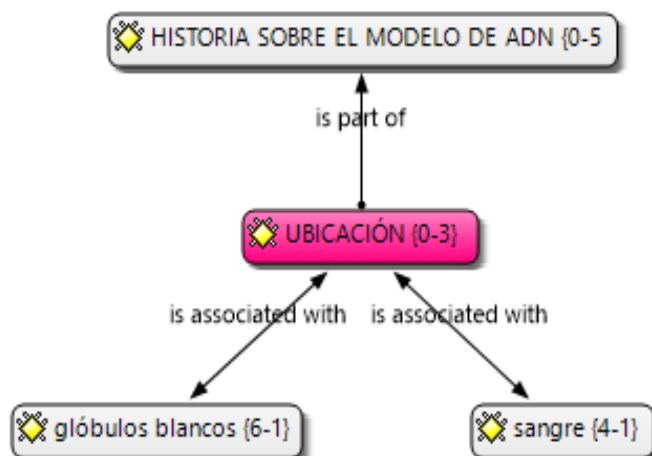
En este orden de ideas, es preciso decir que el material didáctico variado que implementamos, favoreció la estimulación del razonamiento de los estudiantes, pues permitió hacer uso constante de la dialéctica, la cual no solo facilitó el análisis de la información presentada en la lectura “*atrapados en la doble hélice*” y en el video “*el descubrimiento de la estructura de doble hélice del ADN*”, sino que también logro promover una actitud científica en los estudiantes, al construir conocimiento a partir de la búsqueda de explicaciones (Campanario, 1998). En cuanto a las actividades experimentales desarrolladas, es decir, la personificación de los científicos y la construcción de la línea del tiempo, estas permitieron el afianzamiento y apropiación de los saberes adquiridos y favorecieron el trabajo en equipo. (Sánchez y Valcárcel, 1993).

Por tanto, Mendoza (2017), reitera lo esencial que resulta conocer el pasado para comprender la realidad actual de las cosas, apoyándose del ejemplo del descubrimiento de la estructura del ADN, el cual 65 años después de haberse difundido en la revista Nature sigue siendo considerado el hallazgo encargado de revolucionar la biología para siempre, tal y como lo dijo en 1962 el profesor Albert Engstrom de la academia de Ciencias en

Suecia, al entregar el premio nobel de fisiología y medicina como máxima distinción a Watson, Crick y Wilkins: “*Prácticamente, todas las disciplinas científicas en las ciencias vivas sintieron el gran impacto de este descubrimiento*”, teniendo en cuenta que no solo abrió paso a la Biología Molecular como nueva disciplina, sino que también consolidó grandiosos avances en el campo de la medicina, los cuales son catalogados como momentos claves en la ciencia moderna que sin duda alguna ameritan ser promovidos en las aulas de clase.

### **Ubicación**

En esta subcategoría encontramos tan solo las dos tendencias que se aprecian en la Figura 22, siendo *glóbulos blancos* la tendencia más representativa con el 60% del total de respuestas y *sangre* la tendencia menos representativa con el 40% del total de opiniones, la cual de igual forma será analizada, teniendo en cuenta la relación entre ambas.



**Figura 22.** Tendencias identificadas en la subcategoría Ubicación.

Fuente: Construida por los autores en el Atlas ti.

**Glóbulos blancos:** Esta tendencia fue la mayoritaria con el 60% del total de consideraciones (6 afirmaciones) al ser nombrada por los participantes para señalar que el ADN se encuentra localizado específicamente en los glóbulos blancos.

**GU1:E36:P1:144** [Haciendo referencia a la situación problema “¡98% tuyo!” y la pregunta ¿Por qué crees que, para la prueba de paternidad, fue necesario usar una muestra de sangre?] “Porque en el ADN lo podemos encontrar en los glóbulos blancos.”

**Sangre:** Para el caso de esta tendencia, la frecuencia reportada fue del 40% del total de respuestas (4 afirmaciones), ya que los estudiantes hicieron referencia a la sangre como fluido biológico que contiene células en donde se encuentra ubicado el ADN.

**GU1:E24:P1:107** [Haciendo referencia a la situación problema “¡98 % Tuyo!” y la pregunta ¿Por qué crees que, para la prueba de paternidad, fue necesario usar una muestra de sangre?]  
*“Porque el ADN se encuentra en la sangre.”*

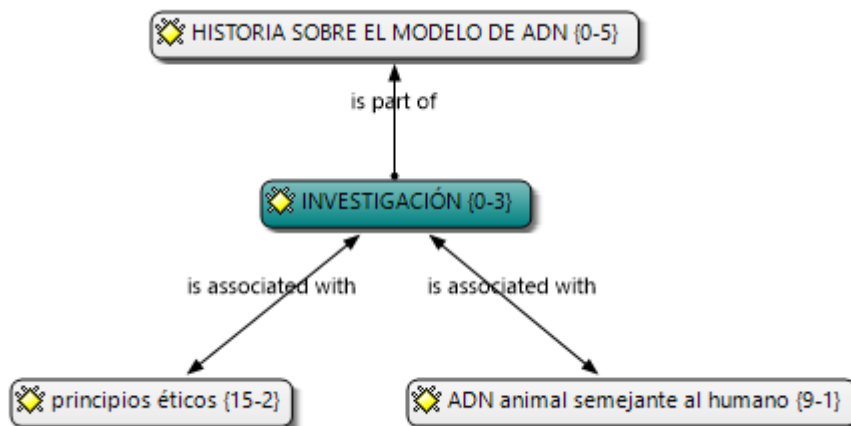
Al interpretar los resultados alcanzados en esta subcategoría a raíz de la pregunta ¿Por qué crees que, para la prueba de paternidad, fue necesario usar una muestra de sangre? (correspondiente a la situación problema “98% tuyo”), notamos que los niveles de comprensión de la persona para lograr entender y analizar la situación generadora del problema, depende de los elementos y conocimientos alternativos de los que disponga el estudiante (Parra, 1990).

Lo anterior, teniendo en cuenta que pese a que algunos estudiantes se refirieron a los glóbulos blancos como células de la sangre que poseen ADN, otros mantuvieron su visión reduccionista de las cosas, al atribuir la ubicación del ADN a la sangre en general ya que solo asociaron la muestra sanguínea con el establecimiento de parentesco, como suele atribuirse en el contexto en el que se desenvuelven, lo cual según Reyes y Ceballos (2014) se debe a que los estudiantes aún no logran distinguir entre la ubicación del ADN en células eucariotas y procariotas, posiblemente como producto de la falta de saberes respecto a ejes temáticos estructurantes como el de organización, estructura y actividad celular; cuando deberían reconocer el ADN como ácido nucleico que se encuentra ubicado en el núcleo celular para el caso de las eucariotas y en el Nucleoide cuando hacemos referencia a células procariotas (Moran, 2013).

Razón por la cual hacemos una analogía entre la dificultad de aprendizaje mencionada y un problema de la cotidianidad, teniendo en cuenta que ambas cosas pueden variar e incluso desaparecer, según sean los conocimientos, las aptitudes o los intereses del estudiante al momento de enfrentarse a ellos (Peláez y Lizcano, 2014).

### **Investigación**

En esta subcategoría encontramos nuevamente solo dos tendencias, dentro de las cuales se distingue como tendencia más representativa *Principios éticos* con un 62.5% del total de consideraciones y *ADN animal semejante al humano*, como la menos representativa con un 37.5% (Figura 23).



**Figura 23.** Tendencias identificadas en la subcategoría Investigación.

Fuente: Construida por los autores en el Atlas ti

**Principios éticos:** Esta tendencia fue la mayoritaria con una frecuencia de 15 afirmaciones (62.5% del total de opiniones), las cuales subrayan que es más fácil controlar las condiciones de un experimento realizado con un animal que con un humano, debido a los riesgos que implica, pero no por ello están de acuerdo, ya que defienden la vida de los animales, la cual de igual forma debe ser respetada.

**GU1:E31:P1:132** [Haciendo referencia a la lectura, “¡Atrapados en la doble hélice!” y la pregunta ¿Por qué crees que experimentaron en ratas y no en humanos?] “*porque es muy peligroso hacer experimentos con humanos, eso es un delito, pero igual con los animales.*”

**ADN animal semejante al humano:** Para el caso de esta tendencia, la frecuencia reportada fue del 37.5% (9 afirmaciones), ya que con ella hicieron alusión a que se experimenta con animales y no con humanos, por el hecho de que presentan un material genético similar, lo cual permite obtener resultados confiables sin poner en peligro la vida humana.

**GU1:E20:P1:100** [Haciendo referencia a la lectura, “¡Atrapados en la doble hélice!” y la pregunta ¿Por qué crees que experimentaron en ratas y no en humanos?] “*Pues porque las ratas tienen el mismo ADN que los humanos.*”

Partiendo de las evidencias textuales, podemos concluir que los y las estudiantes al responder se apoyaron tanto de lo proyectado en el video *el descubrimiento de la estructura de doble hélice del ADN*, como del contexto social en el que están inmersos, en donde existe una gran brecha entre los avances científicos y los principios éticos y morales, en cuanto refiere al aumento creciente de la experimentación en animales, lo cual generó polémica, ya que solo una minoría dio argumentos de rigor científico, mientras que los demás optaron por considerar que el derecho a la vida también es aplicable en animales, lo cual refleja que en esta subcategoría primaron las emociones de los estudiantes. De ahí la importancia según Hernández (2002), de tener presente que el proceso de enseñanza-aprendizaje se considera una práctica emocional, que condiciona la parte cognitiva interviniendo en la toma de decisiones (Hargreaves,1996 ;1998)

Sin embargo, Cañete (2016) defiende desde otra perspectiva el uso de modelo de animales en el ámbito de la investigación, asegurando que han sido primordial para el estudio de conductas o enfermedades y el desarrollo de tratamientos con los que se pueda combatirlas, lo cual ha contribuido a mejorar la salud tanto en humanos como en los mismos animales, ya que se utilizan mamíferos, como por ejemplo los roedores al guardar gran similitud entre genomas, lo que permite hacer seguimiento y análisis de las reacciones que se generan en sus organismos.

Adicionalmente la Confederación de Sociedades Científicas de España (COSCE), pone de manifiesto que no existe un uso indiscriminado de animales en laboratorio, ya que una buena investigación científica debe seguir y cumplir una estricta normatividad que involucra aspectos éticos, puesto que hay vigilancia activa por parte de entidades encargadas de supervisar que se esté velando por el cumplimiento del principio de las 3R: reemplazo, reducción y refinamiento, el cual se propuso en los últimos años en defensa y garantía del bienestar de los animales, precisamente para contrarrestar la polémica que ha surgido respecto al tema a nivel mundial.

## Temática 2: Estructura de los ácidos nucleicos: ADN y ARN

Para el caso de la segunda semana de intervención, abordamos aspectos relacionados con la composición, ubicación y función de los ácidos nucleicos, así como la relación entre estructuras como cromosomas, genes y ADN, importantes para comprender los procesos de almacenamiento y transmisión de la información génica en las estructuras genéticas.

### Diseño

#### *Guía 2: Descifrando la molécula que nos construye*

#### Trabajo de Aula

Con la implementación de la segunda guía didáctica denominada “Descifrando la molécula que nos construye”, buscamos alcanzar el integro conocimiento estructural y molecular de los ácidos nucleicos, con el fin de valorar la relación e importancia en el carácter funcional de estos, para el almacenamiento y transferencia de la información genética. Con base a lo anterior, en la Tabla 8 enseñamos las finalidades de aprendizajes que tuvimos en cuenta para el desarrollo de este tópico.

*Tabla 8. Aspectos didácticos de la Temática 2.*

<b>Finalidades de aprendizaje</b>	<b>Descripción</b>	<b>Actividades</b>
<b>Conceptuales</b>	Identificar la estructura u organización molecular de los ácidos nucleicos como componente fundamental para el almacenamiento y la transferencia de la información génica.	Situación problematizadora: <i>El genoma Simpson</i> Video: <i>ADN y ARN</i>
	Establecer las diferencias estructurales y funcionales de los ácidos nucleicos.	Elaboración: <i>Maqueta estructural de la molécula de ADN y ARN</i>
	Reconocer la relación estructural que existe entre genes y cromosomas para la transferencia de los caracteres hereditarios	
<b>Procedimentales</b>	Fortalecer habilidades del conocimiento científico mediante la utilización de técnicas artesanales e	Práctica de Laboratorio: Extracción del ADN

instrumentos de fácil acceso para la extracción e identificación de la estructura del ADN de manera macro y microscópica. Análisis comparativo: *ADN vs ARN*

Desarrollar habilidades creativas en la elaboración de la estructura molecular de los ácidos nucleicos con materiales de fácil acceso con el fin de establecer las relaciones y diferencias entre sí. Socialización de las maquetas

Promover habilidades de argumentación y descripción con base al debate y la participación de los estudiantes mediante el análisis de situaciones del contexto.

---

### Actitudinales

Valorar la importancia estructural y funcional de los ácidos nucleicos en la transferencia de la información genética.

Ser responsable cuando trabajo en equipo, cumpliendo las funciones que me corresponden y respetando las funciones de los demás.

Escuchar activamente a los compañeros y compañeras, comparando y respetando los distintos puntos de vista.

---

Exposición: *Estructura molecular del ADN y ARN*

Así mismo, presentamos la segunda guía de trabajo titulada “*Descifrando la molécula que nos construye*” (Figura 24), la cual dentro de su diseño integra un total de cuatro actividades de carácter conceptual, procedimental y actitudinal.

Universidad Surcolombiana  
Licenciatura En Ciencias Naturales: Física, Química y Biología

**GUÍA NO. 2:**  
**DESCIPRANDO LA MOLÉCULA QUE NOS  
CONSTRUYE**

Nombre: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

**1 Genoma Simpson**

Observa el video "Genoma Simpson" y en base a la situación problema mostrada, responde las siguientes preguntas:

- ¿Qué es el genoma?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- ¿Sabes que lleva un Gen y donde se encuentra?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- ¿Existen diferencias entre los cromosomas de las mujeres y de los hombres? ¿Cuáles?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- ¿Crees que los genes de March, tienen algo que ver en que Lissa sea inteligente, o solo es un carácter que depende de los genes de Homero?

*Figura 24. Parte de la guía de trabajo sobre la Temática 2: Estructura de los ácidos nucleicos, ADN y ARN.*

Del mismo modo que logramos observar en la figura anterior, la primera actividad planteada en la segunda guía de clase, consistió en el análisis, interpretación y resolución de la situación problematizadora denominada "El Genoma Simpson" (Figura 24), diseñada con el fin de establecer tanto la relaciones fenotípicas y genotípicas como, estructurales y funcionales entre genoma, cromosoma y genes, con procesos de transferencia y expresión de los caracteres hereditarios. Con ello, buscamos que a partir de los rasgos de inteligencia heredados por la familia Simpson, los y las estudiantes logren no solo comprender las relaciones entre los caracteres fenotípicos y genotípicos, o el conocimiento sobre la estructura, composición y ubicación de las estructuras implícitas en dicho proceso, sino también, reconocer las diferencias composicionales entre el genoma masculino y femenino

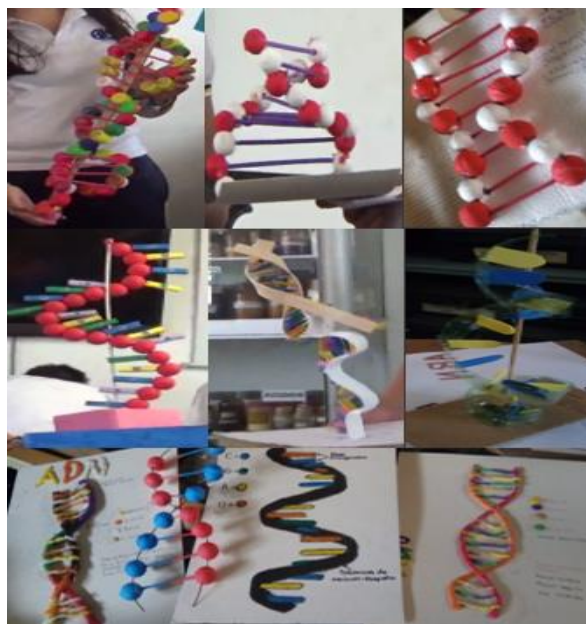
de la especie humana, y en específico, identificar la participación e interacción de los genes parentales, en la herencia y expresión de los caracteres de una progenie.



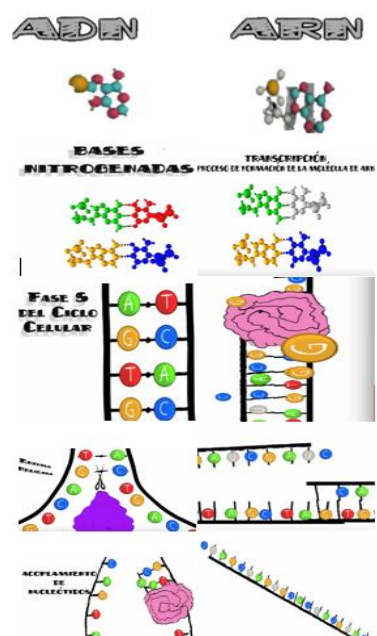
**Figura 25.** *Proyección de la situación problematizadora “El genoma Simpson” con base al video “Lisa Simpson Genoma” (Tomado de [https://www.youtube.com/watch?v=l2Q\\_6P4a8cs](https://www.youtube.com/watch?v=l2Q_6P4a8cs) )*

Con base a lo anterior, surgen interrogantes tales como *¿Qué es el Genoma?, ¿Sabes qué lleva un gen y donde se encuentra?, ¿Existen diferencias entre los cromosomas de las mujeres y de los hombres? ¿Cuáles?, ¿Crees que los genes de March, tiene algo que ver en que Lissa sea inteligente, o solo es un carácter que depende de los genes de Homero?*

Posteriormente, planteamos la segunda y tercera actividad fundamentada en la realización por grupos de trabajo, del modelo estructural y/o molecular del ADN y ARN con materiales de fácil acceso (Figura 26), a fin de que el estudiantado lograra reconocer en apoyo del análisis comparativo denominado “ADN vs ARN” y el video “ADN y ARN” (Figura 29), las características estructurales y molecular de estas dos estructuras, su relación o dependencia con la especificidad funcional y ubicacional, y su importancia dada su participación en los procesos de duplicación, transcripción y traducción para el almacenamiento, la transmisión y la expresión de la información genética.



**Figura 26.** Elaboración del modelo estructural de ADN y ARN



**Figura 27.** Fragmentos del video “ADN vs ARN” (Tomado de <https://www.youtube.com/watch?v=BjEFRONjWIo>)

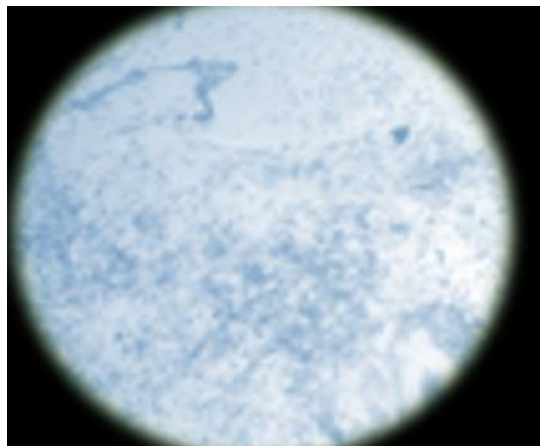
Finalmente, la práctica de laboratorio “Extracción de ADN” como cuarta y última actividad, la cual trazamos con el fin de dar a conocer las etapas básicas para la obtención y visualización del material genético mediante la implementación de métodos artesanales,

técnicas sencillas y materiales de fácil acceso, tales como agua, sal, vasos plásticos, juego de fruta, detergente, alcohol, gotero, reactivo como el azul de metileno y equipos de laboratorio como el microscopio (Figura 28), de modo que se establezca la relación macro y microscópicas de la estructura del ADN, y la función de cada sustancia e importancia de su uso, para el aislamiento celular, la rotura de membranas, y posteriormente la extracción, purificación, condensación y suspensión del ADN, procedimientos básicos que constituyen todo proceso de separación de ADN.



**Figura 28.** *Práctica de laboratorio: Extracción de ADN*

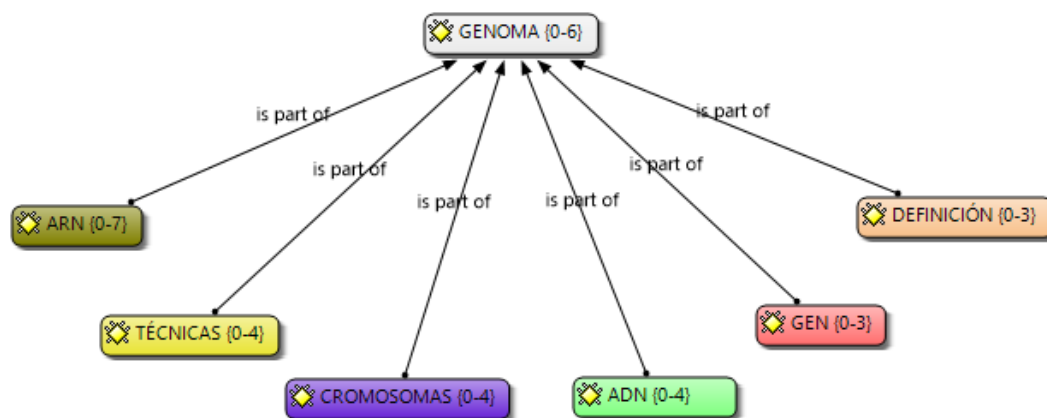
Adicionalmente, señalamos que, para la observación del ADN, los estudiantes debían situar la muestra en el portaobjeto y teñir con azul de metileno, agregando tres gotitas y eliminando el exceso de colorante con poca agua. Por consiguiente, mostramos una evidencia de lo allí observado.



**Figura 29.** *Práctica de laboratorio: Extracción de ADN, visualización del ADN al microscopio.*

### Análisis

Como resultado en la diversidad de respuestas emitidas por los y las estudiantes al desarrollar cada una de las actividades propuesta en la guía 2, identificamos seis subcategorías con relación al Genoma de los organismos vivos: *ARN*, *Técnicas*, *Cromosomas*, *ADN*, *Gen*, *Definición*, (Figura 30).



**Figura 30.** *Subcategorías identificadas en la Guía 2: Descifrando la molécula que nos construye*

*Fuente: Construida por los autores en el Atlas ti*

En la Figura 30 presentamos las subcategorías que han surgido de las respuestas dadas por el estudiantado en la primera guía de clase, referenciando dentro de las más representativas al *ARN* con el 28%, seguida de *Técnicas*, *Cromosomas*, y *ADN* con el 16% cada una y finalmente la subcategoría *Gen* y *Definición* del genoma con el 12% en cada

caso. Estas subcategorías contienen temáticas tales como la definición y composición del genoma, genes, ubicación, diferencias cromosómicas, estructura, función, ubicación e importancia del ADN y el ARN, técnicas para la extracción y visualización del ADN, entre otras.

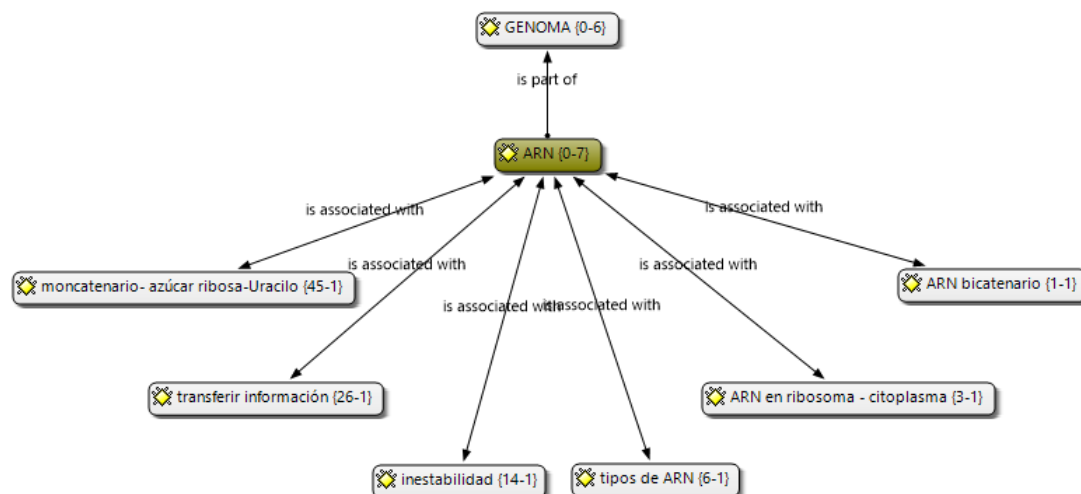
De acuerdo con Yankovic (2007) y Espinoza (2003), el Genoma es el conjunto de cromosomas quienes almacenan genes y constituyen cada célula, u organismo; mientras que para vaquero (2008), es el conjunto total de genes, es decir, la información genética de un ser vivo codificada mediante la secuencia química del ADN, y manifestada a través de rasgos evidentes mediante la elaboración de proteínas requeridas por el cuerpo viviente. Este conjunto de instrucciones o códigos permiten la formación e identidad del organismo vivo y su estudio hace posible conocer el diseño estructural y funcional de las células que lo componen para la detección, tratamiento y prevención de afecciones

Por lo tanto, el genoma se puede abarcar desde su definición entre ejes temáticos como la composición cromosómica; constitución y distribución génica; estructuración, ubicación e importancia de los ácidos nucleicos o material genético. Así mismo, la relación con el reconocimiento de las técnicas de extracción, las cuales posibilitan según Vaquero (2008), el estudio acabado del genoma, la comprensión del funcionamiento y papel de cada gen, la identificación de las secuencias génicas necesarias para el desarrollo y la sostenibilidad de la existencia, la individualización y el tratamiento a enfermedades naturales o hereditarias. Es así como evidenciamos que el principal enfoque de esta categoría son los factores cromosómicos, genéticos (genes, ADN y ARN) y técnicos.

A continuación, presentamos las subcategorías y mostramos las tendencias más representativas de cada una.

### ***ARN***

En esta subcategoría registramos un total de 6 tendencias, dentro de las cuales destacamos como las más significativas al *ARN Monocatenario* y *azúcar ribosa* con el 47,3% en mayor mención, seguido de características funcionales como el *transferir información* con el 27,3% e *inestabilidad* con el 14,7% y finalmente como tendencia menos significativa al *ARN bicatenario* con el 1,05% (Figura 31).



**Figura 31.** Tendencias identificadas en la subcategoría ARN

Fuente: Construida por los autores en el Atlas ti

**Monocatenario-azúcar ribosa-Uracilo:** Esta tendencia fue la mayormente nombrada con una periodicidad de 45 anuncios (47,3%). Allí se evidencia que para el estudiante la característica determinante en el material genético ARN de aquellos organismos quienes lo poseen, tiene que ver con las cualidades y aspectos estructurales de la molécula, la cual se caracteriza por su hebra monocatenaria constituida molecularmente por una azúcar pentosa ribosa y una base nitrogenada distintiva como el uracilo en sustitución de la Timina del ADN. De tal forma, a continuación, mostramos las ideas planteadas por uno de los estudiantes.

**GU2:E21:2:559** [Haciendo referencia a la actividad complementaria “Elaboración molecular del ADN o ARN” en conjunto con el análisis comparativo “ADN vs ARN”] “El ARN usa Ribosa, el ARN es de cadena simple y usa bases nitrogenadas pero una es diferente, posee uracilo en vez de Timina”

**Transferir información:** Esta tendencia, fue mencionada en veintiséis oportunidades (27,3%) como característica funcional del ARN, dentro del papel que cumplen al interior celular para la expresión genética, en procesos tales como la transcripción en donde se transporta desde el núcleo la información contenida en el ADN hacia las estructuras ribosomales y traducción en el cual mediante el ensamblaje se analiza e interpreta el mensaje, tal como lo muestra la siguiente evidencia.

**GU2:E13:2:206** [Haciendo referencia a la actividad complementaria “Elaboración molecular del ADN o ARN” en conjunto con el análisis comparativo “ADN vs ARN”] “*El ARN permite que la información genética contenida en el ADN se transforme en proteínas*”

***Inestabilidad:*** Esta tendencia citada en catorce ocasiones por los estudiantes (14,7%), se deriva de la estructura molecular del ARN, la cual hace que por características como la disposición monocatenaria, la carencia de enlaces fuertes y estables como los de hidrogeno y la libertad de un grupo hidroxilo en posición 2' del azúcar ribosa, sea inestable y por consiguiente fácil de purificar y degradar.

**GU2:E13:2:208:** [Haciendo referencia a la actividad complementaria “Elaboración molecular del ADN o ARN” en conjunto con el análisis comparativo “ADN vs ARN”] “*El ARN no es estable, es más débil*”

Con relación a las tendencias “*Tipos de ARN*” con un 6,3%, “*ARN en citoplasma y ribosoma*” con un 3.1%, hacen referencia en primer lugar a la diversidad que existen en los tipos de ARNs tales como el ARN mensajero, ARN ribosomal y ARN de transferencia, quienes en conjunto cumplen las funciones de copiar, transcribir y traducir la información almacenada en el ADN; y en segundo lugar al carácter propio de ubicación, el cual define que los ARNs de acuerdo a su función, se pueden localizar en el citoplasma, para la transferencia de la información o en el ribosoma para la interpretación del mensaje. Finalmente, en la postura de “*ARN bicatenario*” con un pronunciamiento mínimo del 1,05%, existe cierta ambigüedad estructural, ya que aunque la disposición del ARN comúnmente es monocatenaria, para el estudiante la idea planteada puede estar relacionada con el material genético de algunos organismos como los virus, el cual puede ser bicatenario, lineal o circular.

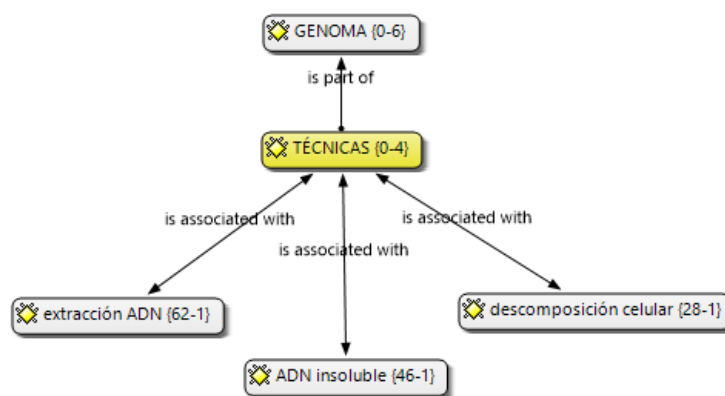
Según Curtis (2008) y Jiménez & Merchant (2003), El ARN, denominado ácido ribonucleico, se puede caracterizar de acuerdo a su estructura, composición química, ubicación, función y diversidad categórica, como un ácido nucleico de cadena simple en dirección 5' a 3', compuesto por su azúcar pentosa ribosa, y sus bases nitrogenadas Adenina, Uracilo, Citosina y Guanina, que se localiza en el nucléolo, núcleo o citoplasma dependiendo si es una célula eucariota o procariota y participa por acción específica de diferentes enzimas en los procesos de transcripción como ARNm (mensajero)

transportando la información almacenada en el ADN desde el núcleo hacia el ribosoma (ARNr) y traducción como ARNt (transferencia) que en acoplamiento con el ARNm proveniente se lee el código y traduce el mensaje para la producción de aminoácidos y posterior estructuración de proteínas.

Con lo anterior, percibimos que las ideas de los estudiantes claramente evidencian e integran las características diferenciales del ARN como genoma constituyente de algunos organismos, sobresaliendo principalmente las distintivas propiedades estructurales, químicas y funcionales, relevantes en los estudios genómicos para comprender el comportamiento génico durante los mecanismos de transmisión de información y ante diferentes agentes externos así como para identificar tratar o prevenir anomalías, infecciones u otras afecciones.

### *Técnicas*

En esta subcategoría encontramos cuatro tendencias reflejadas en la Figura 32 y siendo la más representativa *extracción de ADN* con el 45,5%, *ADN insoluble* con el 33,8%; y por último, pero no menos importante la tendencia de *descomposición celular* con el 20,5%



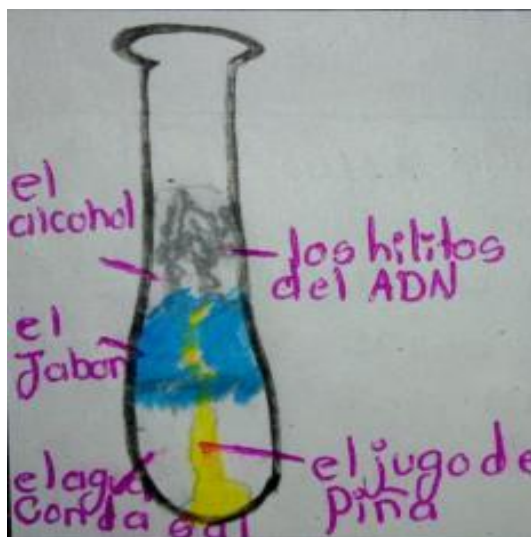
**Figura 32.** Tendencias identificadas en la subcategoría Técnicas

Fuente: Construida por los autores en el Atlas ti

**Extracción ADN:** Esta tendencia, mencionada en sesenta y dos oportunidades (45,5%) está relacionada con las técnicas para la extracción del ADN e importancia del uso de sustancias reaccionantes tales como la sal, el jabón, el jugo de piña y el alcohol para la obtención del material genético.

**GU2:E3:2:729** [Haciendo referencia a la práctica de laboratorio “Extracción de ADN” y la pregunta, ¿Por qué crees que es importante la utilización de la sal, el jabón, el jugo de piña y el alcohol para la extracción del ADN?] “*Son importantes porque ayudan a extraer y ver el ADN, cada uno cumplió su función específica de sacar las células, romperlas, extraer el ADN, hacerlo flotar y finalmente ver*”.

**ADN insoluble:** Esta tendencia relacionada con los detalles observados y alcanzados en la práctica de laboratorio fue mencionada en cuarenta y seis ocasiones (33,8%) y representada a través de gráficos como el que se muestra a continuación en la Figura 33, en donde el estudiante manifiesta posturas relacionadas con la insolubilidad del ADN y de las sustancias utilizadas.



**Figura 33.** Representación y descripción detallada de los resultados alcanzados en la práctica de laboratorio 1: Extracción del ADN.

**GU2:E7:2:110:** [Haciendo referencia a la práctica de laboratorio, “Extracción de ADN” y el planteamiento, Dibuja y describe detalladamente los resultados alcanzados] “*Pudimos ver un poco como es la estructura del ADN, Pudimos ver que son como puras burbujitas formando una cadena, Pudimos ver que el agua con sal, el jabón, el jugo de piña y el alcohol no se mezclan y que el jugo de piña fue el único que se fue bajando hasta llegar al asiento del frasco y el ADN quedó encima*”.

**Descomposición celular:** Esta tendencia fue mencionada veintiocho veces (20,5%) y representa el reconocimiento por parte de los estudiantes del papel funcional de cada uno de los reactivos utilizados para la extracción del ADN.

**GU2:E14:2:241** [Haciendo referencia a la práctica de laboratorio, “Extracción de ADN” y la pregunta, ¿Cuáles crees que son las funciones de la sal, el jabón, el jugo de piña y el alcohol en tal procedimiento?] “Pues la sal extrae las células de la boca, el jabón ayuda a descomponer las células, el jugo de piña ayuda a extraer el ADN y el alcohol frío ayuda a que se logre formar para ver los hilos del ADN y lo podemos notar”

Ahora bien, desde el punto de vista práctico, los métodos o técnicas experimentales, son de gran importancia, puesto que posibilitan la secuenciación y sistematización del genoma en archivos informáticos; y en consecuencia, conocer y descifrar la sucesión o completa información génica de un organismo (González y Rodríguez, 1997). Entre las más comunes, de acuerdo con Chappelle y Pass (2009), están las pruebas citogenéticas diseñadas para el estudio de las anomalías estructurales en los cromosomas mediante mecanismos de tinción como la hibridación fluorescente *in situ* (FISH); las pruebas bioquímicas como la cromatografía líquida de alto rendimiento (HPLC), la cromatografía líquida, la espectrometría de masa (GC/MS), la espectrometría de masas en tándem (MS/MS) para la detección de enfermedades mediante el análisis proteico; las técnicas moleculares para el análisis inmediato del ADN tales como las pruebas de extracción, clonación y secuenciación directa de ADN, los ensayos de PCR para la amplificación de fragmentos de ADN y técnicas de separación como la electroforesis.

A nivel experimental, pese a que existe gran diversidad de mecanismos para el estudio íntegro del genoma, los trabajos prácticos en Biología Molecular se limitan dado el apoyo económico que se requiere para la disposición de espacios estructurados para la investigación, la dotación del material biológico, químico y tecnológico que, aunque son de alto rendimiento y exactitud, suelen ser de alto costo, así como el desarrollo experimental que suele requerir para su realización largos periodos de tiempo (Rodríguez, 1995; Diez, 2006).

Por su parte, el aislamiento y la purificación del material genético, como técnica esencial en el estudio genómico de los organismos, según Alejos *et al.*, (2015), se fundamenta en las propiedades fisicoquímicas de la molécula del ADN las cuales permiten la homogenización del tejido, la extracción y ruptura celular, la separación molecular de glúcidos, proteínas, lípidos y demás componentes, la precipitación y la redisolución del

ADN, etapas principales en las que consisten los tradicionales y modernos protocolos comerciales para la descomposición celular y extracción del ADN.

Es por ello, que regularmente suelen usarse sustancias químicas para suministrar las condiciones necesarias en cada una de las etapas tales como detergentes, soluciones básicas e inhibidores enzimáticos, EDTA con complejos de magnesio (Alejos et al., 2015) solventes orgánicos como el fenol y el cloroformo, (Sambrook et al 1989); etanol, soluciones con grandes concentraciones iónicas de sodio y hasta kits íntegros con membranas de sílice o kits con perlas magnéticas, entre otros.

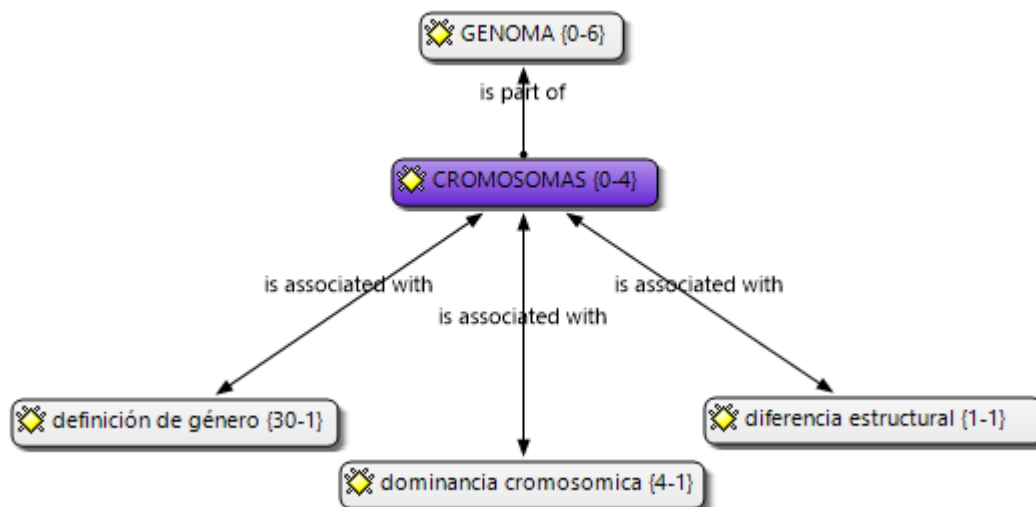
Sin embargo, existen métodos convencionales, los cuales emplean sustancias de uso frecuente, como la sal y el jabón para la extracción, homogenización y descomposición celular (lisis); el zumo de frutas como la piña que con la actividad enzimática contribuye a la separación y liberación de estructuras proteicas y demás componentes asociados al ADN; y el alcohol quien adjunto a los grupos fosfatos, aumenta las fuerzas de atracción posibilitando la condensación y precipitación del ADN, haciéndolo insoluble.

Así pues, los mecanismos de extracción de ADN, similares en todos los organismos, por lo general dispone de algunas variaciones físicas o químicas, las cuales favorecen la obtención del material genético dependiendo del grado de pureza e integridad del que se requiera para el buen desarrollo en las futuras técnicas y estudios genómicos (Tang et al.2005, Bernal, 2013). De lo anterior, podemos deducir que los estudiantes han reconocido la relación sistemática que existe entre los métodos o técnicas tradicionales básicas para el estudio genómico, las propiedades fisicoquímicas de los reactivos, de los componentes celulares y biomoleculares (ADN) tales como la acidez, la electronegatividad, y la solubilidad a ciertas sustancias utilizados para la descomposición celular, la separación molecular, y en efecto la extracción del material genético.

### ***Cromosomas***

En esta subcategoría, el estudiantado primeramente referenció las características cromosómicas relacionadas con diferencias estructurales, composicionales, y funcionales, que se enmarcan en la capacidad para la definición de género, o en los mecanismos de dominancia o recesividad genética durante la manifestación de los caracteres hereditarios. Allí encontramos tres tendencias, siendo de mayor acogida la *definición de género* con el

85,7%, seguido de *dominancia cromosómica* con el 11,4%, y en menor alcance *Diferencia estructural* con el 2,85%, tal como se muestra en la Figura 34.



**Figura 34.** Tendencias identificadas en la subcategoría *Cromosomas*

Fuente: Construida por los autores en el Atlas *ti*

**Definición de género:** Esta tendencia, citada en treinta oportunidades (85,7%) está relacionada con las características estructurales y funcionales que diferencian al genoma de hombres y mujeres.

**GU2:E5:2:730** [Haciendo referencia a la situación problema el “Genoma Simpson” y la pregunta, ¿Existen diferencias entre los cromosomas de las mujeres y de los hombres? ¿Cuáles?]  
 “Sí, porque los cromosomas de las mujeres son XX y el de los hombres son XY y el que define el sexo es el hombre, porque la mujer siempre va a dar el cromosoma X mientras que el hombre puede dar el X o el Y”

En lo referente a las tendencias, *dominancia cromosómica* y *diferencia estructural*, las cuales representan un porcentaje mínimo del 11,4% y 2,85% con cuatro y una nominación respectivamente, reflejan que los participantes logran identificar los factores que podrían expresar u ocultar los efectos en un nuevo individuo, es decir, el nivel de análisis en dominancia o recesividad que se genera a partir de la relación alélica de un mismo gen, en el que uno sobresale o enmascara la expresión y el fenotipo del otro; y finalmente características estructurales ligadas a la morfología y a la composición genética

de los cromosomas de hombres y mujeres, que como tendencias omitimos por su menor frecuencia de la actividad sistematizada.

**GU2:E18:2:313** [Haciendo referencia a la situación problema “El Genoma Simpson” y la pregunta, ¿Crees que los genes de March, tienen algo que ver en que Lissa sea inteligente, o solo es un carácter que depende de los genes de Homero?] *“Hay dos copias, el de March y homero, se expresa de dos formas que es el “Alelo” que significa que hay genes dominantes o recesivos. En conclusión, no depende de homero porque tiene la información de March”.*

Estas tendencias enmarcadas mayoritariamente en características funcionales y estructurales, representan un factor importante para el establecimiento diferencial entre las estructuras cromosómicas, y su influencia en los mecanismos de transmisión y expresión genética de caracteres propiamente ligados a los cromosomas sexuales, los cuales difieren en cada género y participan para la definición del sexo del nuevo organismo.

Así pues, desde el punto de vista biológico, de acuerdo con Thibodeau y Patton (1998), los cromosomas son estructuras celulares formadas principalmente por ADN y proteínas, que en asociación, condensan y empaquetan al material genético y como componentes principales del genoma, almacenan toda la información génica de un organismo a través de estructuras denominadas genes. Así mismo, como conocemos, el número de cromosomas varía según la especie. En el caso de los seres humanos, según Larsen (2003), las células somáticas, al igual que las células germinales contienen 46 cromosomas, es decir, 23 pares homólogos, uno que procede de la madre y el otro del padre. De esta totalidad, 22 pares son denominados autosomas y el par restante, los cromosomas sexuales X e Y (XX para el caso de la mujer, con uno inactivo y XY para el caso del hombre), quienes son los encargados de definir el sexo de los nuevos individuos y desde el punto de vista morfológico y estructural, diferentes en forma, tamaño, y dotación genética.

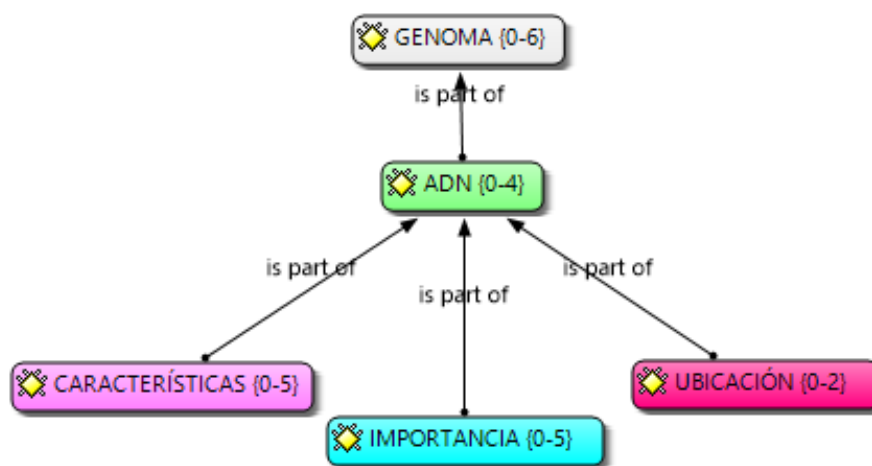
Mientras que el cromosoma Y es mayoritariamente denso, pequeño, y con mínima dotación genética (Marco e Ibáñez, 2007); el cromosoma X, es de mayor dimensión y dispone de una estructuración génica con aproximadamente mil genes más que el cromosoma Y. Estos, generalmente codifican proteínas relacionadas con la resistencia a diferentes enfermedades, dado los trastornos ligados al cromosoma que se presentan con

frecuencia por la cantidad de información almacenada; y así mismo a nivel celular proteínas que manifiestan aspectos corporales, hormonales y cerebrales que determinan las diferencia entre cada sexo (Crozier, 2001).

De este modo, todas las características genéticas son heredadas, ya sea de una célula o de una generación a otra, por sucesión o recombinación cromosómica y acorde a la relación alélica en un mismo gen, se determina la expresión fenotípica en términos de dominancia o recesividad. De acuerdo a esto, la dominancia, para De Alba (1964), es una denominación dada a los factores génicos que lograron expresarse en un heterocigoto que dada la interacción alélica, consiguieron ocultar los efectos fenotípicos de aquellos factores recesivos, que desistieron en manifestar o expresar externamente los caracteres hereditarios de un individuo.

### **ADN**

En esta subcategoría principal, los participantes referenciaron íntegramente las características estructurales, funcionales y posicionales del ADN, las cuales son importantes para el almacenamiento, la replicación, transcripción, transmisión y especificación de la información genética. Como resultado, encontramos las subcategorías *características* relacionada a los aspectos estructurales y químicos de la molécula, e *importancia* desde el carácter funcional del ADN con el 41,6% cada una, y finalmente, la subcategoría *ubicación* con el 16,7% (Figura 35).



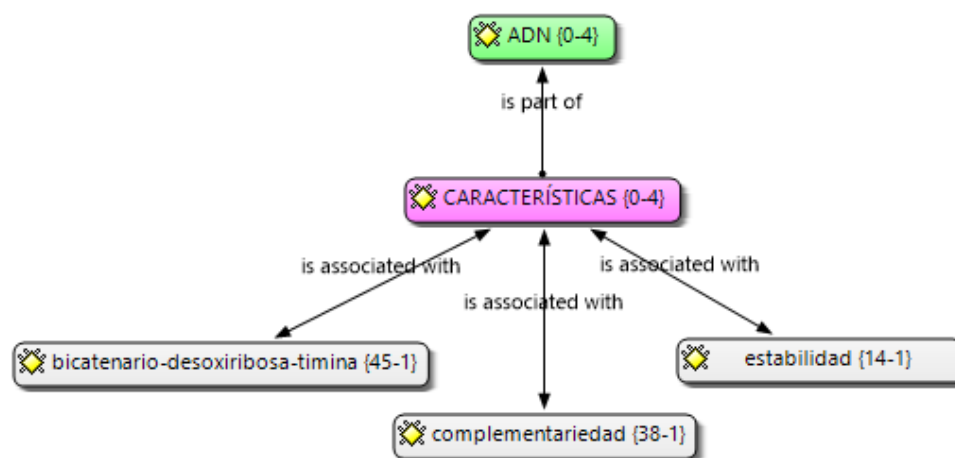
**Figura 35.** Subcategorías identificadas de la categoría ADN.

Fuente: Construida por los autores en el Atlas ti

A continuación, evidenciamos las subcategorías y las tendencias más representativas en cada una de ellas.

### **Características**

En esta subcategoría encontramos cuatro tendencias en lo referente a las actividades complementaria dos y tres, la reconstrucción del modelo estructural y la diferenciación realizada a través del análisis comparativo entre las moléculas del ADN y ARN. Ubicamos como tendencias más significativas a *bicatenario-desoxirribosa-timina* con el 46,3%, seguido de *complementariedad* con el 39,1%; y, por último, pero no menos importante, los caracteres relacionados con la *estabilidad* con la designación mínima del 14,4%; tal como se evidencia en la Figura 36.



**Figura 36.** Tendencias identificadas en la subcategoría Características ADN

Fuente: Construida por los autores en el Atlas ti

**Bicatenario-desoxirribosa-timina:** Esta tendencia, denominada en 45 oportunidades (46,3%), muestra como los estudiantes reconocen como característica principal la distribución y composición química del ADN, determinada por la unión y disposición helicoidal de nucleótidos, conformados por un grupo fosfato, una azúcar desoxirribosa y una base nitrogenada, ya sea adenina, guanina, timina o citosina, quienes definen la unión a su hebra complementaria. De tal modo, mostramos algunas ideas planteadas por uno de los estudiantes.

**GU2:E10:2:156** [Haciendo referencia a la actividad complementaria “Elaboración molecular del ADN o ARN” en conjunto con el análisis comparativo “ADN vs ARN”] “El ADN tiene

*doble cadena o cadenas de nucleótidos enrolladas helicoidalmente, grupo fosfato, azúcar desoxirribosa, y bases nitrogenadas Adenina, Timina, Guanina y Citosina”*

**Complementariedad:** Esta tendencia, mencionada veintisiete veces (29,1%), estuvo relacionada con la causante de la unión específica y complementaria de las bases nitrogenadas, y su importancia en la estructuración propia de los ácidos nucleicos. Allí los estudiantes, relacionaron sus respuestas a la clasificación púrica y pirimidínica, y a la estructuración molecular propia de cada base nitrogenada que posibilita la formación de enlaces químicos entre cada hebra.

**GU2:E33:2:579** [Haciendo referencia a la práctica de laboratorio Extracción de ADN y a la pregunta ¿Por qué en la unión de las bases nitrogenadas no son complementarias Adenina-Guanina; Citosina-Timina; Adenina-Citosina y Guanina-Timina?"] *“La Adenina y la Guanina son purinas lo que significa que en su estructura tienen dos anillos unidos, en cambio la Citosina y la Timina son pirimidinas y tienen solo un anillo, porque cada base tiene una estructura única”.*

Igualmente, características relacionadas a la complementariedad de las bases nitrogenadas teniendo en cuenta la disposición espacial, para la formación de los puentes de hidrógeno.

**GU2:E16:2:576** [Haciendo referencia a la práctica de laboratorio Extracción de ADN y a la pregunta ¿Por qué en la unión de las bases nitrogenadas no son complementarias Adenina-Guanina; Citosina-Timina; Adenina-Citosina y Guanina-Timina?] *“Porque ya tienen sus parejas, además si fueran A-G y T-C no se podrían tener bien acomodadas las cadenas por los puentes de hidrogeno y podría quedar muy apeñuscadas y sería más complejo lograr la cadena complementaria”*

Finalmente, la tendencia *estabilidad*, fue citada en catorce oportunidades con el 14,4% de acuerdo a la distribución estructural y la composición química, que hace del ADN una molécula estable, fuerte y con menos riesgos a daños.

Las tendencias evidenciadas en esta subcategoría, les permitieron caracterizar al ADN de acuerdo a su composición molecular, y a partir de sus propiedades fisicoquímicas, comprender su actuar, en los diferentes procesos genéticos, especialmente en el almacenamiento de la información genética, así como las anomalías que allí se presenten, y su tratamiento específico. Generalmente, dentro de las características, se encuentran las

relacionadas a la estructura, función y ubicación, no obstante, aquí presentamos las estructurales y las que derivan de ellas, su comportamiento ante diferentes ambientes, *in vitro*, *in situ* o accionantes biológicos y químicos.

Como sabemos, el ADN, o ácido desoxirribonucleico, cuya función es almacenar la información genética es el material genético que constituye gran número de organismo, y se caracteriza estructuralmente por la conformación bicatenaria de nucleótidos que se unen en sentido antiparalelo y en forma helicoidal mediante la complementariedad molecular entre las bases nitrogenadas, y se componen aparte de esta, de un azúcar de cinco carbonos y una molécula de ácido fosfórico (Luque y Herráez, 2001).

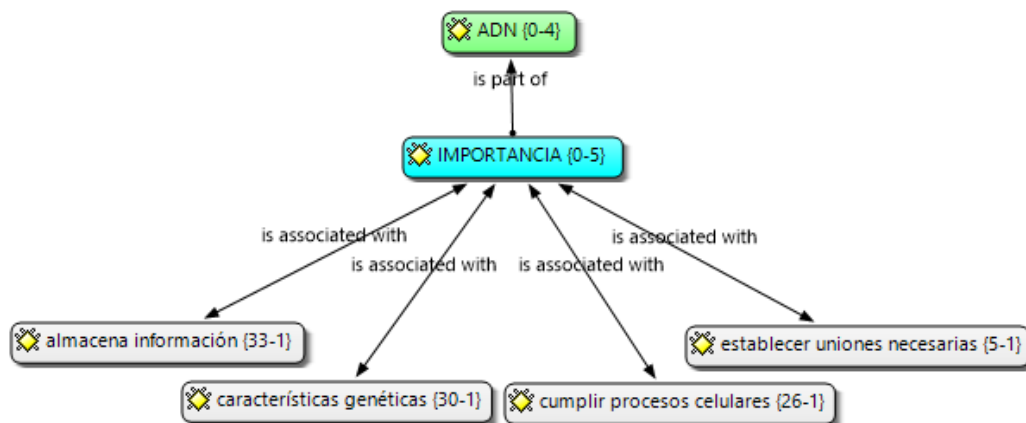
Las bases nitrogenadas según Garrido *et al* (2006), pueden ser de tipo púrico Adenina, Guanina, o pirimidínico, Citosina, Timina o Uracilo (en el ARN) y de acuerdo a esta clasificación, el carácter estructural plano en las primeras se define por la conformación de un anillo púrico (anillo purínico en fusión con un anillo imidazólico) con cinco átomos de carbono y cuatro de nitrógeno y en los segundos por un anillo pirimidínico con cuatro átomos de carbono y dos de nitrógeno, siendo lo que permite, la ocupación estructural exacta para la formación de los enlaces químicos y la determinante de algunas propiedades fisicoquímicas, como la insolubilidad en agua, la absorción de la luz ultravioleta y la estabilidad estructural y tridimensional de los ácidos nucleicos (Burriel, 2008).

En conformidad a lo dicho por Devlin (2004), la relación establecida entre las bases nitrogenadas de la doble cadena, está determinada por la complementariedad, a través del apareamiento por puentes de hidrógeno que se da entre las bases complementaria de cada cadena, Adenina con Timina, y Citosina con Guanina en el ADN; por factores meramente de encajamiento espacial, situación que no puede darse en otras combinaciones, puesto que no ocupan con precisión el espacio disponibles en las prolongaciones de su base continua, siendo imposible la formación de los puentes de hidrogeno entre las cadenas.

### ***Importancia***

En esta subcategoría encontramos cuatro tendencias, relacionadas a las preguntas que realizamos al estudiantado sobre la importancia estructural y específica que tienen los ácidos nucleicos, en este caso el ADN, para el almacenamiento, la transmisión y expresión

de la información génica, a partir del cual obtuvimos como tendencias más significativas *almacena información* con el 35,1%, seguido de *características genéticas* con el 31,9% y *cumplir procesos celulares* con el 27,7% (Figura 37).



**Figura 37.** Tendencias identificadas en la subcategoría Importancia ADN

Fuente: Construida por los autores en el Atlas ti

**Almacena información:** Esta tendencia, fue denominada en 33 ocasiones (35,1%), con respuestas del estudiantado afines a la importancia que tiene la estructura específica del material genético en los seres vivos, para el almacenamiento de la información genética mediante las estructuras génicas.

**GU2:E33:2:631** [Haciendo referencia al análisis comparativo “ADN vs ARN” junto a la práctica de laboratorio “Extracción de ADN” y la pregunta ¿Cuál es la importancia de la estructura específica de los ácidos nucleicos?”] “*De importancia porque contiene la información genética y su estructura permite su transferencia, esta será necesaria para la síntesis de proteínas, conociendo la relación entre aminoácidos que la componen y la secuencia en que deben ubicarse*”

**Características genéticas:** Esta tendencia, aludida por los estudiantes en cuarenta oportunidades con una frecuencia del 34,3%, muestra la importancia que tiene el ADN para el almacenamiento y transmisión de características genéticas específicas quienes mediante la definición de rasgos celulares y aspectos familiares específicos en los organismos y tras generaciones.

**GU2:E1:2:699** [Haciendo referencia a la situación problema “El genoma Simpson” y la pregunta ¿Sabes qué lleva un gen?] “*Un gen lleva ADN, o ARN, que lleva consigo aspectos o características genéticas*”

**Cumplir procesos celulares:** Esta tendencia, citada treintaiocho veces (35,5%), estuvo relacionada por los estudiantes con la importancia de la estructura específica de los ácidos nucleicos, para la realización de los procesos celulares que permitan dar cumplimiento a las funciones propias de almacenar, transmitir y expresar la información genética respectivamente.

**GU2:E21:2:714** [Haciendo referencia a la práctica de laboratorio “Extracción de ADN” y la pregunta ¿Cuál es la importancia de la estructura específica de los ácidos nucleicos?"] “*La importancia que hay, es porque gracias a esta se puede identificar el apareamiento y el cumplimiento de las funciones de los ácidos nucleicos*”

Igualmente, nociones relacionadas con la importancia estructural desde la realización de los procesos celulares para el óptimo desarrollo y funcionamiento celular.

**GU2:E10:2:709** [Haciendo referencia a la práctica de laboratorio 1 “Extracción de ADN” y la pregunta ¿Cuál es la importancia de la estructura específica de los ácidos nucleicos?"] “*Porque el ADN cumple funciones, necesita realizar los procesos los cuales van a hacer importantes para la célula*”

Finalmente, la tendencia establecer uniones necesarias con una representación mínima del 5,31% estuvo relacionada con factores meramente físicos y estructurales de los ácidos nucleicos, importantes según el estudiantado para el establecimiento de las uniones entre las cadenas dado el apareamiento por complementariedad que se da entre las bases nitrogenadas de cada una y la definición del ordenamiento y la estructuración específica de los mismos.

Conforme a lo planteado por Thibodeau y Patton (2008), la importancia del ADN como material genético de muchos organismos, radica en factores meramente estructurales y funcionales, ya que son los que denotan mediante el desarrollo de procesos génicos, el almacenamiento, la transmisión y expresión de la información mediante estructuras proteicas que se manifiestan en características genéticas producto de la combinación

especifica entre las unidades básicas, para dar cumplimiento a los procesos celulares, el funcionamiento y desarrollo del ser vivo.

En este sentido, las variaciones moleculares, como el ordenamiento y la secuenciación de las estructuras nucleicas son de gran importancia funcional, puesto que las secuenciaciones de las bases en cada gen y cada cromosoma son las que dirigen la síntesis proteica de moléculas que van desde enzimas, hormonas o componente estructurales de una célula para determinar la vida y la herencia. Factores que dada las capacidades genéticas para la replicación, la reproducción celular, la recombinación y evolución son importantes, pues permiten controlar las funciones corporales, regular la expresión de algunos rasgos físicos, determinar ciertas actuaciones fisiológicos del organismo, caracterizar e individualizar, cada ser viviente sobre el planeta tierra.

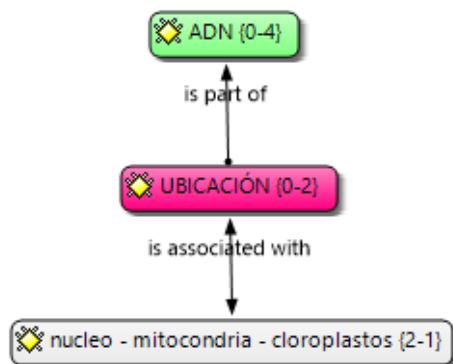
De este modo, los genes como estructuras genéticas formadas por ADN o ARN sea el caso del organismo, son los encargados de almacenar y codificar la información genética, específica para la determinación y transmisión de los aspectos o caracteres genéticos de una célula o generación. Desde el punto de vista estructural, Yankovic (2007) señala que la importancia de los ácidos nucleicos viene dada por la codificación específica de las estructuras, que permite la codificación, el almacenamiento, transmisión y expresión de la información génica para la fabricación de proteínas que través de los procesos de duplicación, transcripción y traducción se sintetizan para el funcionamiento celular y en sí, la sostenibilidad de la existencia.

Por ello, la estructura específica de los ácidos nucleicos que sin duda alguna proporcionan la información dada la organización y secuenciación de las bases nitrogenadas a lo largo de la cadena, es importante pues permite que cada organismo pueda almacenar y transmitir los datos necesarios para la obtención de estructuras proteicas que por acciones celulares y funciones múltiples son componentes esenciales tanto para la vida y el bienestar del organismo, como para la identificación y caracterización en general de los individuos (Serway & Faughn, 2001).

### ***Ubicación***

En esta subcategoría encontramos que tan solo la tendencia *núcleo-mitocondria-cloroplastos* con dos nominaciones del 100%, referencia la localización del ADN, de

acuerdo a la especificidad estructural y funcional del ADN, en este caso, varía de acuerdo a la tipología y composición celular de organismos animales y vegetales (Figura 38).



**Figura 38.** Tendencia identificada en la subcategoría Ubicación ADN

Fuente: Construida por los autores en el Atlas ti

**Núcleo-mitocondria-cloroplasto:** La siguiente tendencia se presentó con dos nominaciones del 100% con respecto a la ubicación que precisa la molécula del ADN, de acuerdo a la composición y clasificación celular, que a diferencia del ARN, que se encuentra en nucléolo, citoplasma y ribosomas, se localiza tanto en el núcleo como, en el caso de las células eucariotas de tipo vegetal en cloroplastos; y células eucariotas de tipo animal en mitocondrias.

**GU2:E20:2:951** [Haciendo referencia a la actividad complementaria “Elaboración molecular del ADN o ARN” en conjunto con el análisis comparativo “ADN vs ARN”] “La ubicación del ADN es en el núcleo, mitocondrias y cloroplastos, mientras que la ubicación del ARN es en el nucléolo, citoplasma y ribosomas”

Pese a que la participación con relación a estas subcategorías haya sido muy poca, los participantes lograron determinar y diferenciar la ubicación a nivel celular del ADN, reconociendo principalmente el núcleo desde la clasificación tipológica en célula animal y vegetal, a la mitocondria y al cloroplasto respectivamente. En efecto, la mayoría de los estudiantes enfatizan sus ideas meramente en aspectos estructurales y moleculares que permiten comprender el fundamento secuencial para el almacenamiento y transmisión de características génicas, el funcionamiento celular y el soporte de la vida, sin embargo, dejan

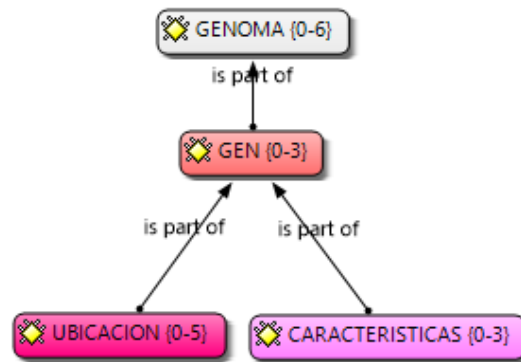
de lado los factores funcionales, pero sobre todos los de ubicación, que son tan importantes como los demás, pues admiten conocer la posición, orientación y dirección consecuente del proceso y en resumen hacer un seguimiento en la transmisión de información hereditaria, de modo que puedan percibir el objetivo biológico con el que estos mecanismos vitales se llevan a cabo.

En este sentido, hemos evidenciado cómo la ubicación de los ácidos nucleicos varía de acuerdo a dos factores, principalmente al tipo o clase de célula en donde se estén desarrollando estos procesos, ya sean eucariotas animales o vegetales; o procariotas; y al tipo de participación o funcionalidad que estén desempeñando al interior del sistema biológico, como es el caso del ARN, que conforme a su participación en los procesos de transcripción y traducción se puede hallar en el nucleolo, en el citoplasma o en los ribosomas, con mayor proporción en estos dos últimos, dado a que son lugares donde ocurre preferentemente la síntesis proteica (Yankovic, 2007).

Así pues, tanto organismos eucariotas como procariotas, además de su ADN nuclear y citoplasmático respectivamente, presentan contenido genómico en estructuras u organelos celulares tales como mitocondrias (organismos animales y vegetales) y cloroplastos (organismos fotótrofos eucariontes), que de forma autosuficiente e independiente, realizan los procesos de transcripción y traducción con propias herramientas biológicas, enzimáticas y moleculares (ARNm, ARNt, ribosomas), las cuales son provenientes del genoma nuclear; excepto algunos ARNr y proteína que han sido directamente sintetizados por cada organelo (Stanier et al, 1992).

Pues bien, dentro de las semejanzas estructurales, encontramos que tanto el ADN mitocondrial como el ADN cloroplástico, se caracterizan por ser una molécula bicatenaria, circular y cerrada, generalmente de tamaño pequeño o variado y herencia monoparental; con mayor proporción de unidades codificantes (dada la ausencia de intrones), un alto nivel de mutación, pese a la mínima cantidad génica; y carencia de proteínas histonas (Alvarez, 2008; Stanier et al., 1992).

## Gen



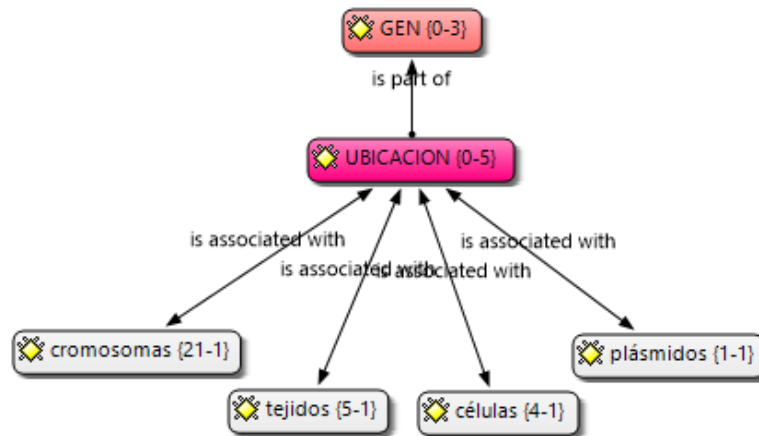
**Figura 39.** Subcategorías identificadas en la Categoría Gen

Fuente: Construida por los autores en el Atlas ti

En lo concerniente a la temática de genes, como componentes principales de genoma, los interrogantes que planteamos estuvieron relacionados con la ubicación y las características meramente estructurales y de composición química, siendo la subcategoría más significativa la de *ubicación* con el 62,5% continuo de *Características* con el 37,5% tal como se puede apreciar en la Figura 39.

### *Ubicación*

En la presente subcategoría evidenciamos que las ideas coherentes a la ubicación de los genes estuvieron asociadas en un nivel escalar con estructuras microscópicas y macroscópicas que van desde minúsculas estructuras y unidades celulares hasta las evidentes y considerables organizaciones tegumentarias y en si la conformación del íntegro organismo. De este modo, se puede apreciar en la Figura 40, que la tendencia más distintiva fue *Cromosomas* con el 67,7%, seguido de *tejidos*, *células* y *plásmidos* con la representación mínima del 16,1%, 12,9% y 3,2% respectivamente.



**Figura 40.** Tendencias identificadas en la subcategoría Ubicación Gen.

Fuente: Construida por los autores en el Atlas ti

**Cromosomas:** En esta tendencia, el 67,7% de los estudiantes resaltaron a la estructura cromosómica como responsable para el almacenamiento de las unidades génica, encargadas del almacenamiento de la información genética.

**GU2:E35:2:653** [Haciendo referencia a la situación problema “El genoma Simpson” y la pregunta ¿Sabes dónde se encuentra un gen?] “Se encuentra en el cromosoma y llevan información genética”

Por último, las tendencias, *tejidos* con 5 nominaciones, *células* con 4 nombramientos y *plásmidos* con 1 frecuencia del 16,1%, 12,9% y 3,2 % representan a nivel biológico y ascendente la ubicación de los genes en moléculas con disposición extracromosómica o para la conformación de tejidos como estructuras celulares propias, que constituyen en la formación integra de un organismo.

Dentro de las posibles ubicaciones de los genes, suministradas por los estudiantes en sus respuestas, la más significativa, ha sido cromosomas, referente a ello, Soria (2004), manifiesta que los cromosomas son estructuras microscópicas responsables del almacenamiento y la transferencia de la herencia biológica. En consecuencia, están formados por cadenas empaquetadas de ADN que se disponen en forma de hilos delgados y alargados en el núcleo de las células eucariotas y mediante una única molécula de ADN en forma circular y cerrada en el citoplasma de las células procariotas, para almacenar y transferir la información génica de una progenie a otra.

Por consiguiente, los genes son segmentos de ADN que se ubican de manera condesada dentro de las estructuras cromosómicas. Teniendo en cuenta esto, los estudiantes evidentemente han logrado, no solo identificar la ubicación de estas estructuras a nivel biológico, sino que también, en orden cronológico, establecer y comprender la relación dimensional, estructural y funcional, entre cromosomas, genes, ADN y células, como componentes básicos que forman y constituyen a un organismo vivo (Banet y Ayuso, 2002).

Finalmente, una mínima parte del estudiantado presenta dificultades en torno al posicionamiento de las estructuras génicas, siendo ubicadas a nivel celular o externo a este, en zonas indeterminadas, tales como en el citoplasma, (Banet y Ayuso, 1995), en las células y tejidos en general, sin tener en cuenta, la estructuración celular y cromosómica, las etapas de división, y la relación cromosoma-ADN (Banet y Ayuso, 2000; 2002; Lewis y Wood-Robinson, 2000) que derivan la perspectiva posicional de los mismos.

Y pese a que mayoritariamente, los genes se sitúan en regiones integras al sistema cromosómico, existen estructuras genéticas, tales como los plásmidos, que formados por una molécula de ADN circular, son capaces de replicar e interpretar la información génica de manera independiente para la elaboración de diversas proteínas, asociadas principalmente a la resistencia antibiótica, la elaboración de sustancias biológicas tóxicas, y la degradación de complejos orgánicos (Puerta y Ureña, 2005).

Indudablemente, aunque la tendencia haya sido mínima, el reconocimiento del material génico en regiones extracromosómica de estructuras celulares poco usuales, de tamaño, naturaleza y autonomía diferente, representa gran relevancia en la enseñanza, puesto que son detalles biotecnológicamente importantes para los procesos de la herencia biológica, y en los mecanismos de clonación, transporte y manipulación genética.

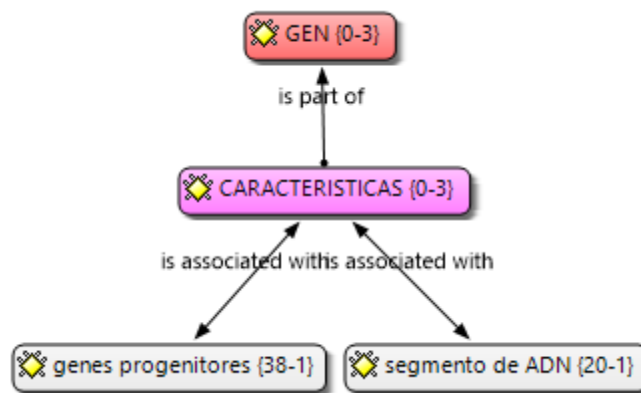
Es por ello, que se hace necesario, establecer la relación y dependencia entre la estructura y localización de genes, y un modo adecuado de hacerlo, es a través de la utilización de modelos tridimensionales (Pashley, 1994), pues permiten mostrar de forma más cercana e ilustrativa, las estructuras celulares en eucariotas y procariotas; la composición, disposición y ubicación cromosómica, y en suma su relación funcional con la molécula de ADN, los genes y los procesos genéticos de duplicación, transcripción,

traducción y división, implicados en la expresión y transferencia de la información (Íñiguez, y Puigcerver 2013).

Así pues, el hecho de relacionar las estructuras genéticas durante los mecanismos de la herencia biológica y los procesos de división, facilitara la comprensión de temáticas relacionadas con la ubicación en este caso de los cromosomas, el ADN, y los genes y demás tópicos que derivan de esta.

### **Características**

En esta subcategoría observamos que los estudiantes reconocen que las características genéticas pueden ser heredadas mediante las estructuras génicas de sus progenitores, quienes transfieren parte de su material genético, para la formación e identificación del nuevo organismo en su especie. Así mismo, las características de tipo estructural y molecular, que definen, describen y especifican la composición génica de las estructuras encargadas de almacenar y transferir información, los genes. De esta manera, adquirimos las tendencias *genes progenitores* y *segmento de ADN* (Figura 41).



**Figura 41.** Tendencias identificadas en la subcategoría *Características Gen*.

Fuente: Construida por los autores en el Atlas ti

**Genes progenitores:** Esta tendencia manifiesta con un 65,5% las ideas claras y precisas en los estudiantes acerca del potencial hereditario que tienen las unidades génicas para transferir su información de una generación a otra, como es el caso de los padres quienes de forma igualitaria transfieren sus datos génicos a su descendencia.

**GU2:E16:2:269** [Haciendo referencia a la situación problema “El Genoma Simpson” y la pregunta, ¿Crees que los genes de March, tienen algo que ver en que Lissa sea inteligente, o solo es un carácter que depende de los genes de Homero?] “Claro, porque nosotros al nacer traemos parte y parte de nuestros padres. La diferencia es que en el cromosoma de las mujeres (X) no tiene ningún problema, mientras que el cromosoma de los hombres (y) trae un problema y eso afecta la inteligencia de los hombres”

**Segmento de ADN:** En afinidad con esta tendencia, de treintainueve nombramientos con el 34,5%, observamos que las concepciones de los estudiantes respecto a la definición y a la composición de las estructuras génicas, se desarrollan en torno a la estructura del ADN y en otros casos del ARN, como característica estructural principal.

**GU2:E17:2:288** [Haciendo referencia a la situación problema “El Genoma Simpson” y la pregunta, ¿Sabes qué lleva un gen?] “Lleva un segmento de ADN, está compuesto por pequeñas unidades llamadas nucleótidos, formada por un azúcar, carbonos, ácido fosfórico y una base nitrogenada”

Respecto a las características que existen frente a los componentes génicos, encontramos que los y las estudiantes reconocen los aspectos relacionados con la estructura y la composición bioquímica, sin embargo, dejan de lado aspectos funcionales, tales como la síntesis de los diferentes tipos de ARN, y la síntesis proteica, los cuales son los que determinan conectivamente, las características estructurales, funcionales, y fenotípicas del organismo vivo.

De acuerdo con lo dicho, estructuralmente los genes son segmentos específicos de ADN, en asociación con ARN y proteínas (Soria, 2004) que almacenan, codifican y transfieren a través de las estructuras cromosómicas, la información genética que definen el funcionamiento y desarrollo biológico de un individuo; y aunque sean similares estructuralmente, dada la unión nucleotídica fundamentada en grupo fosfato, azúcar y bases púricas o pirimidínicas, contienen información que difiere gracias a la divergencia en el orden, la secuenciación y el emparejamiento específico para la definición de caracteres estructurales y funcionales, biológicamente distintivos para el ser vivo. (Serway y Faughn, 2001)

Según Morcillo et al (2013), estas estructuras como unidades básicas del material genético “*representan la única herencia biológica que un ser vivo puede recibir de sus antecesores*” Así pues, los cromosomas, como estructuras celulares principalmente formadas por ADN, proteínas y genes, son los encargados de transportar y ceder la herencia tras las generaciones biológicas para el autónomo funcionamiento y desarrollo celular. Teniendo en cuenta que estos, varían numéricamente dependiendo de la especie, para el caso de la especie humana, se conoce que las células normalmente disponen en su estructura 23 pares de cromosomas, de los cuales 22 pares son autosomas y un par, cromosomas sexuales, que en mujeres son XX y en hombres son XY.

Conforme a la variabilidad molecular y funcional en los cromosomas sexuales X e Y, los estudiantes, denotan características específicas en cada caso; el primero, presente tanto en hombres como en mujeres, generalmente de mayor tamaño mientras que el segundo, hallado exclusivamente en hombres, con un menor tamaño, dispone de una mínima disposición génica, y caracteres ligados que se transfieren de manera escasa, situación que respalda Marco e Ibáñez (2007), al afirmar que morfológicamente estos dos difieren en forma y tamaño, siendo el cromosoma Y mucho más pequeño que el cromosoma X, el cual con una dotación génica de aproximadamente mil genes más, le confiere protección a las mujeres para ciertas enfermedades, más que a los hombres.

Es allí, en donde la implementación de diferentes métodos y estrategias de enseñanza se hacen necesarias, para la comprensión de procesos genéticos y biomoleculares, los cuales denotan complejidad y abstracción. De esta manera, las situaciones problematizadoras, son estrategias mediadoras, que le permiten al estudiante analizar e interpretar los fenómenos reales con base a datos implícitos y diversas actividades como herramientas que en su camino guiarán el estudio y la investigación a fin de dar solución desde su perspectiva a un problema que afecta e inquieta a una población posibilitando en este sentido, la construcción de conocimiento y el fortalecimiento capacidades, habilidades y destrezas científicas (Polanco, 2011; Narváez, 2014)

En este caso, el Genoma Simpson, es una situación, fundamentada en el estudio de la herencia biológica de la familia Simpson. Para ello, Homero, padre de Lissa busca demostrarle a su hija mediante un interrogatorio realizado primeramente a hombres, la perfección génica que existe en cada uno de los integrantes de su familia, que conlleva a la

revelación de los signos de inteligencia mediados a través del éxito laboral alcanzado por cada uno; sin embargo, en su intención de búsqueda se da cuenta que los resultados son poco favorables, pues el defecto génico, perjudica a los hombres de su familia y por el contrario, las mujeres quienes han alcanzado grandes triunfos profesionales, son las que han heredado el gen de la inteligencia en su dotación cromosómica.

Con el fin de dar solución a la pregunta problematizadora y comprender la influencia que tienen los genes de March en la inteligencia de Lissa, los estudiantes han reunido e identificado varios aspectos importantes, en primer lugar, que los genes que se heredan de una progenie a otra, dependen de ambos progenitores, por ende, el gen de la inteligencia en Lissa puede que haya sido heredado a través del cromosoma X, por su madre o por su padre, que por factores de codominancia expresan el de uno de ellos o por recombinación, pueden producir un efecto acumulativo, transmitiendo en conjunto los genes relacionados con la inteligencia, expresando de manera más fuerte y dominante dicha característica (Soria, 2004).

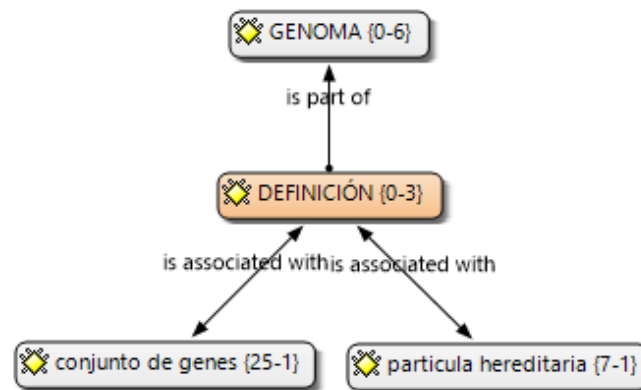
En resumen, la inteligencia de Lisa puede depender de los genes heredados por March, por Homero o por ambos al tiempo, pues la dotación genética de cada individuo depende de ambos progenitores. No obstante, el estudio genético recae exclusivamente sobre el genoma de la familia Simpson y los caracteres que ligados a los cromosomas sexuales, son heredados a través de su descendencia, en este caso específico la inteligencia, la cual es transmitida y expresada a través del cromosoma X logrando afectar únicamente a mujeres

Así pues, aunque los genes y caracteres sean factores que no dependan solamente de Homero, este pudo haberle donado a su hija Lissa a través del cromosoma X su dotación génica, encargada de la manifestación de inteligencia, pues en efecto, el gen defectuoso hallado en el cromosoma Y, exclusivamente lo transfiere a su progenie masculina, proceso que en términos de dominancia y recesividad alélica, permiten expresar u ocultar los caracteres del padre o de la madre (Campos *et al.*, 2003).

### **Genoma**

En la Figura 42 mostramos las tendencias *conjunto de genes* con el 70,1% y *partícula hereditaria* con el 21,8% que surgieron con base a la definición del genoma que dieron los

estudiantes en la situación problematizadora “El genoma Simpson referida como la composición génica, que puede ser heredada de una célula a otra y tras las generaciones.



**Figura 42.** Tendencias identificadas en la subcategoría Definición

Fuente: Construida por los autores en el Atlas ti

**Conjunto de genes:** En esta tendencia queda en evidencia que el 70,1% de los estudiantes relacionaron la definición del genoma con el conjunto y la totalidad de genes que posee y componen a una célula, a un individuo o a una familia.

**GU2:E33:2:584** [Haciendo referencia a la situación problema “El Genoma Simpson” y la pregunta, ¿Qué es el genoma?] “Es la totalidad de genes contenidos en las células”.

**Partícula hereditaria:** Con respecto a esta tendencia, fue mencionada en un porcentaje del 21,8%, se deduce y especifica la definición del genoma como partícula o molécula que se hereda de una célula o de una generación a otra, característica estratégica para la conservación o evolución de las especies.

**GU2:E21:2:364** [Haciendo referencia a la situación problema “El Genoma Simpson” y la pregunta, ¿Qué es el genoma?] “Es una partícula que se hereda de un padre al hijo”.

Con base en las afirmaciones dadas por los estudiantes en esta tendencia, el genoma, podría definirse e interpretarse desde tres vertientes como el conjunto de genes, grupo de cromosomas o totalidad de material genético que posee una célula, un organismo o una especie en específico; de modo simultáneo lo que para algunos autores como Orozco (2008), es la totalidad de la información y codificación genética que poseen todos los seres

vivos en su estructura celular, en donde se logra almacenar de forma natural, todos los datos biológicos de la generación.

En referencia, el genoma almacena, transmite y determina las propiedades del funcionamiento, desarrollo y accionar natural celular; en pocas palabras, del organismo; Por ello el factor determinante, la herencia, se vuelve importante, pues mediante la transmisión celular y la contribución génica de una entidad a otra, permite la creación biológica de nuevos seres o modos de vida; la transferencia de caracteres físicos, morfológicos, bioquímicos, y conductuales que perfilan, caracterizan y definen los aspectos corporales, funcionales, y comportamentales de una célula naciente, un individuo o una generación entera (Morcillo et al, 2013)

De este modo, los estudiantes, ha logrado definir, la composición y la estructuración del genoma, así como el valor que representa en una célula, un organismo, una familia o una generación entera, la sucesión biológica del patrimonio génico para el óptimo desarrollo y funcionamiento celular, la creación de nuevos seres vivos, la caracterización y el perfilamiento corporal y funcional de organismos; y, en resumen, la modificación, conservación y evolución de las especies.

En efecto, la implementación de la situación problematizadora, diseñada con el fin de desarrollar en los estudiantes conocimientos, capacidades, destrezas y actitudes científicas afines al genoma, y a la relación estructural y funcional entre ADN, Genes alelos y cromosomas, ha logrado que los estudiantes puedan identificar que los genes, son estructuras compuestas principalmente de ADN que llevan consigo caracteres estructurales y funcionales, que pueden ser heredados por cada progenitor a sus descendientes durante el proceso de concepción; y que gracias a los procesos de recombinación genética, estos rasgos heredados se consiguen manifestar en términos de dominancia u ocultar por recesividad para la definición y especificidad física y funcional del ser vivo (Soria, 2004).

### **Temática 3: Introducción al Dogma central de la Biología Molecular**

En el marco de la tercera semana de intervención didáctica, proyectamos como objetivo establecer la función, importancia y relación entre los procesos celulares de duplicación y transcripción, los cuales son fundamentales en el estudio de la transferencia de la información genética.

## Diseño

### *Guía 3: Duplicación y Transcripción del ADN*

#### Trabajo de Aula

La tercera guía de trabajo decidimos denominarla “*Duplicando nuestro conocimiento*”, debido a que la implementamos como mediadora al abordar la duplicación y la transcripción del ADN como mecanismos propios del dogma central de la Biología Molecular. Por tanto, en la Tabla 9 mostramos las finalidades de aprendizaje que consideramos para el desarrollo de esta temática.

*Tabla 9. Aspectos didácticos de la Temática 3.*

<b>Finalidades de aprendizaje</b>	<b>Descripción</b>	<b>Actividades</b>
<b>Conceptuales</b>	Establecer en qué consiste la Duplicación y Transcripción del ADN como mecanismos propios del dogma central de la Biología Molecular.	Video: <i>Replicación del DNA</i>
	Identificar estructuras que intervienen en el proceso de Duplicación y Transcripción del ADN.	Situación problema: <i>GATTACA</i>
	Reconocer la importancia de cada una de las estructuras y pasos realizados por las mismas para la Duplicación y Transcripción del material genético.	Preguntas problema: <i>Reescribiendo el mensaje</i>
	Determinar la relación entre el proceso de Duplicación y Transcripción, con el fin de identificar la correlación estructural y funcional entre la molécula del ADN y ARN.	
<b>Procedimentales</b>	Promover análisis de problemas del contexto a partir de situaciones problematizadoras con el fin de desarrollar competencias analíticas	

e investigativas.

Potenciar el uso de esquemas audiovisuales del proceso de Duplicación y Transcripción para establecer la relación entre estructuras y funciones. Simulador virtual: *Transcripción del ADN*

Fomentar el desarrollo de habilidades creativas, analíticas y descriptivas a partir del desarrollo de actividades lúdicas, que permitan comprender el flujo de la información genética. Aplicación *Juego de las enzimas*

Desarrollar habilidades y destrezas en la realización de debates con base a los aspectos abarcados en el desarrollo de las guías de trabajo.

---

**Actitudinales**

Valorar la influencia de los procesos de Duplicación y Transcripción en la perpetuación de las especies.

Escuchar activamente a los compañeros y compañeras, comparando y respetando lo que cada quien piensa respecto a las actividades propuestas en clase.

Socialización situaciones problematizadoras

Cumplir funciones cuando trabajo en equipo para asumir responsabilidades y valores como el compromiso, la confianza y el respeto, hacia las funciones de los demás.

Simulación proceso de Duplicación del ADN

---

En este sentido, presentamos parte de la guía de trabajo previamente mencionada, “*Duplicando nuestro conocimiento*” (Figura 43), la cual reúne en total cuatro actividades.



**BIENVENIDOS CHICOS A LA GUIA No. 3  
DUPLICANDO NUESTRO CONOCIMIENTO**

Institución Educativa Escuela Normal Superior  
Biología Molecular  
Grado 902

Universidad Surcolombiana  
Licenciatura En Ciencias Naturales: Física, Química y Biología

Nombre: \_\_\_\_\_  
Fecha: \_\_\_\_\_

**1 Sinopsis de la película  
GATTACA**

**Reparto:**  
Ethan Hawke, Uma Thurman, Jude Law, Loren Dean,  
Alan Arkin, Gore Vidal, Xander Berkeley, Elias Koteas.  
**Director:** Andrew Niccol  
**Género:** Ciencia Ficción. Año 1997.

**SITUACIÓN PROBLEMA**

**Figura 43.** Parte de la guía de trabajo sobre la Temática 3: Introducción al Dogma central de la Biología Molecular.

Como podemos observar en la figura anterior, la primera actividad propuesta en la guía de clase corresponde a una situación problema, basada en un tráiler y sinopsis de la película “GATTACA” (Figura 44). Cabe resaltar que hicimos una adaptación del texto escrito por José Luis Pérez Triviño, en donde se relata con más detalle la sinopsis de la película, a fin de contextualizarlos muy bien con la problemática expuesta (Figura 46), la cual sirvió de introducción al mecanismo de duplicación del ADN, retomando aspectos de la temática 1, sobre ubicación del ADN y de la 2, respecto a la estructura molecular de los ácidos nucleicos, teniendo en cuenta que de allí se derivaron los siguientes interrogantes:

*¿A qué crees que hace referencia la portada de la película?, ¿Qué puedes inferir de la palabra GATTACA?, ¿Qué crees que pudo haber ocurrido a nivel molecular para que Vincent Freeman tuviera un 99% de posibilidades de desarrollar múltiples problemas cardiacos, que pusieran en riesgo su vida?, ¿Qué mecanismo o proceso en la célula cobra importancia en el desarrollo de la enfermedad de Vincent Freeman?, ¿por qué Freeman decidió optar por tejidos y fluidos biológicos específicos, como la sangre y orina de Jerome y no otro tipo de tejidos? y ¿Por qué el hermano menor de Freeman si fue rápidamente considerado “válido” en el mundo de GATTACA?.*



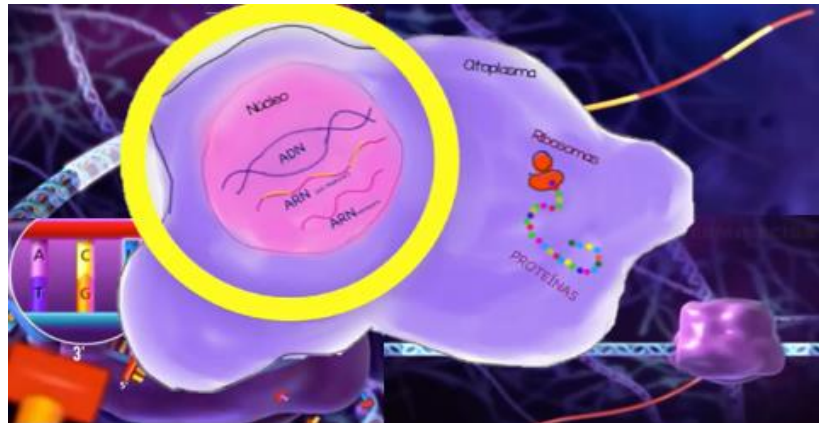
**Figura 44.** Fragmentos de la película “GATTACA” (Tomado de <https://www.youtube.com/watch?v=NPQ4riW2ARw>)

Seguidamente, en aras de introducir la Actividad 2, denominada “*Juego de las enzimas*”, consideramos pertinente socializar con los estudiantes la actividad anterior, con el fin de conducir esas preguntas por la ruta de aprendizaje y así poder centrarnos exclusivamente en el proceso de duplicación del ADN, con ayuda del video denominado “*Replicación del ADN*” (tomado de <https://www.youtube.com/watch?v=-EGKrYdQEHQ>), con el cual los estudiantes tuvieron una primer noción de la importancia que tienen las enzimas en dicho proceso celular, abriendo paso a la realización del juego, en donde los estudiantes de forma grupal recrearon la duplicación del ADN, haciendo uso de los recursos didácticos que se observan en la Figura 45, al especificar los tipos de enzima que intervienen, el momento en que lo hacen y la función que cada una cumple.



**Figura 45.** Implementación juego de las enzimas.

Posteriormente en la Actividad 3, presentamos el video “Reescribiendo el mensaje” (Figura 46) y con base a ello planteamos el siguiente despliegue de cuestionamientos problematizadores: *¿Qué sucedería si la hebra de ADN no se transcribiera?*, *¿Por qué se utiliza la hebra de ADN para la trascrición?*, *¿Por qué crees que es necesario en el proceso de transcripción un solo tipo de enzimas?*, *¿Por qué crees que en el proceso de transcripción son necesarias las secuencias para la iniciación y la terminación?*, *¿Qué diferencia hay en la RNA Polimerasa y la DNA Polimerasa la cual se involucra en procesos de transcripción y proceso de replicación respectivamente?*, *¿Por qué crees que es necesario que se eliminen los intrones de la secuencia?*, *¿Cuál es la importancia de que, en el proceso de elongación, esta nueva estructura se forme en sentido 5´ a 3´?*, *¿crees que a partir de este proceso se logra formar cualquier tipo de ácido ribonucleico?* Con el fin de abordar el proceso de la Transcripción del ADN.

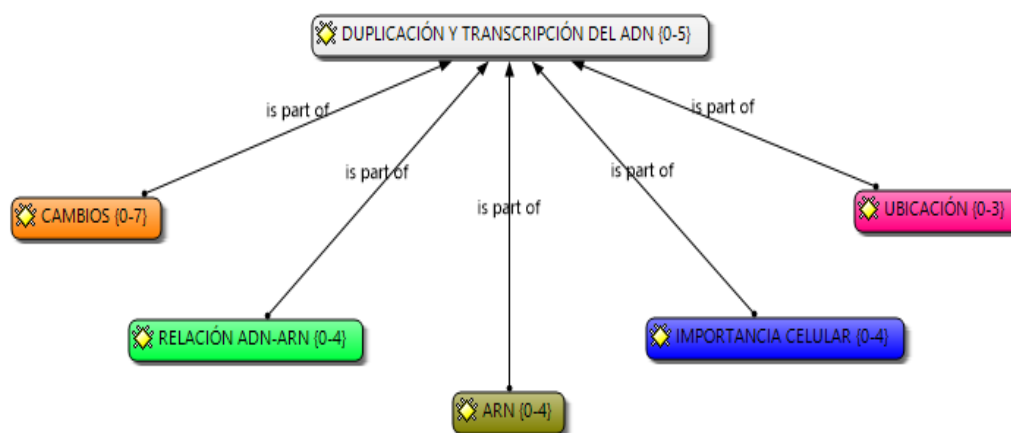


**Figura 46.** Fragmentos del video problema “Reescribiendo el mensaje” (Tomado de <https://www.youtube.com/watch?v=OFMUheIHNOA> )

Finalmente, para el desarrollo de la Actividad 4, utilizamos un simulador virtual como modelo explicativo del proceso de la transcripción del ADN (Disponible en <http://www.johnkyrk.com/DNAtranscription.esp.html>), el cual permitió establecer las relación, similitudes y diferencias entre la duplicación y la transcripción como mecanismos de trasmisión y expresión de la información genética.

### Análisis

En este sentido, como producto de la diversidad de respuestas emitidas por el estudiantado al desarrollar cada una de las actividades propuestas en la guía 3, identificamos cinco subcategorías respecto a la Duplicación y Transcripción del ADN: *Cambios*, *Relación ADN-ARN*, *ARN*, *Importancia celular* y *ubicación* (Figura 47).



**Figura 47.** Subcategorías identificadas en la Guía 3: Duplicación y Transcripción.

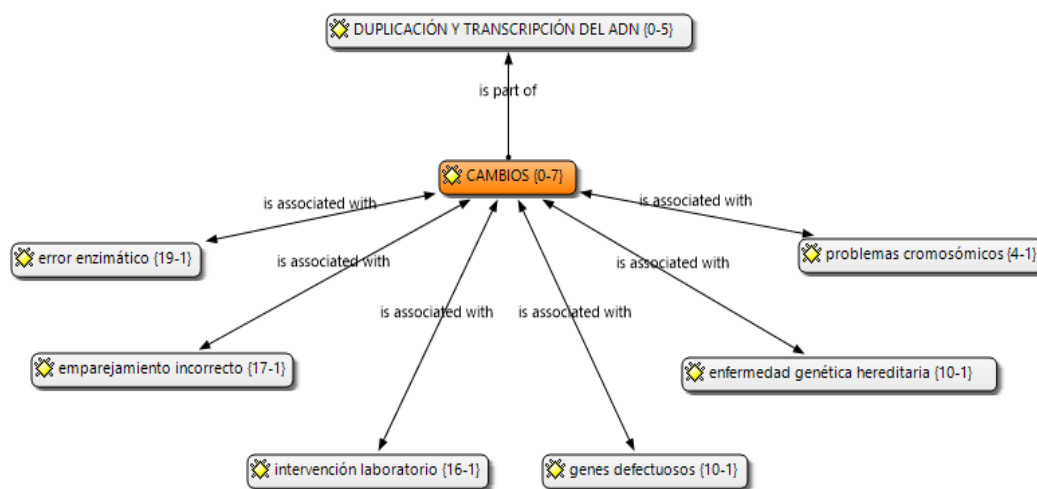
Fuente: Construida por los autores en el Atlas ti.

Sánchez (2007) concibe el estudio de los mecanismos de transferencia genética en los seres vivos como un tema de vital importancia a nivel biológico, puesto que permite describir el recorrido que realiza el material genético contenido en la molécula de ADN, desde que este se duplica y se transcribe mediante procesos celulares que finalmente permiten la síntesis de proteínas (traducción) dando cabida a un ciclo que se encarga la estructuración y el mantenimiento de la vida.

A continuación, presentamos de forma explícita cada una de las subcategorías halladas y ejemplos de las tendencias más representativas en cada caso.

### **Cambios**

En la siguiente figura presentamos la subcategoría cambios, con la cual pudimos identificar seis tendencias: *error enzimático*, *emparejamiento incorrecto*, *intervención laboratorio*, *enfermedad genética hereditaria* y *problemas cromosómicos*.



**Figura 48.** Tendencias identificadas en la subcategoría *Cambios*.

Fuente: Construida por los autores en el Atlas ti.

En la Figura 48, presentamos la subcategoría *Cambios*, la cual agrupó seis tendencias, que se lograron distinguir a partir de las concepciones obtenidas de los participantes, evidenciando como principales tendencias *error enzimático* con el 25% del total de respuestas (19 afirmaciones) de las, seguida de *emparejamiento incorrecto* con 22,36% (17 afirmaciones) e *intervención laboratorio* con 21,05% (16 afirmaciones) y por último

aparecen las tendencias: *genes defectuosos, enfermedad genética hereditaria y problemas cromosómicos* como las menos representativas con valores que no superan el 13,15% del total de juicios emitidos por los estudiantes.

**Error enzimático:** Esta tendencia fue mencionada diecinueve veces (25% del total de respuestas) para referirse a que las alteraciones genéticas se originan a raíz de error en las funciones que realizan las enzimas al momento de duplicar la información contenida en el ADN.

**GU3:E9:P2:66** [Haciendo referencia a la situación problema “¡GATTACA!” y la pregunta ¿Qué mecanismo o proceso en la célula cobra importancia en el desarrollo de la enfermedad de Vincent Freeman?] “*El proceso de duplicación en donde hubo un error porque la Polimerasa 3 no corrigió los errores en la cadena y esto ocasionó una dificultad de vida.*”

**Emparejamiento incorrecto:** Esta tendencia fue mencionada diecisiete veces (22,36% del total de opiniones) ya que, ante la pregunta, el estudiantado consideró que la posible causa de los problemas que presentaba el protagonista del cortometraje a nivel molecular era el emparejamiento incorrecto de las bases nitrogenadas en su cadena de ADN.

**GU3:E32:P2:232** [Haciendo referencia a la situación problema “¡GATTACA!” y la pregunta ¿Qué crees que pudo haber ocurrido a nivel molecular para que Vincent Freeman tuviera un 99% de posibilidades de desarrollar múltiples problemas cardíacos, que pusieran en riesgo su vida?] “*Lo ocurrido fue que las bases nitrogenadas no estaban bien formadas con sus parejas o puede ser algo genético ocurrido por su familia.*”

**Intervención laboratorio:** esta tendencia se menciona en dieciséis ocasiones (21,05% del total de consideraciones) en lo que respecta a la influencia de la manipulación genética en el tratamiento o prevención de problemas genéticos hereditarios, con el fin de garantizar una mejor calidad de vida.

**GU3:E29:P2:212** [Haciendo referencia a la situación problema “¡GATTACA!” y la pregunta ¿Por qué el hermano menor de Freeman si fue rápidamente considerado “válido” en el mundo de GATTACA?] “*Porque manipularon genéticamente su ADN para que el espécimen saliera perfecto.*”

Por su parte, las tendencias, *genes defectuosos (13.15% del total de respuestas)*, *enfermedad genética hereditaria (13.15% del total de opiniones)* y *corroborar hipótesis (5.27% del total de consideraciones)*, tuvieron una menor representatividad dentro de lo sistematizado, partiendo de que no superaron las 10 menciones.

En este orden de ideas, vale la pena resaltar que una situación problema no necesariamente tiene que estar sujeta a un texto, también puede diseñarse en base a un video, película, capítulo o demás recursos que permitan recrear un problema de la cotidianidad, que motive al estudiante a involucrarse y apropiarse de la situación, de modo que logre confrontar sus concepciones alternativas sobre el tema en cuestión, a tal punto de que sea capaz de buscar diversas fuentes para construir una respuesta o dar solución, tal y como comprobamos con *GATTACA*, lo cual resultó muy llamativo para ellos (Ahued, 2011).

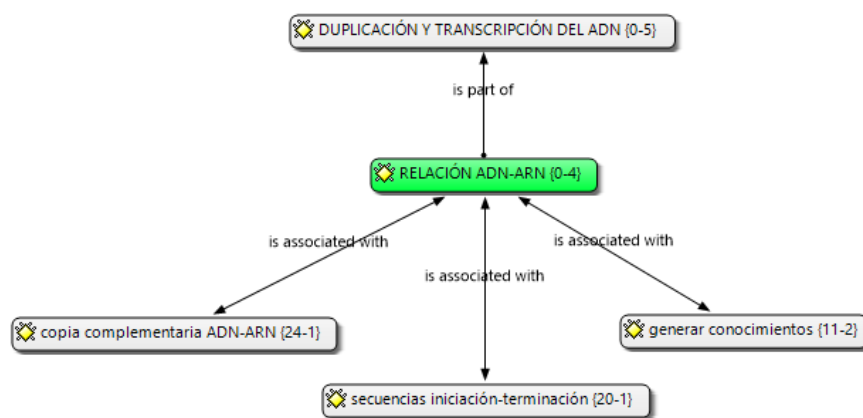
En efecto, para hacer el análisis de lo encontrado en esta subcategoría, decidimos basarnos en los planteamientos de Occelli (2013), quien afirma que en genética, cuando se habla de cambios o alteraciones se hace referencia a las inconsistencias o problemas que pueden tener origen en los genes, cromosomas o nucleótidos, cuya naturaleza puede ser hereditaria o congénita y las causas pueden variar, ya que son múltiples los posibles factores que dan lugar a ello, como por ejemplo los errores enzimáticos en procesos de transmisión de la información genética, como la duplicación, en donde intervienen las enzimas ADN polimerasas direccionando el proceso, cumpliendo funciones esenciales dentro de las que se destaca la función correctora y reparadora, ya que posee actividad de exonucleasa lo cual le confiere dicho mecanismo de corrección, tarea que si no es bien realizada favorece la formación de mutaciones.

Por consiguiente, Íñiguez y Puigcerver (2013) añaden que esas mismas razones son las que han motivado a potenciar el campo de acción de los laboratorios genéticos y por ende el campo de conocimiento, puesto que se han concentrado a nivel mundial en estudiar y contribuir en la prevención y erradicación de enfermedades hereditarias y malformaciones congénita, debido a que como mencionamos en apartados anteriores, la influencia de la naturaleza de la ciencia es escasa en las aulas de clase.

Así pues, lo anterior nos permite comprobar que a este punto de la intervención didáctica los estudiantes han puesto en evidencia sus progresiones, gracias a las estrategias de enseñanza implementadas, dentro de las que se destaca en esta guía por ejemplo las situaciones problemas, las cuales garantizan el fortalecimiento y desarrollo cognitivo de los estudiantes y por ende, Díaz (2010) coincide con Chacón (2008), al asumir que pueden ser aplicadas para favorecer el aprendizaje en cualquier nivel o modalidad, antes, durante o después de abarcar un eje temático como tal, debido a sus múltiples ventajas.

### ***Relación ADN-ARN***

En esta subcategoría evidenciamos tres tendencias: *Copia complementaria ADN-ARN*, *Secuencias iniciación-terminación* y *generar conocimientos*, siendo las dos primeras las más representativas (Figura 49).



**Figura 49.** Tendencias identificadas en la subcategoría Relación ADN-ARN.

*Fuente: Construida por los autores en el Atlas ti.*

***Copia complementaria ADN-ARN:*** En esta tendencia se realizan 24 menciones (43,63% del total de respuestas) las cuales se centraron en sustentar que la relación que existe entre el ADN y el ARN subyace en la copia complementaria que se evidencia en el proceso de la transcripción.

**GU3:E2:P2:51** [Haciendo referencia al video “Transcripción del ADN” y a la cuestión “A partir de lo anterior Establece la relación entre duplicación y transcripción”. “Cuando se duplica el ADN se transcribe todo su contenido, interviniendo el ARN.”

***Secuencias iniciación-terminación:*** Con respecto a esta tendencia se observa que el estudiantado la reportó en un 36,37% del total de consideraciones (20 afirmaciones) al especificar que los indicadores que establecen el inicio y final de los procesos de duplicación y transcripción son las secuencias de iniciación y terminación en cada caso.

**GU3:E22:P2:166** [Haciendo referencia al video “Transcripción del ADN” y a la pregunta “¿Por qué crees que en el proceso de transcripción son necesarias las secuencias para la iniciación y la terminación?”]. “*Porque sin las secuencias no tendríamos el orden necesario para comenzar y terminar y los procesos podrían salir mal.*”

Finalmente, cabe resaltar que la tendencia *generar conocimientos*, fue omitida, puesto que las menciones que registró no supero el 20% del total de respuestas (11 afirmaciones).

En este sentido, Cabrejos, Tamayo y Maldonado (2001) sustentan que, pese a que la molécula de ADN contiene la información genética, este no puede codificar directamente el mensaje que permitirá la síntesis de proteínas, razón por la cual requiere de la transcripción como proceso en donde la información se transfiere a una molécula de ARN, la cual se encargará de hacer una copia complementaria de la secuencia que presenta el ADN, de modo que el flujo de la información continúe y se haga efectiva la transmisión del mensaje que lleva las instrucciones necesarias para que se pueda efectuar la expresión génica. Contenidos que comúnmente fundamentan las dificultades de enseñanza y aprendizaje de la genética, ya que suelen ser presentados de forma abstracta y descontextualizada (Polanco, 2011).

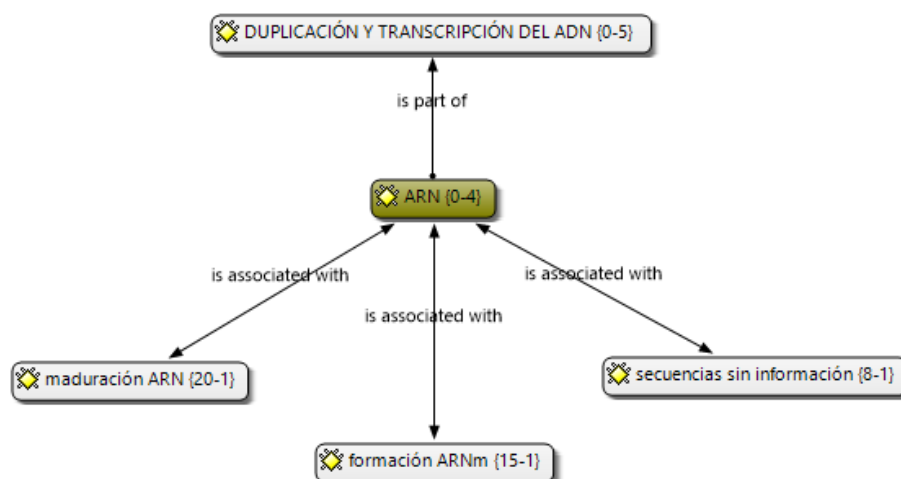
Sin embargo, los resultados obtenidos en esta subcategoría demuestran que los estudiantes comprendieron dichos mecanismos gracias al uso de los videos, el juego y el simulador, los cuales en conjunto permitieron explicar y relacionar los procesos de duplicación y transcripción de forma innovadora y didáctica, teniendo en cuenta que son recursos de fácil alcance que pueden ser utilizados en cualquier momento en pro del cumplimiento de los objetivos educativos, debido a que pueden servir de introducción a un contenido, de núcleo en una actividad, de repaso o de complemento a cualquier eje temático previamente visto (Labrador, 2008).

Adicionalmente, Gómez (2015) defiende las actividades lúdicas al considerarlas como propuestas que resultan muy atractivas y motivadoras para el estudiantado, ya que

estimula la percepción en ellos y favorece el desarrollo de habilidades de pensamiento, lo cual se complementa con las finalidades de las situaciones problematizadoras, en cuanto refiere a promover un pensamiento analítico y actitudes aproximadas a la ciencia, que benefician el proceso de aprendizaje (Sánchez, Escudero y Massa 2001).

### **ARN**

Con relación a esta subcategoría podemos evidenciar que las tendencias más representativas son *maduración ARN* con un 46.51% del total de las respuestas y *formación ARNm* con un 34.88% del total de las consideraciones, mientras que la tendencia *secuencias sin información* tuvo la menor representatividad dentro de lo sistematizado con 18,61% (Figura 50).



**Figura 50.** Tendencias identificadas en la subcategoría ARN.

Fuente: Construida por los autores en el Atlas ti.

**Maduración ARN:** fue la tendencia con mayor relevancia, ya que arrojó un valor del 46,51% del total de respuestas (20 afirmaciones), al ser mencionada veinte veces, haciendo alusión a que la eliminación de intrones es un parámetro biológico esencial y determinante en la maduración del ARN, lo cual se debe cumplir dentro del proceso de la transcripción para que posteriormente la información genética pueda salir del núcleo y ser llevada de forma segura al citoplasma.

**GU3:E22:P2:167** [Haciendo referencia al video “Transcripción del ADN” y a la pregunta ¿Por qué crees que es necesario que se eliminen los intrones de la secuencia?]. “Porque si no

*maduran no pueden hacer el proceso en el citoplasma y no puede salir del núcleo porque aún no contienen la información.”*

**Formación ARNm:** en cuanto refiere a esta tendencia se observa que el estudiantado la referenció en un 34,88% del total de opiniones (15 afirmaciones) para justificar la existencia de un tipo de ARN encargado de transferir desde el núcleo, la información genética proveniente de un trozo de ADN, la cual tiene como destino el citoplasma donde se encuentran ubicados los ribosomas que finalmente permitirán la síntesis proteica.

**GU3:E31:P2:225** [Haciendo referencia al video “Transcripción del ADN” y a la pregunta “¿Crees que a partir de este proceso se logra formar cualquier tipo de ácido ribonucleico?”]. “*La hebra del ADN, saca una copia y sale el ARN y espera que madure para que ella sea mensajera y produzca proteínas.*”

Respecto a la tendencia *secuencias sin información* esta reportó un 18.61% del total de opiniones, siendo la menos representativa, ya que realizaron solo 8 afirmaciones dentro de la actividad sistematizada.

Ahora bien, para interpretar mejor las respuestas emitidas por los estudiantes, nos basamos en lo que subraya Ramos (2009), respecto a que es necesario saber que el Ácido Ribonucleico o ARN es una molécula de gran relevancia a nivel genético, pues desempeña una importante labor al permitir copiar el código contenido en el ADN, gracias a la acción de las enzimas, transportándolo desde el núcleo de donde sale en forma de ARNm una vez haya alcanzado su maduración al eliminar los intrones, es decir aquellas bases que no codifican para ninguna proteína, para así poder dirigirse hasta el citoplasma abriendo paso al proceso de traducción.

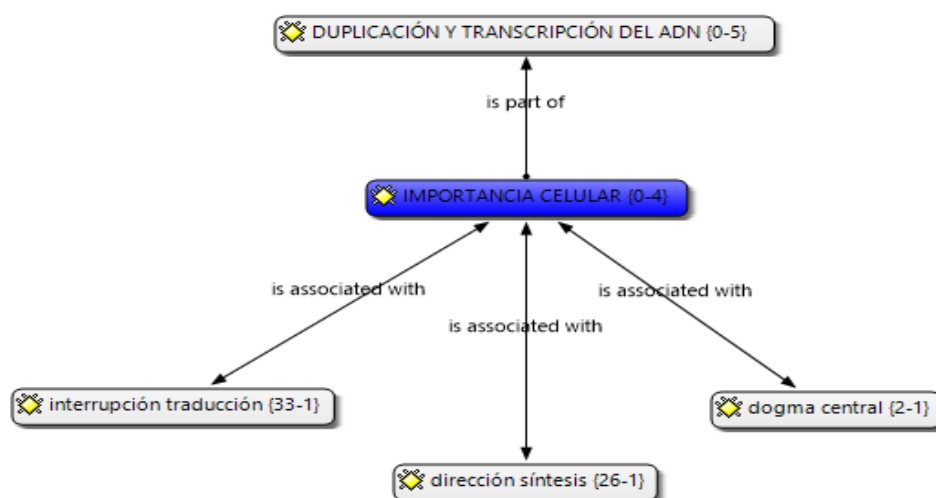
Por tal motivo, Gonzales (2009) hace énfasis en que para el desarrollo de la transcripción la función que desempeña el ARNm es determinante y sobresaliente, ya que como su nombre lo indica, se encarga de llevar el mensaje obtenido de la hebra molde de ADN hasta los ribosomas en donde se asocia el ARNr y el ARNt ayudando con la decodificación e interpretación del mensaje, especificando el orden en el que se van a disponer los aminoácidos y a producir las proteínas.

Para finalizar exaltamos el papel del *juego de las enzimas*, el cual permitió sentar las bases para entender tanto el proceso de duplicación como el de transcripción, ya que, a

través de este, los estudiantes lograron identificar los tipos de enzimas que intervienen en cada mecanismo, la función que cumplen y la importancia que representan las mismas, integrando así la diversión con el saber en espacios llenos de dinamismo, participación y modelización (Chacón, 2008; Bautista y López, 2013).

### ***Importancia Celular***

En cuanto a esta subcategoría, reconocemos como tendencias fundamentales *Interrupción traducción* con un 54.10% del total de respuestas y *dirección síntesis* con un 42,62% del total de consideraciones al tener un mayor número de menciones en comparación con la tendencia *dogma central*, la cual solo representó un 3.28% del total de opiniones (Figura 51).



**Figura 51.** Tendencias identificadas en la subcategoría *Importancia Celular*.

Fuente: Construida por los autores en el Atlas ti.

***Interrupción traducción:*** La presente tendencia sobresalió en gran manera con el 54.10% del total de las menciones realizadas por el estudiantado (33 afirmaciones), con respecto a la importancia celular que le otorgan a la existencia y desarrollo de procesos tales como la duplicación y transcripción del ADN, ya que abren paso a su vez al proceso de la traducción, razón por la cual plantearon que si existiera un error en la parte inicial del dogma central de la biología molecular, se interrumpiría la síntesis de proteínas y con ello el equilibrio interno.

**GU3:E14:P2:295** [Haciendo referencia al video “Transcripción del ADN” y a la pregunta “¿Qué sucedería si la hebra de ADN no se transcribiera?”. “Lo que sucedería es que no se realizarían los procesos que ayudan a las proteínas por lo tanto no habría proteínas.”

**Dirección síntesis:** en cuanto refiere a esta tendencia se observa que el estudiantado la mencionó en veintiséis ocasiones (42,62% del total de respuestas) al explicar que durante el proceso de la transcripción es importante la dirección de síntesis, ya que la enzima ARN polimerasa se desplaza por la hebra patrón y avanza en sentido opuesto a la dirección 3' 5' que lleva la secuencia de ADN, con el fin de insertar los nucleótidos de ARN, reconociendo las bases nitrogenadas complementarias.

**GU3:E34:P2:330** [Haciendo referencia al video “Transcripción del ADN” y a la pregunta “¿Cuál es la importancia de que, en el proceso de elongación, esta nueva estructura se forme en sentido 5' a 3'?”. “Porque el ADN al estarse fotocopiando está copiando la misma información y al ser anti paralela está copiando la información idénticamente.”

En este sentido, omitimos la tendencia *dogma central*, partiendo de que obtuvo solo 2 menciones representadas en 3.28% del total de opiniones, siendo la menos representativa.

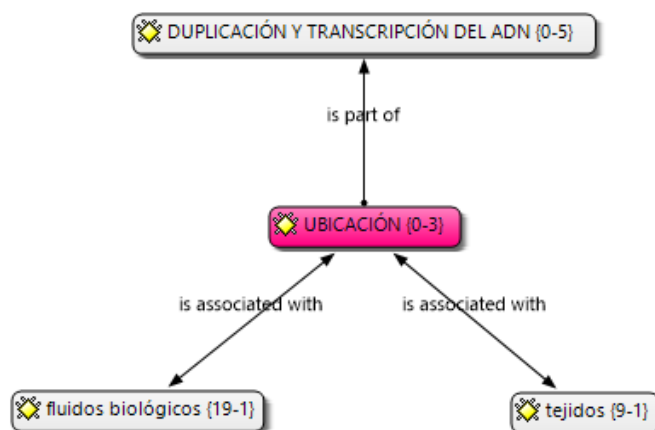
Por ende, al observar la diversidad de respuestas emitidas, notamos que en general los estudiantes denotan una buena apropiación conceptual y hacen uso del vocabulario científico promocionado tanto en el aula al desarrollar cada una de las actividades, como en el material didáctico facilitado, refiriéndose a la importancia biológica que ilustran la duplicación y transcripción como mecanismos que determinan el flujo de la información genética, razón por la cual el estudiantado manifestó que si el ADN no llegaba a transcribirse, lo más probable sería que el proceso de traducción se interrumpiera y como consecuencia no habría la expresión génica.

De hecho, Ramos (2009) complementa lo anterior, al declarar que el proceso de síntesis de proteínas, también conocido como traducción es el encargado de conceder la importancia celular al dogma central de la biología molecular, puesto que reúne los mecanismos anteriores al realizarse a partir de la información contenida en el ARNm, como producto de la transcripción del ADN y previa duplicación del mismo, lo cual denota cuan organizado es nuestro organismo, respecto al almacenamiento y transferencia de los caracteres hereditarios.

Por consiguiente, autores como Orbiza (2016) plantean que, si el docente piensa abordar este tipo de contenidos, lo primero que se debe hacer es prepararse y estudiar al respecto de modo que tenga una base conceptual bien fundamentada que le permita trabajar con este ámbito de la ciencia desde cualquier perspectiva y propuesta didáctica, ya que el dominio de tema ofrece este tipo de beneficios.

### **Ubicación**

Con respecto a esta subcategoría, identificamos la tendencia *Fluidos biológicos* como la más representativa con el 67.86% del total de consideraciones y la tendencia *tejidos*, como la de menor representatividad al arrojar una frecuencia del 32,14% del total de respuestas en cuanto refiere a la ubicación del material genético en el ser humano (Figura 52).



**Figura 52.** Tendencias identificadas en la subcategoría Ubicación.

Fuente: Construida por los autores en el Atlas ti.

**Fluidos biológicos:** fue la tendencia con mayor representatividad al recoger el 67,8% del total de las menciones realizadas por el estudiantado (19 afirmaciones), quienes subrayaron que el ADN como material genético se puede encontrar con facilidad en fluidos biológicos tales como la sangre, ya que los glóbulos blancos disponen de dicho material.

**GU3:E32:P2:234** [Haciendo referencia a la situación problema “¡GATTACA!” y a la pregunta “¿Por qué crees que Freeman decidió optar por tejidos y fluidos biológicos específicos, como la sangre y orina de Jerome?”]. “*Porque en fluidos como la sangre hay glóbulos blancos y ahí dentro está el ADN.*”

**Tejidos:** Esta tendencia fue referenciada en nueve ocasiones por los estudiantes (32.2% del total de las opiniones) quienes citaron que tejidos como los de la mucosa bucal albergan grandes cantidades de células y por lo tanto portan material genético en el interior de sus núcleos celulares.

**GU3:E24:P2:177** [Haciendo referencia a la situación problema “¡GATTACA!” y a la pregunta “¿Por qué crees que Freeman decidió optar por tejidos y fluidos biológicos específicos, como la sangre y orina de Jerome?”]. *“Los escogió porque los tejidos como los de la boca son los más comunes para las pruebas genéticas.”*

Análogamente, las tendencias que surgieron en esta subcategoría fueron a raíz de la pregunta “¿Por qué crees que Freeman decidió optar por tejidos y fluidos biológicos específicos, como la sangre y orina de Jerome?” haciendo referencia a la situación problema “GATTACA”, razón por la cual consideramos necesario entrar un poco en contexto, teniendo en cuenta que allí se presentó el caso de un sujeto quien sufre problemas genéticos y debido a su condición no es aceptado en la agencia espacial donde siempre ha soñado trabajar, motivo por el cual decide hacerse pasar por un deportista utilizando ciertos tejidos y fluidos biológicos como la sangre y la orina, hasta lograr que las pruebas genéticas de ingreso a la agencia, salgan perfectas, ya que en realidad analizaron el material genético de la otra persona, quien no presentaba ninguna alteración.

En virtud de lo anterior, podemos afirmar que las respuestas emitidas estuvieron sujetas a factores tales como la realidad de los estudiantes, lo difundido en los medios de comunicación, pero sobre todo a la experiencia vivida en la práctica de laboratorio artesanal “*extracción del ADN*” desarrollada en la guía número 2, lo cual fundamentó sus respuestas en relación a que el ADN se puede encontrar en tejidos como el epitelial de la mucosa bucal y fluidos biológicos como la sangre, ya que ambos están conformados por conjuntos organizados de células, las cuales disponen de material genético en su interior, específicamente en el núcleo celular, a excepción de los glóbulos rojos, debido a que estos a diferencia de los glóbulos blancos carecen de núcleo (Cervantes y Jiménez, 2003).

En otros términos, Sanmartí, Márquez y García (2002), sostienen que la actividad científica, se hace más amena, cuando los estudiantes estudian los fenómenos naturales de

forma experimental, puesto que la observación y vivencia en primera medida, abren paso al aprendizaje significativo.

#### **Temática 4. Traducción y código genético**

Dentro de la cuarta semana de intervención, nos planteamos como objetivo, abordar lo referente a las estructuras proteicas, las etapas para la obtención de las mismas y el uso del código genético para la lectura, interpretación y manifestación de los caracteres hereditarios, procesos básicos para comprender, pues en el organismo son los que definen las características, las funciones y en sí, la naturaleza del ser vivo.

#### **Diseño:**

##### **Guía 4: *De camino hacia las proteínas***

##### **Trabajo de Aula**

La cuarta guía didáctica, decidimos llamarla “*De camino hacia las proteínas*” puesto que, mediante el desarrollo práctico de laboratorio, y el juego lúdico-didáctico comprendido en el diseño, buscamos tanto identificar la presencia y reconocer las características estructurales y funcionales de las proteínas, como diferenciar y valorar las etapas de la síntesis proteica a nivel biológico, para la codificación génica y expresión de los caracteres fenotípicos.

**Tabla 10.** Aspectos didácticos de la Temática 4.

<b>Finalidades de aprendizaje</b>	<b>Descripción</b>	<b>Actividades</b>
<b>Conceptuales</b>	Establecer la presencia, estructura, y algunas propiedades en las proteínas de algunos alimentos de consumo diario.	Práctica de laboratorio: <i>Identificando proteínas</i>
	Reconocer la estructura de las proteínas junto con las unidades básicas que la conforman.	
	Instaurar relaciones entre los genes, las proteínas y las características fenotípicas en el organismo	Video: <i>Síntesis de proteínas</i>

	Identificar la importancia del código genético en el proceso de síntesis de proteínas y expresión de caracteres fenotípicos.	Introducción al código genético. Video: <i>¿Qué es el código genético?</i>
<b>Procedimentales</b>	<p>Fomentar el desarrollo de habilidades creativas mediante la construcción lúdico-didáctica de las estructuras que intervienen en el proceso de síntesis de proteínas con el fin de precisar conceptos y representar el proceso de traducción para comprenderlo.</p> <p>Desarrollar habilidades científicas mediante el uso de técnicas artesanales e instrumentos de fácil acceso para la desnaturalización de proteínas e identificación de las mismas.</p> <p>Registrar mis observaciones y resultados realizando descripciones, esquemas y tablas para la organización de la información.</p>	<p>Elaboración del tablero, y las fichas didácticas del juego. Juego: <i>De camino hacia las proteínas</i></p> <p>Desarrollo de las cuestiones con base al desarrollo de la práctica de laboratorio</p>
<b>Actitudinales</b>	<p>Valorar la importancia biológica del ribosoma, de ARNm y el ARNt en el proceso de obtención de proteínas para la codificación de genes y expresión de caracteres fenotípicos.</p> <p>Apreciar la utilidad del código genético como base para la expresión y el almacenamiento de la información genética, que nos hace a todos los seres vivos diferentes entre sí.</p> <p>Asumir responsabilidades y valores como la generosidad, el compromiso, la confianza y el respeto, y cumplir las funciones que se me es a cargo al trabajar en</p>	<p>Discusión e interpretación del video: <i>¿Qué es el código genético?</i></p> <p>Discusión de la Lectura, análisis e interpretación del mensaje genético haciendo uso de: <i>El abecedario génico</i></p> <p>Socialización de las preguntas incluidas en el desarrollo de la práctica de laboratorio, <i>identificando proteínas</i> y el juego: <i>De camino hacia las proteínas</i></p>

---

equipo.

---

De este modo, presentamos la cuarta guía de trabajo denominada “*De camino hacia las proteínas*” (Figura 53), la cual reúne dentro de su estructura general tres actividades.

**GUIA No. 4**  
**De camino hacia las proteínas**

Institución Educativa Escuela Normal Superior  
 Biología Molecular  
 Grado 902

Universidad Surcolombiana  
 Licenciatura En Ciencias Naturales: Física, Química y Biología

Nombre: \_\_\_\_\_  
 Fecha: \_\_\_\_\_

**GUIA DE LABORATORIO:**  
*Identificando proteínas*

**Objetivos:**

- Establecer la presencia de proteínas en alimentos de consumo diario como huevo, leche, frijol, pan teniendo como punto de control el agua.
- Reconocer la estructura de las proteínas y algunas de sus propiedades características que les confieren estabilidad estructural y funcional.

**Marco Teórico:**

Las proteínas son moléculas estructuradas por cadenas muy largas de aminoácidos, los cuales se unen mediante enlaces peptídicos, quienes se caracterizan por tener un grupo amino y un ácido carboxílico. El número y la naturaleza de los aminoácidos junto con el orden en el que están unidos, determina la estructura primaria de la proteína. Los aminoácidos de la cadena pueden interactuar unos con otros, haciendo que la proteína se doble y forme estructuras tridimensionales, y este doblamiento le confiere características y funciones específicas. Se pueden romper estas interacciones para que la proteína pierda su estructura y con ellos sus funciones y características se alteren. Romper esas interacciones

**Figura 53.** Parte de la guía de trabajo sobre la Temática 4: Traducción y Código genético.

Como podemos contemplar en la figura anterior, la primera actividad expuesta en la guía de clase consistió en efectuar la práctica de laboratorio titulada “Identificando proteínas” y en la cual mediante pruebas y reacciones bioquímicas sencillas, se buscaba establecer la presencia de proteínas en diferentes alimentos de consumo diario, con el fin de dar introducción al reconocimiento estructural de estas estructuras y su incidencia en la expresión de algunas de sus propiedades fisicoquímicas participes en la estabilidad molecular y funcional de las proteínas. Para ello, mediante dos repeticiones, una con la

proteína del huevo y otra con la proteína de la leche, se realizaron diferentes pruebas químicas (6), con agua caliente, agua fría, agua con sal, alcohol, vinagre y limón.



**Figura 54.** *Práctica de laboratorio: Identificando proteínas*

Con base a lo anterior, surgen interrogantes como *¿Cuál crees que es la composición de dicho precipitado?*, *¿Cuáles crees que son las causas que provocaron los cambios en las proteínas de la leche y de la clara de huevo cuando entraron en contacto con los reactivos?*, y *¿Por qué los tiempos de desnaturalización de las proteínas en cada experimento y tubo de ensayo respectivamente se realizó a ritmos diferentes entre sí*, desarrollados, socializados y valorados a fin de introducir y dar explicación sobre los niveles estructurales y composición química de las proteínas y junto a ello, incentivar el desarrollo de habilidades relacionadas con la actividad científica tales como las técnicas, los métodos y procedimientos experimentales para la identificación, manipulación y caracterización fisicoquímica de los aminoácidos, importantes conocer, pues son la base

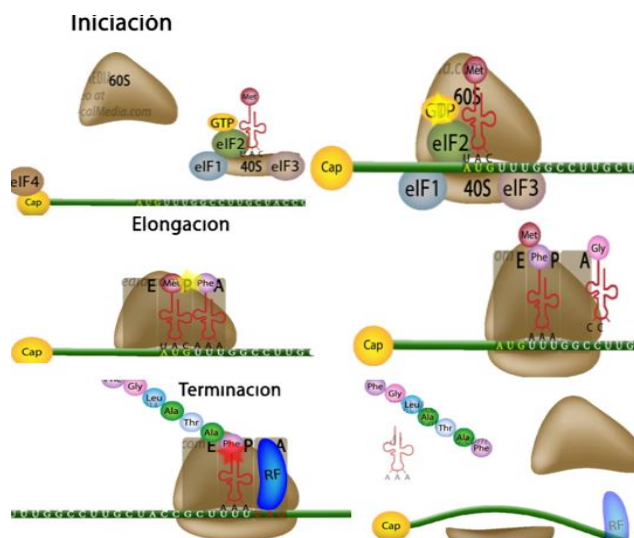
para la separación, la desnaturalización y predicción de estructuras proteicas (Asencio y Aguilar, 2010).

Seguidamente, la segunda actividad, denominada *Introducción al código genético*, en la que por medio de la proyección del “Abecedario genético” buscamos definir, qué es el código genético y mediante un ejemplo, analizar su uso para la codificación e interpretación de la información proveniente desde las estructuras génicas para la determinación secuencial de aminoácidos y formación de estructuras proteicas, todo esto con el fin de preparar y motivar a los participantes para el juego *De camino hacia las proteínas* que desarrollamos a continuación como tercera actividad.

		Base Intermedia (Segunda Base del Codón)			
		U	C	A	G
Base en 5' (Primera Base del codón)	U	UUU Phe	UCU Ser	UAU Tyr	UGU Cys
		UUC Phe	UCC Ser	UAC Tyr	UGC Cys
		UUA Leu	UCA Ser	UAA stop	UGA Stop
		UUG Leu	UCG Ser	UAG Stop	UGG Trp
	C	CUU Leu	CCU Pro	CAU His	CGU Arg
		CUC Leu	CCC Pro	CAC His	CGC Arg
		CUA Leu	CCA Pro	CAA Gln	CGA Arg
		CUG Leu	CCG Pro	CAG Gln	CGG Arg
	A	AUU Ile	ACU Thr	AAU Asn	AGU Ser
		AUC Ile	ACC Thr	AAC Asn	AGC Ser
		AUA Ile	ACA Thr	AAA Lys	AGA Arg
		AUG Met	ACG Thr	AAG Lys	AGG Arg
	G	GUU Val	GCU Ala	GAU Asp	GGU Gly
		GUC Val	GCC Ala	GAC Asp	GGC Gly
		GUA Val	GCA Ala	GAA Glu	GGA Gly
		GUG Val	GCG Ala	GAG Glu	GGG Gly

**Figura 55.** Proyección del abecedario genético

Así mismo, la proyección del video: *Traducción Eucariota – Síntesis de Proteínas. Alila Medical Media* (Figura 56) como base para dar a conocer en qué consiste el proceso, y dando una amplia explicación sobre el desarrollo secuencial del mismo, enseñar las estructuras, funciones e importancia de cada uno de los componentes involucrados en el mecanismo.



**Figura 56.** Proyección del video “Traducción Eucariota-Síntesis de proteínas (Tomado de <https://www.youtube.com/watch?v=YoyFpumWtHo> )

Finalmente, como tercera y última actividad, el juego “De camino hacia las proteínas”, lo diseñamos con el fin de vivenciar y comprender las etapas de iniciación, elongación y terminación que obedecen dentro del dogma central de la biología, al proceso de traducción o síntesis proteicas. Para ello, dispusimos del bosquejo secuencial con cada una de las etapas y el código genético, elaborado por los y las estudiantes para el desarrollo metodológico del juego, en cual, mediante modelos bidimensionales, interrogantes, pistas y gratificaciones buscaba lograr una cercana representación biomolecular del proceso, promover la activa participación y alcanzar un significativo aprendizaje con lo relacionado al proceso de síntesis proteica.

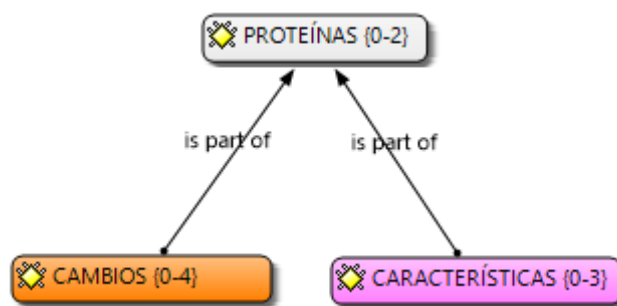


**Figura 57.** Tablero didáctico con las etapas y fichas que representan los pasos de la síntesis de las proteínas. Adaptación del Repositorio Institucional Universidad Nacional de Colombia. Estrategia lúdico-didáctica, para la enseñanza-aprendizaje de la síntesis y estructura de proteínas.

Para el desarrollo de la actividad, un integrante de cada equipo elige de la bolsa, según la etapa correspondiente a jugar, una ficha al azar y de acuerdo a esta, analiza, explica e interpreta el proceso para dar solución a la pregunta, ante sus compañeros. En caso que no logre hacerlo, podrá ceder el turno a un jugador del mismo o del equipo contrario. En efecto, si logra explicar y solucionar la pregunta, el grupo al cual pertenece el planteamiento, se lleva consigo los puntos, que de modo acumulativo van sumando y descifrando la participación total de los estudiantes durante la actividad.

### Análisis

Dada la variedad en las respuestas emitidas por los y las estudiantes al desarrollar cada una de las actividades propuesta en la guía 4, identificamos dos subcategorías con relación a las proteínas, moléculas biológicas: Cambios con el 57,1% y *Características* con el 42,9% de manifestaciones (Figura 58).



**Figura 58.** Subcategorías identificadas en la Guía N4: De camino hacia las proteínas

*Fuente: Construida por los autores en el Atlas ti*

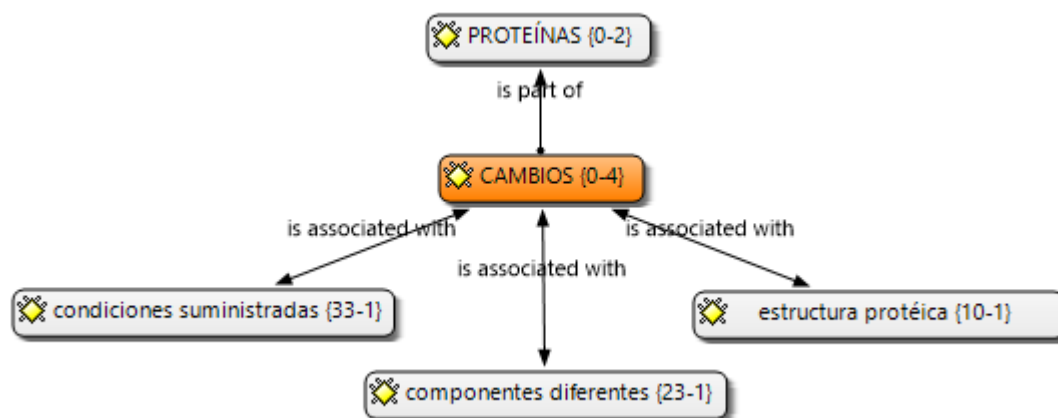
Esta categoría, relacionada principalmente con la práctica de laboratorio, denota aspectos primeramente estructurales, los cuales son de fundamento para comprender los mecanismos de ensamblaje, lectura e interpretación génica, formación y coalición de aminoácidos, necesarios para la síntesis proteica; así como las transformaciones estructurales dadas a partir de la composición bioquímica y los caracteres fisicoquímicos, los cuales denotan el aspecto y el específico accionar proteico. Finalmente, algunos métodos y técnicas para el estudio estructural, fisicoquímico, y la definición proteica. Efectivamente, aspectos relacionados con la estructura y función de las proteínas, así como

las técnicas para el estudio, la purificación y determinación se destacan dentro de esta categoría, determinantes según Alberts *et al.*, (2006), para la especificidad fisicoquímica, la regulación de la actividad proteica, y las modificaciones estructurales de las proteínas.

Por ello, antes de conocer cómo actúan los genes, como se transmite la información, y como funciona nuestro cuerpo, debemos conocer estructural y funcionalmente a las proteínas, pues producto de la particularidad estructural, las proteínas adoptan específicas formas, las cuales difieren en composición y en efecto, son las que establecen la especificidad funcional de cada una de ellas, para el íntegro funcionamiento celular.

### **Cambios**

En esta subcategoría encontramos tres tendencias, obtenidas de las preguntas que realizamos a los estudiantes frente a las causas que han provocado los cambios en las estructuras proteicas al ser sometidas a diferentes condiciones de temperatura, acidez, salinidad, entre otros. A partir de esto, obtuvimos como tendencia más representativa las *condiciones suministradas* y *componentes diferentes* con un 50% y 35% respectivamente, seguido de *estructura proteica* con un 15% (Figura 59).



**Figura 59.** Tendencias identificadas en la subcategoría Cambios

**Condiciones suministradas:** Con respecto a esta tendencia, fue mencionada en treinta y tres oportunidades con el 50%, aludiendo a que las causas que han provocado los cambios de estructura en las proteínas son producto de las condiciones suministradas como el calor, la acidez, la salinidad, la polaridad, que hacen que se rompan los enlaces entre los aminoácidos, restauren las estructuras y formen el precipitado proteico particular que se ha evidenciado.

**GU4:E17:1:58** [Haciendo referencia a la práctica de laboratorio “Identificando proteínas” y la pregunta ¿Cuáles crees que son las causas que provocaron los cambios en las proteínas de la leche y de la clara de huevo cuando entraron en contacto con los reactivos?]. *“El ácido, la temperatura, la salinidad, la disolvencia o polaridad de las cargas de la proteína en alcohol y el tiempo que permitió ver esto”*

**Componentes diferentes:** Con relación a esta tendencia, se observa que los estudiantes en un 35% plantean que la causa que provoca la variación en los tiempos de desnaturalización es la diferencia estructural y fisicoquímica de cada componente constituyente de la reacción, que los hace actuar de forma distinta y a ritmos diferentes.

**GU4:E18:1:59** [Haciendo referencia a la práctica de laboratorio “Identificando proteínas” y la pregunta ¿Por qué los tiempos de desnaturalización de las proteínas en cada experimento y tubo de ensayo respectivamente se realizó a ritmos diferentes entre sí?]. *“Porque en cada tubo que usamos era diferente la temperatura, diferentes reactivos, diferentes proteínas y diferentes tiempos para cambiar la estructura original y poder ver la proteína”*

**Estructura Proteica:** En afinidad con esta tendencia, observamos que las concepciones de los estudiantes en un 15% describen a las estructuras proteicas como causantes principales de las variaciones en los tiempos y ritmos de desnaturalización, dada la diferenciación organizacional y estructural de los aminoácidos, que de acuerdo a su secuenciación, definen su especificidad funcional.

**GU4:E21:1:66** [Haciendo referencia a la práctica de laboratorio “Identificando proteínas” y la pregunta ¿Por qué los tiempos de desnaturalización de las proteínas en cada experimento y tubo de ensayo respectivamente se realizó a ritmos diferentes entre sí?]. *“Porque cada tubo tiene diferente proteína, es por eso que tiene diferente tiempo por la estructura de cada una”*

Las proteínas, cuyo nombre significa “*lo primario*” son las moléculas más abundantes a nivel celular, que desempeñan diferentes funciones biológicas y a través de los cuales se expresa la información genética. Están estructuradas por cadenas muy largas de aminoácidos que se enlazan de la cabeza a la cola, mediante enlaces peptídicos y se

caracterizan por tener un grupo amino y otro grupo carboxilo, separados entre sí, generalmente por un solo átomo de carbono (Melo y Cuamatzi, 2007).

De acuerdo a la complejidad estructural, la secuenciación, el número y la naturaleza de los aminoácidos, las proteínas pueden adoptar una estructura primaria, la cual se caracteriza por su disposición lineal con aminoácidos en la cadena polipeptídica que se unen mediante enlaces covalente, sin incluir ninguna otra fuerza o enlace, una estructura secundaria, dada la secuenciación atómica y formación de puentes covalente entre los grupos amino y carboxilo de la columna vertebral -sin tener en cuenta las cadenas laterales-, que permiten plegamientos y giros específicos en hélices y hojas; una estructura terciaria dado el ordenamiento espacial de la estructura tridimensional del polipéptido, la disposición de cada uno de los elementos atómicos, incluidos los de sus cadenas laterales e interacciones no covalente, las cuales permiten el moldeamiento y plegamiento de la estructura; y una estructura cuaternaria, compuesta por más de una cadena polipeptídica, que se asocian con una geometría específica como subunidades de modo indeterminado (Acuña, 2006; Voet *et al.*, 2009).

En este sentido, los aminoácidos de la cadena polipeptídica pueden interaccionar unos con otros, haciendo que la proteína se doble, forme estructuras tridimensionales y adquiera propiedades fisicoquímicas y funciones específicas. El hecho de romper estas interacciones para que la proteína pierda su estructura tridimensional, secundaria, terciaria o cuaternaria, para volver a su estructura nativa es lo que se conoce como la desnaturalización de proteínas, y cuando ello pasa, las cadenas polipeptídicas se agrupan formando redes, lo cual hace que se den cambios en la conformación estructural, en el aspecto y en la función biológica de estas, dada la alteración de las propiedades físicas, como la solubilidad, el grado de hidratación, el índice de refracción, entre otras (Melo y Cuamatzi, 2007; Macarulla y Goñi, 1994).

En efecto, tal como los y las estudiantes lo han manifestado, las estructuras proteicas pueden verse afectadas por diferentes factores, sean químicos o ambientales tales como el pH, la irradiación, la temperatura, y en general agentes químicos o disolventes orgánicos (Voet *et al.*, 2009), que para el caso específicos de las proteínas del huevo y de la leche, albumina y caseína respectivamente, han sido los causantes principales de la desorganización estructural y la transformación en la apariencia física de las mismas, dada

la alteración significativa que provocan estos en las fuerzas de dispersión, los enlaces de hidrógeno y los enlaces iónicos y finalmente conllevan a la pérdida de la actividad biológica.

De acuerdo con Acuña, 2006, Melo y Cuamatzi, 2007; Voet *et al.*, 2009), el aumento inusual de la temperatura, hace que la proteína pierda su estabilidad y actividad biológica, producto de la alteración en las propiedades de rotación óptica, viscosidad y absorción UV; las condiciones extremas de acidez, suministradas mediante el limón, el vinagre y el alcohol, hace que la proteína sufra la inactivación y degradación, dado el cambio covalente, la alteración de los estados de ionización en las cadenas laterales de los aminoácidos y la destrucción de los puentes disulfuros de la estructura; y finalmente las condiciones extremas de salinidad, hace que la proteína se desestabilice por la alteración de los enlaces covalentes, y la desorganización en las interacciones hidrofóbicas que provoca las elevadas concentraciones iónicas.

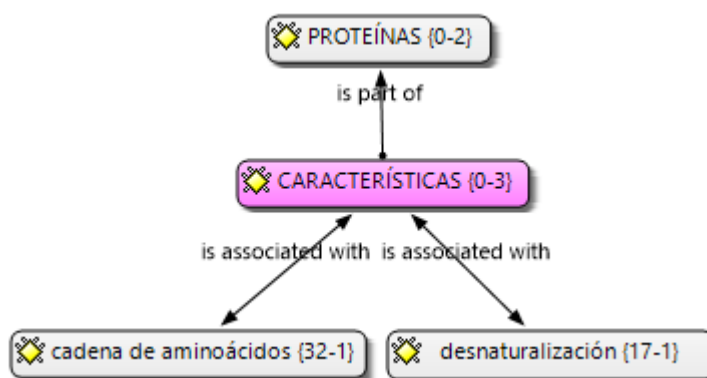
Por su parte, la desnaturalización proteica puede desarrollarse a ritmos diferentes, tal como los estudiantes lo han evidenciado con la proteína del huevo y de la leche. Esto se debe principalmente por la composición fisicoquímica de cada componente, los cuales, dada la especificidad estructural, actúan de forma distinta y en lapsos de tiempo diferente. En este sentido, las ideas de los estudiantes concuerdan, al afirmar que la diferenciación en los tiempos de desnaturalización es un factor que depende de la estructura proteica y de los componentes físicos y químicos a los cuales es expuesta esta, ya que si la estructura es de menor o mayor complejidad, el tipo, el tiempo y la velocidad de la desnaturalización variará proporcionalmente, tal como ellos lo manifiestan los estudiantes con afirmaciones tales como *“Cada tubo que usamos era diferente la temperatura, diferentes reactivos y diferentes proteínas con diferente composición estructural, por eso, las fuerzas químicas de cada reactivo que actuaban sobre la estructura proteica era lo que determinaba la velocidad en que se rompían las uniones y se transformaban las estructuras”*

De acuerdo con Voet y Voet (2006), en el transcurso temporal para la desnaturalización, específico en cada caso, la proteína explora todas las conformaciones disponibles hasta llegar a su estructura nativa; por ello, evidentemente, los tiempos que tardan para transformar su estructura tridimensional son diferentes entre sí, pues de acuerdo

al tamaño estructural, puede invertir algunos segundos o varios minutos para desplegar u obtener su estructura simple.

### **Características**

En esta subcategoría, encontramos que los característicos factores estructurales de las proteínas, son considerados en un 65,3% como aspectos importantes para los estudiantes, para evidenciar y comprender la composición, distribución y transformación proteica al someter esta, ante diferentes factores ambientales. Así, se originaron las tendencias *Cadena de aminoácidos* y *desnaturalización* (Figura 60).



**Figura 60.** Tendencias identificadas en la subcategoría *Características*

**Cadena de Aminoácidos:** En esta tendencia mostramos que el 65,3% de los estudiantes mencionan la cadena de aminoácidos haciendo referencia a la composición estructural básica de las proteínas, que dada su complejidad, se definen la estabilidad y actividad biológica de cada una.

**GU4:E19:1:60** [Haciendo referencia a la práctica de laboratorio “Identificando proteínas” y la pregunta “De las reacciones ocurridas en cada tubo de ensayo se observó formación de precipitados en proporciones diferentes ¿Cuál crees que es la composición de dicho precipitado?”] “*La composición del precipitado es que son proteínas formadas por cadenas de aminoácidos, que se agrupan en diferente cantidad por los compuestos que se agregaron a los tubos de ensayo*”

**Desnaturalización:** Esta tendencia registró un porcentaje del 35%, ya que la mencionaron en diecisiete oportunidades, para describir el proceso de desnaturalización

como aquel mecanismo en el que las estructuras tridimensionales de las proteínas se transforman en estructuras simples, gracias al desdoblamiento que produce el accionar de los agentes químicos o el suministro de diferentes condiciones ambientales.

**GU4:E22:1:69** [Haciendo referencia a la práctica de laboratorio “Identificando proteínas” y la pregunta “De las reacciones ocurridas en cada tubo de ensayo se observó formación de precipitados en proporciones diferentes ¿Cuál crees que es la composición de dicho precipitado?”] “*La proteína estaba con su estructura normal de aminoácidos y al entrar en contacto con otros químicos o elementos perdía sus propiedades y se transformaba*”

Desde el punto de vista científico, las proteínas son macromoléculas, formadas principalmente por la unión secuencial mediante enlaces peptídicos de aminoácidos (Peretó *et al.*, 2007). En este sentido, la unidad básica de las proteínas son los aminoácidos, tal como los y las estudiantes lo han manifestado con relación a la composición estructural de la Caseína y Albumina, proteínas del huevo y la leche, que formados por Carbono, Hidrogeno, Oxigeno y Nitrógeno, se unen linealmente en cadena para dar forma y tamaño específica a cada proteína (García, 1983).

Con relación a lo anterior, evidenciamos, que los y las estudiantes han identificado la composición secuencial de la estructura primaria, y el componente estructural básico en las proteínas, los aminoácidos, quienes se agrupan de manera especial para dar volumen u organización específica a cada proteína. Por otro lado, notamos que han desconocido los niveles organizacionales, de la estructura secundaria, característica por la secuenciación atómica de la cadena principal, y formación covalente entre grupos aminos y carboxilos que permiten realizar plegamientos y giros en hélices y hojas; la estructura terciaria, específica por la organización tridimensional de la cadena polipeptídica, que en disposición atómica, incluyen las cadenas laterales, que permiten la formación de interacciones no covalentes, para el mayor moldeamiento y plegamiento estructural; finalmente la estructura cuaternaria distintiva por la unión tridimensional de diferentes subunidades polipeptídicas, que se asocian mediante una geometría particular, de manera indefinida (Peretó *et al.*, 2007; Voet *et al.*, 2009).

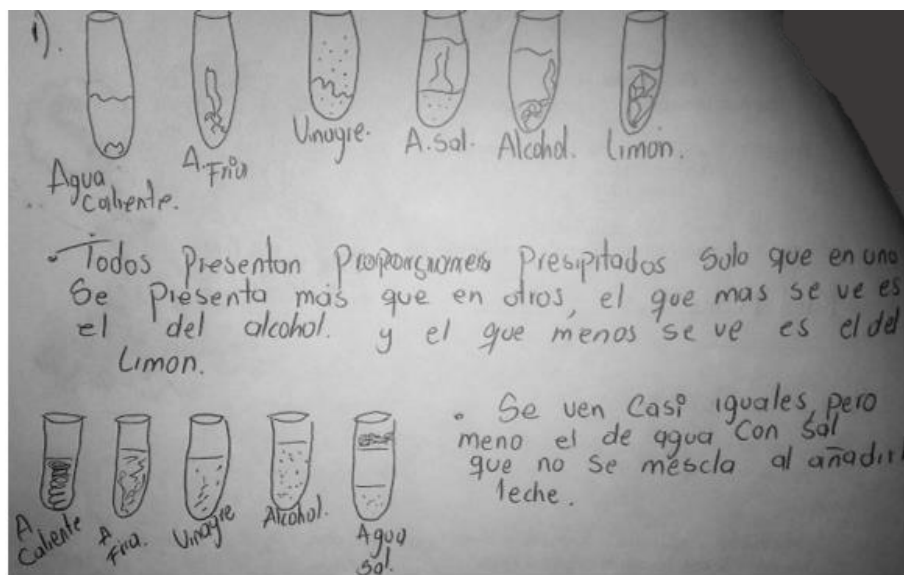
El hecho de conocer el nivel estructural de las proteínas es de gran relevancia, pues le permite a los estudiantes comprender de acuerdo a esta, la funcionalidad biológica, la cual

depende directamente de la forma y el volumen que adopte la unión secuencial de los aminoácidos), el origen de las enfermedades genéticas y las implicaciones del proceso de traducción, en la síntesis de las estructuras proteicas, en el cual muy posiblemente radica la presencia de diversas anomalías genéticas que fundamentadas en las alteraciones secuenciales, repercuten en el carácter funcional de cada célula en el crecimiento, y desarrollo de los organismos vivos (Luque, 2009).

Por otro lado, el reconocimiento tridimensional de aquellas estructuras de disposición compleja, le permitirá al estudiante percibir el comportamiento de estas biomoléculas con base a las propiedades fisicoquímicas que se definen a partir de la disposición estructural en cada una de ellas (Melo y Cuamatzi, 2007), tal como lo han manifestado los y las estudiantes, al cuestionarles sobre la composición de precipitado producto del proceso de desnaturalización, en donde sus ideas, señalan que las proteínas en su estado normal al entrar en contacto con elementos, bien sean químicos o ambientales, pierden, alteran o transforman tanto su estructura como sus propiedades.

La idea anterior, evidencia el conocimiento que ha alcanzado el estudiantado frente a la incidencia del nivel estructural, de la cual derivan las propiedades fisicoquímicas que determinan el comportamiento y los cambios estructurales que puedan alcanzar tras su interacción molecular con otros componentes, tal es el caso de la disposición espacial presente en los grupos funcionales, que permiten la interrelación molecular, causante de la estabilidad, la actividad, y en sí el comportamiento biológico (Luque, 2009).

Desde el punto de vista molecular, estas estructuras pueden ser alteradas a través del mecanismo conocido como desnaturalización, en el cual se ven afectados los niveles de estructuración superior gracias a la acción de diferentes agentes condicionales, tales como el calor, el pH, las sales a concentraciones elevadas, entre otros, quienes ocasionando rotura de enlazamiento covalente y pérdida de las interacciones hidrofóbicas, llevan a cambios radicales en las propiedades fisicoquímicas proteicas (Macarulla y Goñi, 1994); tal es el caso de la proteína del huevo, la albumina, cuerpo transparente y semilíquido que por calentamiento, salinidad y acidez, se transforma en una masa blanca y semisólida; y de la leche, la caseína soluble e incolora, que por acidificación se convierte en un precipitado blanco gelatinoso, de modo como los estudiantes lo manifiestan y evidencian a continuación:



**Figura 61.** Desnaturalización de la proteína del huevo y de la leche, la albumina y la caseína respectivamente, por agentes fisicoquímicos.

Con relación al fenómeno descrito por los estudiantes en la Figura 61, la conformación proteica respectiva del huevo y de la leche, se ven alteradas, de modo que la disposición secuencial adoptada por el enrollamiento que para ellos es denominada como una “estructura normal” cambia al agregar agua caliente, vinagre, sal, alcohol y limón, provocando el despliegue de las cadenas proteicas, así como una nueva y más sencilla reorganización molecular.

Para el caso de la proteína del huevo, según las representaciones graficas realizadas por los estudiantes, se indica que el cambio estructural al que ha sido sometida la proteína al entrar en contacto con el calor, el ácido y la sal, ha ocasionado el causante de las transformaciones físicas y químicas en aspectos que varían de un color transparente a uno blanquecino; de una textura lisa a una suave; y de una consistencia viscosa a una semisólida, los cuales son más evidentes a condiciones acidas con el alcohol. Así mismo, para el caso de la caseína, proteína de la leche, que desde una composición homogénea, es soluble e incolora, sufre una variación estructural, provocada por el ácido y la temperatura extrema, la cual hace que cambie a una composición gelatinosa blanquecina, que por precipitación será más evidente en todos los casos, excepto en condiciones de salinidad.

Dando solución a la cuestión planteada desde la tendencia *desnaturalización*, las ideas expuestas mayormente por los estudiantes, determinan que el precipitado (constituido

por proteínas, quienes a su vez la conforman los aminoácidos), ha sido formado producto del proceso denominado desnaturalización, en el cual la estructura “normal” (lo que en términos científicos los estudiantes harían referencia a la estructura tridimensional), se ve afectada por las condiciones a las que han sido sometidas, haciendo que se forme una estructura más simple, dado el despliegue organizacional ocasionado.

### **Juega de Camino hacia las proteínas**

A continuación, presentamos el bosquejo utilizado en el juego didáctico con las respectivas etapas que componen el proceso de traducción (iniciación, elongación y terminación), las cuales, en apoyo al código genético, son determinante dada la codificación genética, para la formación secuencial de aminoácidos y la estructuración proteica.



**Figura 62.** Tablero didáctico con las etapas y fichas que representan los pasos de la síntesis de las proteínas.

Según Albert *et al.*, (2006), la traducción, proceso conformado por las etapas de iniciación, elongación y terminación, es aquel en donde se lleva a cabo la síntesis proteica. Para ello, inicialmente, la codificación almacenada desde el ADN en el núcleo, es transcrita y transportada mediante secuencias de ARNm, hacia los ribosomas, estructuras en las que a partir del reconocimiento y acoplamiento secuencial del codón iniciador (AUG) sujeto al ARNm y el anticodón complementario en el ARNt (UAC), se lee, analiza e interpreta la

información para la determinación secuencial de cada aminoácido que en cadenas lineales conformaran de manera específica cada proteína, tal como los y las estudiantes lo han manifestado en apoyo de sus representaciones graficas (Figura 63)



**Figura 63.** Resumida representación gráfica de los procesos del dogma central de la biología molecular realizada mediante el juego “De camino hacia las proteínas”

De esta manera, se da la activación del aminoácido fMet, quien sujeto por el extremo 3' de la cadena del primer ARNt, podrá encajar para su interpretación en el sitio P (péptido) y seguida lectura de un segundo codón en el sitio A (aminoácido) del ribosoma. En este sentido, será posible de acuerdo con Jiménez y Merchant (2003), la formación de los enlaces peptídicos, la liberación de los ARNt ya analizados y la transferencia de los aminoácidos que en primer lugar se encuentren, hacia los que desde un segundo ANRt pasan del sitio A al sitio P, dando lugar a un tercero para que desde la posición A sea codificada e interpretada la información que llega desde el ARNm (Luque y Herráez, 2001). Hasta que finalmente al sitio A llegue uno de los tres interpretados desde el código genético, como los puntos de parada para la estructuración total de la secuencia y la finalización de la síntesis proteica.

Teniendo en cuenta las etapas metodológicas dadas desde el proceso de traducción, los estudiantes fueron identificando aspectos relevantes tales como la identificación del codón y anticodón de iniciación, la activación de los aminoácidos, el ensamblaje, la elongación y transmisión de los ARNt en cada posición A, P y E del ribosoma, para formación y unión de los enlaces peptídicos; y finalmente la secuenciación del codón de

terminación, en el cual resaltan que para la obtención de proteínas es necesaria la participación de un ARNm y un ARNt que en asociación serán los encargados de leer, traducir e interpretar el mensaje, para la formación de aminoácidos, que de acuerdo a su secuencia formaran uniones polipeptídicas decisiva para la apropiación de la funcionalidad proteica, tal como se ve en la Figura 64, en la cual es estudiante trata de explicar mediante modelos bidimensionales, cada etapa del proceso.



**Figura 64.** Resumida representación gráfica de los procesos del dogma central de la biología molecular realizada mediante el juego “De camino hacia las proteínas”

Con relación a esto, diferentes investigadores, proponen el uso de secuencias instruccionales, tal como la utilización de juegos didácticos, dado el grado de facilidad que representan para la asimilación y comprensión de mecanismo biológicos, que desde el ámbito científico, representan altos grados de dificultad para el estudiantado (Jiménez *et al.*, 2000). De este modo, establecemos que la implementación del juego: De camino hacia las proteínas, ha permitido que los y las estudiantes logaran, estructurar, organizar y refutar sus ideas para alcanzar conceptos (Pino, 2003), desarrollar habilidades y destrezas para la resolución de problemas (Sigüenza *et al.*, 2000) y fomentar actitudes motivacionales que promueven la participación activa en el aula de clases, tal como lo hemos alcanzado mediante la implementación de esta estrategia didáctica.

Así mismo, estrategias relacionadas con la implementación de modelos tridimensionales para un acercamiento a las estructuras moleculares y el uso de simuladores y/o herramientas audiovisuales con el fin de facilitar la comprensión y favorecer el

aprendizaje significativo en los estudiantes (Diez, 2006) En este caso, el uso de modelos bidimensionales como las estructuras de ARNt, ARNm y el ribosoma, son herramientas que han ayudado a favorecer los procesos de aprendizaje que tiene que ver con el proceso de traducción y sus etapas, importantes para comprender el mecanismo de desarrollo y funcionamiento del ser viviente.

### **Temática 5: Mutación y Biotecnología**

Para la quinta semana de intervención, nos planteamos abordar los tipos de mutaciones que existen en la naturaleza y las aplicaciones biotecnológicas con el fin de comprender su valor en los mecanismos de variabilidad, adaptación y evolución de las especies e importancia tanto de los microorganismos dentro de los diferentes procesos biológicos, como de las tecnológicas biológicas esenciales para el desarrollo, supervivencia y mejora de la calidad de vida de los organismos con base a la creación o modificación de productos o procesos de los sistemas biológicos desde los diferentes campos de la industria.

#### **Diseño**

##### ***Guía 5: Alterando los planos de la vida***

##### **Trabajo de Aula**

La quinta guía didáctica decidimos denominarla “*Alternado los planos de la vida*” debido a que con ella, presentamos las alteraciones genéticas que se presentan a nivel biológico y las modificaciones o transformaciones de los productos o procesos derivados de los sistemas biológicos que se realizan mediante el uso de la tecnología, lo que entonces constituye alterar las bases de vida misma. Todo ello, con el fin de establecer las relaciones fenotípicas y genotípicas, y determinar las aplicaciones, avances e influencia de la biotecnología en nuestra vida diaria y valorar el papel de los microorganismos dentro de los diferentes procesos biológicos. Por tanto, en la Tabla 11 exponemos las finalidades de aprendizaje que consideramos para el desarrollo de la temática.

**Tabla 11.** Aspectos didácticos de la Temática 5.

<b>Finalidades de aprendizaje</b>	<b>Descripción</b>	<b>Actividades</b>
-----------------------------------	--------------------	--------------------

<b>Conceptuales</b>	<p>Identificar los tipos de mutaciones que existen en la naturaleza.</p> <p>Establecer las relaciones fenotípicas y genotípicas, producidas en las mutaciones.</p> <p>Identificar los avances que se han presentado en el campo de la biotecnología.</p> <p>Determinar las aplicaciones e influencia de la biotecnología en nuestra vida cotidiana.</p>	<p>Video: <i>Las 10 mutaciones genéticas más extrañas del mundo</i></p> <p>Video: <i>Aplicaciones de la biotecnología e ingeniería genética</i></p> <p>Práctica de laboratorio: Captura, observación y análisis de: <i>Drosophila Melanogaster, mutantes en la fruta</i></p>
<b>Procedimentales</b>	<p>Clasificar los tipos de mutaciones que afectan de manera selectiva a la población mundial actualmente.</p> <p>Formular procedimientos hipotéticos que conlleven a conocer las posibles causas de las mutaciones.</p> <p>Demostrar la fermentación alcohólica y etílica que realizan las levaduras como proceso biológico propio de la biotecnología tradicional.</p>	<p>Taller: <i>Descifrando alteraciones génicas y cromosómicas</i></p> <p>Debate: Posturas sobre la biotecnología moderna.</p> <p>Práctica de laboratorio: <i>El hilo de la vida actual</i></p>
<b>Actitudinales</b>	<p>Valorar los cambios genéticos como factor clave, tanto en la variabilidad genética y evolución de las especies como en las distintas manifestaciones defectuosas.</p> <p>Reconocer la importancia de los microorganismos dentro de los diferentes procesos biológicos.</p> <p>Respetar otros puntos de vista respecto a las ventajas y desventajas que pueden representar la incursión de la biotecnología en la actualidad.</p>	<p>Socialización en torno al proceso, aplicaciones e implicaciones de la biotecnología.</p>

De igual manera presentamos la quinta guía de trabajo titulada “*Alterando los planos de la vida*” (Figura 65), la cual reúne en total cinco actividades.



**GUIA No. 5**  
**ALTERANDO LOS PLANOS DE LA VIDA**

Institución Educativa Escuela Normal Superior  
Biología Molecular  
Grado 902

Universidad Surcolombiana  
Licenciatura en Ciencias Naturales: Física, Química y Biología

Nombre: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_



**1. Taller:** Descifrando malformaciones genéticas

- Observa el video: Las 10 mutaciones genéticas más extrañas del mundo.
- A partir de los organismos de las imágenes, describe lo que observas ¿Crees que pueden ser reales? ¿Por qué?



---



---



---

**Figura 65.** Parte de la guía de trabajo sobre la Temática 5: Mutación y Biotecnología

De acuerdo a la figura anterior, para el desarrollo de la primera actividad proyectamos el video denominado “*Las 10 mutaciones genéticas más extrañas del mundo*” (Figura 66), con el fin de establecer las relaciones entre el fenotipo y el genotipo a partir de las malformaciones físicas de diferentes organismos, mayormente evidenciadas dado su aspecto sobrenatural. Con ello, a parte de identificar los tipos de mutaciones que existen en la naturaleza y afectan de manera selectiva a las poblaciones, valorar las transformaciones génicas como factor determinante para la variabilidad genética y evolución de las especies.



**Figura 66.** Proyección del video “Las 10 mutaciones genéticas más extrañas del mundo” (Tomado de <https://www.youtube.com/watch?v=6VZeGIJhFO8>)

En este sentido, planteamos el taller denominado: *Descifrando las malformaciones* (Figura 67), en el que, a partir de las deformaciones físicas expuestas mediante diferentes imágenes, describen lo observado y determinan para cada organismo las posibles causas que han provocado estas manifestaciones. En este, trazamos interrogantes tales como, *¿Cuáles crees que pudieron ser las causas que ha generado estas anomalías en los organismos?, Si tuvieras la oportunidad de conocer las causas de una alteración genética ¿Qué procedimiento plantearías para prevenir ese tipo de variaciones? Da un ejemplo, ¿Cómo crees que estas alteraciones se pueden generar desde las bases del dogma central de la Biología?, ¿Cómo puedes definir una mutación?*



**Figura 67.** Resolución del taller: “Descifrando las malformaciones”.

Posteriormente en la segunda actividad, se expuso a los participantes algunas imágenes (Figura 68), con el fin de que identificaran de manera puntual, la posición exacta de la alteración y describiera el tipo de anomalía presente en cada caso, específicamente molecular y cromosómica. Como resultado, planteamos los siguientes cuestionamientos: *¿Dónde está la alteración? Y ¿Qué anomalías observas en cada uno de los casos anteriormente expuestos?*



**Figura 68.** Proyección de las imágenes.

Seguidamente, con la tercera actividad, denominada *Drosophila melanogaster: Mutantes en la fruta* planteada en la guía, buscamos como trabajo en casa enseñar algunas técnicas sencillas para la colecta y preservación de la mosca de la fruta y como trabajo en laboratorio, establecer a partir de las diferentes expresiones físicas en la mosca, las causas

que han originado dichas desigualdades, a fin de que se logre plantear la relación fenotípica y genotípica con base a los aspectos externos como el color de ojos, la forma de las alas, la disposición del cuerpo, las patas, el aparato bucal, entre otros.



**Figura 69.** Práctica de laboratorio: *Drosophila melanogaster*, Mutantes en la fruta

Asimismo, para la cuarta actividad, abarcamos los aspectos biotecnológicos, los avances, aplicaciones e intervenciones de esta tecnología en la vida cotidiana, para ello, programamos el video “*Aplicaciones de la biotecnología e ingeniería genética*” (Figura 70), con el cual explicamos la fundamentación de la biotecnología moderna y del cual desarrollamos un debate, a partir de las opiniones y puntos de vista adoptados por los estudiantes sobre la misma.



**Figura 70.** Proyección del video “Aplicaciones de la biotecnología e ingeniería genética” (Tomado y editado de <https://www.youtube.com/watch?v=ghJIEMffVWg> y <https://www.youtube.com/watch?v=UnbmlcBNgno&t=14s>)

En aras de reconocer los avances, similitudes y diferencias existentes entre la biotecnología moderna y la tradicional, desarrollamos como quinta y última actividad (Figura 71), la práctica de laboratorio “*El hilo de la vida actual*” en la cual, con el proceso de fermentación alcohólica con levadura, tratábamos de explicar el desarrollo y las aplicaciones de la biotecnología tradicional, como proceso biológico propio de la misma. En virtud de esta, resultaron las siguientes preguntas , *¿Qué sucedió dentro de la bolsa al transcurrir los 20 minutos?, establece una relación y realiza un dibujo que represente lo sucedido antes y después de haber pasado dicho tiempo, ¿Qué papel cumplió la levadura en el proceso de fermentación visto?, ¿Cuáles crees que son las principales aplicaciones o aprovechamiento de la fermentación alcohólica en el mercado?, ¿Qué implicaciones tiene la biotecnología tradicional y moderna en tu vida cotidiana,* desarrolladas, analizadas y debatidas por los y las estudiantes quince minutos antes de finalizar la clase.



**Figura 71.** *Práctica de laboratorio: El hilo de la vida actual*

### **Análisis mutación**

Así pues, dada la diversidad de respuestas emitidas por el estudiantado al desarrollar cada una de las actividades propuestas anteriormente, identificamos que para la primera actividad diseñada con el objetivo de lograr establecer las relación fenotípica y genotípica a partir de algunas malformaciones físicas poco usuales en algunos organismos, los y las estudiantes lograron en primer lugar identificar las causas que han generado estas anomalías en los organismos y en función de ello, han descrito lo observado como malformaciones físicas reales causadas por la alteración del genoma de forma natural, inducida o hereditaria durante el desarrollo embrionario del nuevo individuo en gestación, tal como podemos evidenciar, a continuación:

**GU5:E7:** [Haciendo referencia al taller “descifrando las malformaciones” y la pregunta A partir de los organismos de las imágenes, describe lo que observas, ¿Crees que pueden ser reales? ¿Por qué?] *“Sí son reales, porque ya se han visto estos casos como la policefalia donde pueden salir más de una cabeza o la enfermedad del cáncer que pueden salir en la cara y otros órganos y es causada por el cambio del genoma humano, porque se ha presentado heterocromia del iris, que causa el cambio de color en los ojos y la microcefalia que es lo que ocasiona que el cerebro no crezca y causa el retardo mental, el síndrome de dawn por un cromosoma de más. Si son reales, porque ya son alteraciones genéticas, las cuales hemos ya visto, que son ocasionadas por problemas genéticos o algunas alteraciones”.*

Por otra parte, notamos el aspecto real que la mayor parte del estudiantado ha asignado a las malformaciones físicas allí expuestas, posiblemente por el acercamiento, el contacto y la experiencia directa que han establecido con personas que desde su entorno presentan rasgos y anomalías similares a las enseñadas. En otras palabras, las anomalías allí presentadas las consideraron reales dado a que son rasgos los cuales ya han visto, han reconocido y han diferenciado desde su contexto y vida normal.

En este orden de ideas, resaltamos la importancia de haber presentado casos de malformaciones físicas reales de la vida cotidiana, pues desde la experiencia y el contexto real, nos permitieron crear el vínculo entre las bases genóticas y las expresiones fenotípicas, de los organismos alterados genéticamente por aspectos biológicos o inducidos, caracteres incidentes en la variabilidad y evolución de las especies, o en la manifestaciones físicas y funcionalmente alterables, que afectan el comportamiento, el crecimiento, el desarrollo mental y calidad de vida.

Respecto a esto Moreno (2014), señala la importancia de las ideas previas en los estudiantes, que traen consigo sobre diferentes temáticas o fenómenos cotidianos desde su experiencia con otros ambientes antes de ingresar a estudiar, esquemas conceptuales que coordinan con lo que se quiere enseñar y permiten la reestructuración de los modelos mentales, interpretar y comprender las nuevas situaciones a las que se enfrentan.

Por ello, el hecho de plantear estrategias representativas, contribuyó al aprendizaje de los estudiantes, pues dada la claridad y eficacia con la que se logró manifestar diferentes mutaciones benignas y malignas, lograron establecer los fundamentos biológicos y su relación con aspectos fenotípicos macroscópicamente perceptibles, para su estudio y deducción. Así, siguiendo los planteamientos de Banet y Ayuso (2002), logramos deducir en los estudiantes el establecimiento correlacional entre las causas, los efectos e incidencia del carácter hereditario de las alteraciones genéticas, así como la repercusión de los factores sean naturales o artificiales en el desarrollo, la variabilidad y evolución de los organismos (Audersik y Byers, 2003).

Con relación a la pregunta *¿Cuáles crees que pudieron ser las causas que han generado estas anomalías en los organismos?*, planteada producto de la actividad anterior, con el fin de determinar las bases biológicas para la transferencia y expresión génica, los y las estudiantes manifestaron a partir de los rasgos físicos y funcionales en los organismos,

ideas relacionadas con la alteración genética, que de manera biológica o inducida como es la exposición a medicinas o sustancias químicas, se pueden producir en el ADN, en los genes, o en los cromosomas de los individuos, logrando afectar física y funcionalmente al nuevo individuo durante su desarrollo embrionario, tal como a continuación lo manifestaron textualmente los y las estudiantes:

**GU5:E13:** [Haciendo referencia al taller “descifrando las malformaciones” y la pregunta ¿Cuáles crees que pudieron ser las causas que han generado estas anomalías en los organismos?]: *“Alteración en el ADN, problemas hereditarios, los que tienen algún síndrome como el de down que tienen más de 23 pares de cromosomas. En estado de embarazo si la mujer consume algún tipo de alucinógeno o algo por el estilo puede traer muchos problemas al niño”.*

Teniendo en cuenta las ideas anteriormente expuestas por el estudiantado, destacamos varios aspectos importantes, uno de ellos es que reconocen a las alteraciones genéticas ya sea a nivel génico o cromosómico, como causante de las malformaciones fenotípicas de los individuos, las cuales a su vez, como lo manifiestan, pueden ser heredadas biológicamente o adquiridas y expresadas dada la acción de diferentes agentes que logran alterar las bases genéticas del organismo y desencadenar algunas expresiones física y funcionales diferentes a las transmitida por los progenitores, tal como ellos lo han nombrado en sus planteamientos. En este sentido, podemos deducir, que los y las estudiantes han logrado establecer la relación, que existe entre los caracteres físicos y las bases biológicas, que en resumen son las que determinan la codificación y expresión de los caracteres bilógicos, físicos y funcionales de los organismos.

Con ello, identificamos que desde la reestructuración en sus modelos mentales, tienen total claridad sobre las características estructurales y funcionales de cada componente genético, lo que en efecto, les ha permitido, designar las consecuencias que implican el hecho de presentarse una alteración o malformación en ellas. Según Solari (2004), estas consecuencias se fundamentan en el nivel funcional del material y las estructuras genéticas, que como responsables de la transferencia de la información, transportan las bases biológicas de células a células y a través de las generaciones. Así pues, en el caso de las alteraciones morfológicas y numéricas de los cromosomas, dada la presencia de cuantiosos

genes en ellos, trae consigo muchas consecuencias que alteran funcional y estructuralmente al individuo, y de paso, producen efectos trascendentales como es la muerte en los que la sufren, según González (2009), a excepción de aquellos que en su alteración presentan o una copia adicional o una copia menos en uno de sus cromosomas, es decir, trisomía y monosomía tal como los estudiantes lo han manifestado, frecuente respectivamente en los cromosomas normales 21, cromosomas sexuales, cromosoma 5 y cromosoma x respectivamente para los casos anteriores.

Mientras que por su parte, las alteraciones génicas, siendo reconocidas igualmente por el estudiantado, como aquellas en donde puntualmente se producen cambios de la estructura del ADN, pueden ser ocasionadas mediante mecanismos de sustitución, delección o inserción, que logran no variar, acortar o alargar la secuencia nucleotídica, y por consiguiente los genes, las codificación y estructuración proteica, que recopila y expresan todos los datos para el buen funcionamiento y desarrollo a nivel celular de los individuos se ven afectados. Teniendo en cuenta esto, se han reconocido características muy importantes acerca de las mutaciones, que en investigaciones como las de Flórez y Pulido (2017), Peláez y Liscano (2014) representaban dificultad al momento de abarcarlas, pues son recurrentemente asociadas con aspectos sobrenaturales, enfermedades y deformidades físicas, y esto debido a la imagen poco real que desde la enseñanza tradicional se trabaja actualmente en muchas instituciones, la influencia de los programas de televisión, libros de textos monótonos, poco concretos y desactualizados, creencias culturales o religiosas, entre otras.

Por consiguiente, utilizar representaciones de la vida cotidiana al abordar el estudio de las mutaciones, mostrando las afectaciones externas que trae consigo alteraciones minúsculas en el material genético de los individuos, nos permitió contribuir a que el estudiantado analizara interpretara y reconociera tanto los orígenes y la naturaleza de estas, como las implicaciones que se acarrearán con ello, dado el papel funcional que tienen estos componentes para el almacenamiento y transferencia de la información génica, herencia que puede lograr impactos positivos o negativos, dependiendo del carácter benéfico o perjudicial que implique el desarrollo característico del organismo.

De acuerdo a lo anterior, destacamos la caracterización presentada por los y las estudiantes sobre mutaciones, las cuales desde sus estructuras mentales, no fueron

categorizadas como “malas o buenas” sino primordialmente concebidas como caracteres genéticos alterados que esencialmente repercuten y alteran de una u otra forma la expresión de los caracteres hereditarios, los cuales en términos generales, afectan el desarrollo de las características fenotípicas, sea que actúen de manera positiva o negativa en el organismo. Así pues, se ha dejado de lado, la dificultad presentada por los y las estudiantes en investigaciones como la de Moreno (2014) en la cual mayormente estas alteraciones eran tribuidas a las deformaciones físicas y fisiológicas de los organismos, sin tener en cuenta las benéficas, que por su parte favorecen la supervivencia y adaptación de los individuos ante las diferentes condiciones ambientales.

Con respecto a la pregunta “*Si tuvieras la oportunidad de conocer las causas de una alteración genética ¿Qué procedimiento plantearías para prevenir ese tipo de variaciones?*” los y las estudiantes, manifestaron procedimientos asociados, a exámenes médicos y estudios de laboratorio para el diagnóstico, actitudes de empoderamiento para desistir el consumo de agentes o sustancias perjudiciales y actitudes creativas y soñadoras para el diagnóstico, el tratamiento y en si la prevención de alteraciones biológicamente naturales o congénitamente inducidas.

**GU5:E16:** [Haciendo referencia al taller “descifrando las malformaciones” y la pregunta *¿Qué procedimiento plantearías para prevenir ese tipo de variaciones?*]: “*Pues primero saber que los genes estén en perfecto estado por medio de exámenes médicos para saber más a fondo sobre el ADN*”.

**GU5:E31:** [Haciendo referencia al taller “descifrando las malformaciones” y la pregunta *¿Qué procedimiento plantearías para prevenir ese tipo de variaciones?*]: “*Si yo tuviera la oportunidad de entrar a mi cuerpo yo haría que las bases nitrogenadas o el ADN cumpliera todas las funciones bien, para que no saliera con ningún problema*”.

En cuanto a los procedimientos que el estudiantado ha propuesto en función de alertar y eludir este tipo de variaciones, tenemos primeramente a las actividades de diagnóstico, relacionadas principalmente con la cita médica y los estudios del ADN con el fin de saber si los genes están o no en perfecto estado, y con base al caso, si es o no necesario iniciar algún tratamiento que posibilite sobrellevar la situación y el desarrollar el ciclo de vida normal del ser humano. En efecto, los estudios relacionados con el diagnóstico de alteraciones

genéticas, son de gran importancia dado a que permiten mediante diferentes pruebas, el diagnóstico temprano, el tratamiento o la intervención para evadir o reducir las expresiones de la alteración en caso de que así lo sea.

Según Chappelle (2009), para el diagnóstico previamente, mediante un integro examen clínico se debe evaluar el estado físico del individuo, realizar una revisión de antecedentes familiares y finalmente se efectuar estudios y pruebas de laboratorio, tanto citogenéticas, para el estudio celular, pruebas bioquímicas, para el estudio proteico, y pruebas moleculares para el estudio estructural del ADN. Ideas, que de una u otra forma se encaminaron a las establecidas desde el conocimiento científico, que desde el protocolo de estandarización médica, buscan mediante minuciosos estudios, detectar portadores, como ejemplo las parejas que van en busca de un hijo, ayudar a los fetos o bebés recién nacidos quienes tienen altos riesgos de modificaciones génicas o cromosómicas, y a las personas en riesgo de una alteración maligna antes de la sintomatología, científicamente reconocidas como pruebas para la detección de portadores, pruebas de diagnóstico prenatal, pruebas de cribado neonatal y pruebas predictivas o presintomáticas respectivamente, siendo las primeras de estas identificadas claramente por los y las estudiantes en sus manifestaciones.

Por otro lado, de acuerdo a las argumentaciones, los procesos preventivos planteados por los y las estudiantes se enfatizaron en ser realizados antes de la concepción, lo que nos permite inferir que han comprendido el origen e incidencia de las mutaciones ligadas a las células germinales, que siendo en este caso, las estructuras responsables de la formación de nuevos organismos, son las encargadas de la transferencia genética a través de las generaciones, carácter diferencial para con las células somáticas, que por el contrario, no hereda a las generaciones familiares, sino a la descendencia celular de manera lineal.

En este sentido, resaltamos la trascendencia de la actividad, pues con base al esquema mental de mutación que han estructurado, lograron plantear estrategias para el estudio y prevención de alteraciones genéticas, que consiguiendo ser tratadas posibilitan una mejor calidad de vida para el individuo. Las habilidades argumentativas, creativas, propositivas que han logrado desarrollar los estudiantes mediante sus propuestas, han permitido desencadenar actitudes afectivas y humanas hacia la ciencia, y comportamientos en pro de la prevención a de este tipo de anomalías, importantes según Jiménez *et al* (2003) & Valbuena y Castro (2007) como finalidades importantes en la enseñanza-aprendizaje de las

Ciencias que así pues, favoreciendo e incentivando el aprendizaje, las habilidades, las capacidades y actitudes próximas y sujetas tanto a conocimiento intelectual, como a las planteadas desde el saber y la actividad científica, y superando la dificultad planteada por Moreno (2014) en donde la exclusión y descontextualización del ámbito procedimental y pedagógico priman y las actitudes como parte del proceso escolar, son difíciles de enseñar y valorar (Martínez e Ibáñez, 2006)

Lo que corresponde con la pregunta *¿Cómo crees que estas alteraciones se pueden generar desde las bases del dogma central de la biología?*, diseñada con el objetivo de que lograran establecer la relación estructural y funcional del ADN, que como fundamento de las alteraciones que a nivel del dogma central de la biología que se presentan, son la causa principal de las expresiones y manifestaciones físicas, funcionales y conductuales de los organismos vivos. En función de esto, los y las estudiantes señalaron al proceso de duplicación, que es lugar en donde el material creando copias sucesivas, presenta mayormente errores de unión nucleotídica.

**GU5:E29:** [Haciendo referencia al taller “descifrando las malformaciones” y la pregunta *¿Cómo crees que estas alteraciones se pueden generar desde las bases del dogma central de la biología?*]: *“Se pueden dar cuando se está dando la replicación, puede haber la alteración”*.

De acuerdo a las afirmaciones planteadas por los y las estudiantes, reconocemos que esta actividad les permitió emplear el concepto de gen y alteración apropiadamente, logrando relacionar con ello al eje y proceso central de duplicación como mecanismo del dogma central de la biología en donde mayormente la alteración de la información genética se efectúa, Sin embargo, según Brown (2008), pese a que existen constantes mecanismos de verificación de apareamiento y reparación que comprueben el proceso, detecten los posibles errores de inserción y corrijan las uniones nucleotídicas de apareamiento incorrecto, que reducen sustancialmente las posibilidades de errores de 1000 a 0,0001 ppm (Govindarajan, 2009), en muchas ocasiones los errores génicos, se traducen y manifiestan en el organismo vivo.

En este orden de ideas, podemos deducir que los y las estudiantes con base en ello, han logrado superar la concepción de mutaciones como caracteres físicos malformados y apreciados a simple vista (macroscópicos), y comprender que con base a la información

génica y el proceso de duplicación en donde mayormente se producen alteraciones se traduce e interpreta la información mediante rasgos externos producto de un proceso molecular y microscópico, que duplica, transcribe y traduce la información génica, similar a lo encontrado en los trabajos de Ibáñez & Martínez (2005); Peláez y Lizcano, (2014). Así, lograron diferenciar que las alteraciones dadas de forma natural por cambios aleatorios de la secuencia nucleotídica del ADN, repercuten en los genes y las expresiones físicas de los individuos, todo esto gracias a la acción de los procesos químicos que dentro del dogma central de la biología, especialmente en el proceso de replicación, afectan la secuenciación del material genético y la codificación proteica, necesaria para la definición estructural y funcional de cada célula, órgano, tejido, sistema y en su funcionamiento del ser vivo.

Finalmente, para la pregunta *¿Cómo puedes definir una mutación?*, planteada con el propósito de conocer finalmente la estructuración cognitiva alcanzada por los y las estudiantes respecto al modelo mental construido de mutación, encontramos que las ideas principalmente se centran en considerar la mutación como una alteración genética y morfológica, tal como lo podemos observar a continuación:

**GU5:E6:** [Haciendo referencia al taller “descifrando las malformaciones” y la pregunta *¿Cómo puedes definir una mutación?*]: *“Pues una mutación es la variación en el cuerpo a causa de una alteración genética”*.

Partiendo de la definición de mutación, planteada por Watson y colaboradores (2008) & Luque y Herráez, (2001) como todo tipo de alteración que se obtiene en la secuencia nucleotídica del ADN, reconocemos que los y las estudiantes han reconocido como una alteración a nivel genético (genes o cromosomas) que provoca cambios o variaciones en el cuerpo producto, como ellos lo nombran, de un mal proceder tal es el caso, de la inserción, selección, sustitución genética de ADN, que en términos biológicos pueden beneficiar o perjudicar al individuo. Allí podemos notar, que estas respuestas pretenden explicar la concepción de mutación relacionando a los factores macroscópicos y microscópicos, y dando créditos a procesos que del mismo modo, influyen directamente a nivel biológico y molecular en la manifestación de los caracteres fenotípicos, los cuales desde el punto de vista de Hernández (2000) reconocen la ubicación puntual, el carácter hereditario y las implicaciones morfológicas que con base en ello, se logren efectuar.

Con ello, resaltamos que pese a que esta actividad fuese desarrollada mayormente en torno a individuos con malformaciones de tipo fisiológico, los y las estudiantes no siempre lo relacionaron con ello, situación contraria a la de Moreno (2014) & , en donde las mutaciones se fueron asociadas con deformidades fisiológicas altamente perceptibles; sin embargo, si tenemos en cuenta que nos hubiese gustado lograr establecer la influencia de las características de las mutaciones beneficiosas y malignas en la definición de los caracteres fisiológicos de los organismos.

**Mutación como alteración morfológica:** Pese a que la mayor parte del estudiantado hizo referencia a las relación fenotípica y genotípica, se presentaron casos en donde desconocían dicha relación, y aludían a mutación como una malformación meramente física, sin explicación u origen alguno, tal como a continuación lo expresa el siguiente estudiante:

**GU5:E8:** [Haciendo referencia al taller “descifrando las malformaciones” y la pregunta ¿Cómo puedes definir una mutación?]: “*Como una deformación física*”.

Particularmente, los resultados encontrados, nos permite corroborar una de las dificultades de aprendizaje que mayormente presentadas en el campo de la genética y la herencia, tal como lo manifiesta Banet (2000), dado el desconocimiento molecular de las estructuras y procesos que impiden establecer relaciones biológicas, tal es el caso los estudios de Castrillón & Amórtegui (2014), Ayuso & Banet (2002) y Banet (1995) en el cual significativamente los y las estudiantes asocian el termino mutación con la deformación fisiológica de los organismos, situación similar a la nuestra, que se presenta mayormente por cuestiones de tradición, creencias populares, e incidencia del lenguaje habitual empleado en medios de comunicación, películas, series, entre otros.

Esta dificultad, que deja de lado todos los aspectos que conforman al ser vivo, está relacionada principalmente según Furió y Furió (2000), con las características culturales que los y las estudiantes perciben, confrontan e interpretan desde las observaciones macroscópicas del mundo natural, las cuales, dado el distanciamiento y desconocimiento del mundo microscópico, no se establecen la formación y desarrollo íntegro del ser vivo a nivel biológico, ni la relación entre la ciencia y el entorno.

De este modo, podemos predecir que por medio de actividades tales como la proyección de videos, prácticas de análisis u observaciones, socializaciones y demás

herramientas pedagógicas, hemos logrado propiciar un enriquecimiento significativo para la mayoría del estudiantado en lo referente a mutación, pues principalmente las ideas se encaminaron hacia las establecidas desde el conocimiento científico, logrando establecer la relación entre las diferentes características que constituyen biológica y genéticamente a un ser viviente.

Con el fin de que reconocieran los tipos de mutaciones que existen en la naturaleza, tanto a nivel génico, como a nivel cromosómico, planteamos la segunda actividad, en la cual encontramos, de acuerdo a las imágenes y preguntas allí expuestas, que los y las estudiantes lograron determinar principalmente la posición exacta, y el tipo de mutación presentes en cada caso. Así pues, con relación al primer punto, establecieron a la trisomía del cromosoma 21, y a la alteración específica en las diferentes bases nitrogenadas del ADN, como causantes principales de las alteraciones genética allí presentes, tal como con sus palabras lo expresa el estudiantado en las siguientes ideas:

**GU5:E5:** [Haciendo referencia al taller “descifrando las malformaciones” y el planteamiento Determina en dónde está la alteración]: *“Pues la alteración está en que en un par 21 hay tres cromosomas”*

**GU5:E16:** [Haciendo referencia al taller “descifrando las malformaciones” y el planteamiento Determina en dónde está la alteración]: *“La alteración se encuentra en las bases nitrogenadas”*.

De acuerdo a las ideas anteriormente expuestas, deducimos que el estudiantado ha logrado primeramente diferenciar, clasificar y describir el tipo de mutación, de acuerdo a las características que planteamos. En ella, deducen que, para el caso del cariotipo, se presenta una alteración en el par 21 de los cromosomas, en los cuales no existe un par, sino tres. De acuerdo a esto, podemos definir que han logrado reconocer las alteraciones cromosómicas, las cuales adicionalmente a las génicas se presentan en el genoma, alteran, incide y ocasionan múltiples consecuencias físicas, funcionales, y conductuales, por el hecho de albergar en su composición, gran cantidad de material genético, afectados directamente por el aumento, delección, inversión, inserción, translocación de bases nitrogenadas o genes que directamente afectan la estructura y composición en los cromosomas.

Así pues, con relación a la segunda pregunta, *¿Qué anomalías observas en cada uno de los casos anteriormente expuestos?*, los y las estudiantes resaltaron la malformación cromosómica, por su trisomía en el cromosoma 21, y las bases nitrogenadas del ADN que en su posicionamiento se sustituyeron, se adicionaron, se anularon y presentaron otros cambios, así lo manifiestan los siguientes estudiantes:

**GU5:E18:** [Haciendo referencia al taller “descifrando las malformaciones” y la pregunta *¿Qué anomalías observas en cada uno de los casos anteriormente expuestos?*]: *“En los cromosomas que no están bien formados hay tres en el 21. Las bases nitrogenadas se cambian, algunos no están en pares o no están completas”*.

Teniendo en cuenta que las mutaciones o malformaciones pueden darse a nivel génico o cromosómico, los participantes lograron describir desde sus propios términos en que consisten puntualmente los diferentes cambios genéticos que se pueden dar de una mutación, inicialmente, los cromosómicos, denotando la presencia de un cromosoma más en el par 21 (trisomía) y finalmente las génicas, en donde las bases nitrogenada según ellos, se sustituyen, adicionan o eliminan, lo cual resulta relevante, pues el hecho de comprender estos fundamentos genéticos y aleatorios, les permitirá denotar las implicaciones que tienen este tipo de afectaciones moleculares en el nivel de variabilidad, evolución y afectación de las especies, así como qué tan relevantes o mínimas serían, dada su incidencia directa en la codificación proteínas, lo cual como recalcamos anteriormente, nos hubiese gustado ver que los y las estudiantes lo estableciesen.

En función de ello, según Devlin (2004), las mutaciones se clasifican de acuerdo al criterio morfológico en mutaciones puntuales, donde se ve afectado solo un par de bases o un gen; mutaciones de extensión variables, cuando se ve afectada muchas de ellas y genes enteros que abarcan mayor parte de los cromosomas y mutaciones genómicas que altera el número de ejemplares cromosómicos de una especie. De esta manera, los y las estudiantes, tomaron en cuenta, puntualmente cada una de ellas, logrando una aproximación de lo que sucede a nivel molecular en cada una de estas alteraciones que afectan y repercuten de forma directa en el proceso de síntesis proteica, en la formación de aminoácidos, y en la formación de la cadena poli peptídica, encargada de expresar una característica o función en especial (Luque y Herráez, 2001).

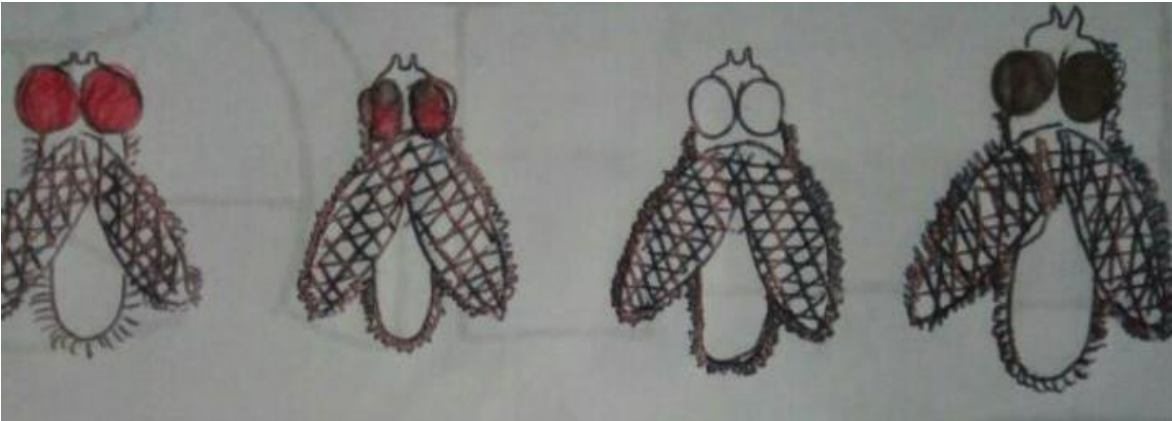
Así pues, destacamos cada una de las imágenes utilizadas, pues planteadas desde situaciones del contexto, permitieron familiarizar las alteraciones moleculares y estructurales a nivel microscópico del genotipo con la incidencia de estos en la expresión de los caracteres macroscópicos, (fenotipo), lo cual es difícil lograr desde el nivel educativo, dado lo abstracto que representan el estudio molecular de estas anomalías, sin embargo, debemos tener en cuenta que como docentes, debemos recurrir a materiales representativos, dinamizadores y didácticas que ayuden a contrarrestar este tipo de dificultades muy frecuentes desde el campo de la biología.

Finalmente, la tercera actividad, mediante el trabajo experimental de recolección, preservación y análisis macroscópico buscamos que los y las estudiantes logaran reproducir y cruzar a los organismos naturalmente y a partir de estos, analizar las características físicas de diferentes generaciones *Drosophila melanogaster* para establecer las estructuras causantes de dichas expresiones y alteraciones morfológicas, y comprender las bases biológicas para la transferencia y expresión de los caracteres hereditarios en una población. En este sentido, las ideas de los y las estudiantes condujeron de acuerdo a los diferentes rasgos observados en cada mosca a la descripción morfológica y al establecimiento de las causas que la generaron, tal como lo manifiestan los estudiantes de manera muy concisa a continuación:

**GU5:E19:** [Haciendo referencia a la práctica de laboratorio “mutantes en la fruta” y las preguntas, ¿Qué rasgos diferentes observas en las moscas?]: *“El color de sus ojos, las causas de sus alas”*.

**GU5:E2:** [Haciendo referencia a la práctica de laboratorio “mutantes en la fruta” y la pregunta ¿Cuáles crees que pueden ser las causas de ello?]: *“Tienen diferente color de ojos, porque son mutantes, el color normal es rojizo pálido. Hay un defecto en el gen que determina el color de ojos”*

Teniendo en cuenta, las respuestas establecidas por los y las estudiantes a partir de esta experiencia, resaltamos el reconocimiento que le han dado a algunos rasgos físicos de las moscas como las alas y los ojos, que difieren unos de otros y son comúnmente observados según Escate (2017), en este tipo de investigaciones, no obstante, sus ideas se centran especialmente en la diferenciación del color de los ojos, prevaleciendo los cafés y rojos, mínimamente los ojos blancos (solo1) tal como lo han expresado a continuación:



**Figura 72.** Representación de los caracteres fisiológicos que diferencian el estudiantado en la mosca de la fruta. E14.

Es importante resaltar que los participantes no solo identificaron los caracteres físicos anteriormente planteados y representados en la Figura 72, sino que también lograron identificar como posibles causas a nivel molecular un defecto en el gen que determina el color de los ojos, el cual, dada la alteración molecular en sus secuencias, altera la información, pasando de un color rojizo pálido frecuente color de ojos en ellas, a colores blanquecinos, cafés más oscuros y hasta mezclados. En este sentido, es evidente, la relación genotípica y fenotípica que han establecido con las características físicas de las moscas, las cuales necesariamente, no son deformaciones fisiológicas, lo cual para ellos resulta aún más relevante, pues de este modo, comprenden que por hecho de presentar una alteración en su ADN, no significa que repercuta siempre causando malas consecuencias, ya que todo esto depende de que tanto afecte la alteración.

En este sentido, resaltamos el trabajo experimental realizado con otro tipo de organismos vivos, diferentes al humano, pues con ello, logramos integrar conocimientos morfológicos y genéticos, situación diferente a lo que sucede en los estudios de Castrillón y Amórtegui (2014), en el que la visión antropocéntrica sobresale, dado el desconocimiento de este tipo de saberes desde otra composición genética, estructural y funcional diferentes a la nuestra resulta difícil integrar estos aspectos. Así mismo, valoramos el estudio realizado con las moscas de la fruta, pues dada la facilidad de reproducción y de generación según Pierce (2009), nos ha permitido el estudio de por lo menos una generación en corto tiempo, al igual que comprender las bases genéticas de las mutaciones que allí se presentaron, la comprensión de los procesos relacionados con la transmisión y expresión de los caracteres

hereditarios de padres a hijos en esta especie, el desarrollo de habilidades procedimentales relacionadas con la captura y preservación de las mismas, y actitudes positivas y favorecedoras en torno al aprendizaje, los conocimientos y la actividad científica. De este modo, corroboramos que estos saberes son propicios trabajarlos desde experiencias palpables por los educandos, pues brindan las herramientas propias para modificar, redescubrir y reestructurar los significados y los modelos mentales tanto de los conceptos como de los procesos que se incluyen desde la herencia biológica (Moreno, 2014).

Así pues, logramos a través de la observación natural que rodea al estudiantado, usar el trabajo experimental como recurso para conectar lo pedagógico, lo científico y lo real, pues tal como lo afirman Elortegui & Moreira (2009) es mediante la apreciación del mundo natural donde se logra conectar, la experiencia, la realidad y la ciencia, a través de prácticas de observación, sistematización y problematización de la misma, desarrollar habilidades y actitudes propias de la actividad científica.

### **Análisis Biotecnología**

Partiendo de lo emitido por Bennett y colaboradores (2007), resaltamos la importancia de trabajar desde el enfoque ciencia, tecnología y sociedad, con el fin de concientizar a los estudiantes de las interacciones que existen entre la ciencia y la tecnología y de igual forma entre la ciencia y la sociedad.

En efecto, consideramos pertinente citar la siguiente definición de biotecnología, la cual es aceptada internacionalmente.

*“La biotecnología se refiere a toda aplicación tecnológica que utilice sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos.” (Convenio sobre la diversidad biológica, artículo 2, Naciones Unidas, 1992).*

Cabe resaltar, que dicha información fue presentada al estudiantado una vez se proyectó el video *“Aplicaciones de la Biotecnología e ingeniería genética”*, el cual sirvió de introducción a la temática, ya que permitió que los estudiantes se contextualizaran en primer lugar respecto al origen del término biotecnología, el cual se le atribuye a Kart Ereky en 1919 (citado por Muñoz de Malajovich, 2006), y asimismo se hizo énfasis en que tras el descubrimiento de las características de las características estructurales y funcionales

del ADN, se estableció que cada quien tiene un código genético traducible lo cual llevó al origen de la biotecnología.

Así pues, como todos sabemos existen dos tipos de biotecnología, razón por la cual con ayuda de los planteamientos emitidos por Gallardo (2015), se abarcó primero lo que corresponde a la biotecnología moderna, para lo cual fue necesario decir que es aquella que trabaja de la mano con la ingeniería genética (ADN recombinante), con el fin de establecer cualquier tipo de mejora, derivada principalmente de la investigación en biología celular y molecular. Lo cual se relaciona con la biología tradicional, que ha estado vigente a lo largo de la historia, ya que, si hacemos un repaso de los hechos, ha sido utilizada desde épocas pasadas, por el hecho de ser tan asequible, al surgir de procesos naturales dirigidos por microorganismos como levaduras o las bacterias (Occelli, 2013).

Vale la pena aclarar que una vez se establecieron similitudes y diferencias entre ambos tipos de biotecnología se presentó a los estudiantes la gama de colores, con los que actualmente se distinguen los sectores de aplicación de la misma, tal y como lo podemos ver en la siguiente imagen:



**Figura 73.** Colores de la biotecnología, correspondiente a cada sector de aplicación (Tomada de Biotecnología UPP).

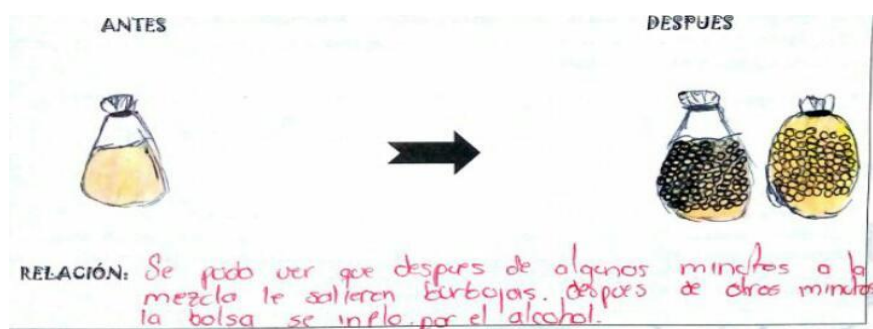
En este sentido, queremos exaltar la influencia de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) en el proceso de enseñanza y aprendizaje, destacando el uso de videos para recrear situaciones reales, que permitan mostrar al estudiante lo que probablemente desconoce, tal y como sucedió con el tema de biotecnología, donde todo parecía novedoso

para ellos, ya que ignoraban que los alcances de la biotecnología moderna, van de acuerdo al tipo y campo de aplicación (Campuzano et al., 2015).

En base a lo anterior, se planteó la tercera práctica de laboratorio artesanal denominada “*El hilo de la vida actual*”, con la que los estudiantes pudieron establecer generalidades de la biotecnología tradicional al demostrar la fermentación alcohólica o etílica de forma muy sencilla, como ejemplo de procesos biológicos que realizan microorganismos, tales como las levaduras.

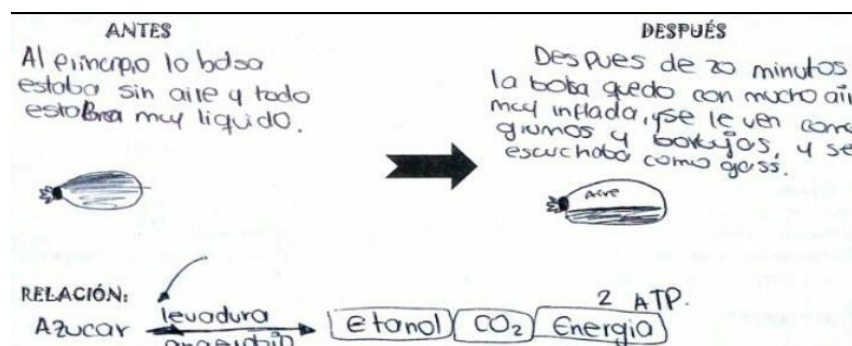
Ahora bien, cabe resaltar que el procedimiento consistió en disolver agua caliente con azúcar y levadura en una bolsa, la cual fue sellada, dejando actuar dicha mezcla por unos minutos para posteriormente analizar los resultados, tal y como se puede observar en las siguientes representaciones graficas elaboradas por dos estudiantes para dar razón de lo sucedido al interior de la bolsa.

**GU5:E11:P1** [Haciendo referencia a la práctica de laboratorio artesanal “¿El hilo de la vida actual!” y la pregunta ¿Qué sucedió dentro de la bolsa al transcurrir 20 minutos? Realiza un dibujo que represente lo sucedido]



**Figura 74.** Representación fermentación alcohólica realizada por E11.

**GU5:E24:P1** [Haciendo referencia a la práctica de laboratorio artesanal “¿El hilo de la vida actual!” y la pregunta ¿Qué sucedió dentro de la bolsa al transcurrir 20 minutos? Realiza un dibujo que represente lo sucedido]



**Figura 75.** Representación fermentación alcohólica realizada por E24.

Al interpretar los resultados previamente mostrados, notamos que los estudiantes analizaron la situación desde perspectivas totalmente diferentes, ya que la primera estudiante hizo un análisis netamente descriptivo de lo que sucedió al interior de la bolsa, mientras que el segundo estudiante recurrió a la nomenclatura química para establecer la relación de lo acontecido, demostrando con ello que estuvo más receptivo al video proyectado, ya que explicaron aspectos que él retoma al momento de plasmar su explicación gráfica y teórica.

Por tanto, respecto a la actividad experimental, podemos deducir que, gracias a su realización, se logró recrear muy bien la funcionalidad que ha tenido la biotecnología tradicional a lo largo de la historia, teniendo en cuenta que se demostró la acción de las levaduras dentro del proceso de la fermentación alcohólica, razón por la cual García (2015), defiende el uso de los trabajos prácticos de laboratorio, ya que contribuyen a que los estudiantes comprendan la naturaleza de la ciencia, al tiempo de que los atrae hacia la investigación, asumiendo un papel protagónico en la construcción y regulación de su propio aprendizaje, debido a que a través del desarrollo de la guía de trabajo, la cual involucró cuestionamientos, realización de descripciones gráficas y textuales, observaciones, toma de datos, comparaciones, reflexiones y demás competencias básicas de la ciencia, se favoreció el desarrollo cognitivo y procedimental del estudiantado.

Consecuentemente, los estudiantes al resolver el segundo interrogante, hicieron mención de la función que cumplió la levadura dentro del proceso de fermentación, argumentando que, al ser un hongo en ausencia de oxígeno, se alimentaba de azúcares para poder obtener energía y como consecuencia liberaba un tipo de alcohol denominado Etanol,

además de CO<sub>2</sub>, los cuales son utilizados en la elaboración de diferentes bebidas alcohólicas y pan (Hermida, 2017).

**GU5:E6:P2** [Haciendo referencia a la práctica de laboratorio artesanal “¿El hilo de la vida actual!” y la pregunta ¿Qué papel cumplió la levadura en el proceso de fermentación visto?] *“permitió con ayuda de la azúcar que se convirtiera en Etanol.”*

Con relación a la tercera cuestión referente a las principales aplicaciones o aprovechamientos de la fermentación, los estudiantes respondieron como se muestra en el ejemplo que productos tales como el vino, el yogurt, la leche, el queso, la cerveza, el pan, entre otros se generan haciendo uso de la biotecnología tradicional, la cual involucra este tipo de fermentación, lo cual resultó significativo para ellos, ya que pudieron comprobar experimentalmente la acción de microorganismos que consideraban inertes como las levaduras, siguiendo los postulados de autores como Cañal (2011) quien decide apostarle a la ciencia inclusiva para todos, dirigida hacia un ámbito más social, centrado en el estudiante, con el fin de cumplir como se debe con el proceso de alfabetización científica.

**GU5:E15:P3** [Haciendo referencia a la práctica de laboratorio artesanal “¿El hilo de la vida actual!” y la pregunta ¿Cuáles crees que son las principales aplicaciones o aprovechamientos de la fermentación alcohólica en el mercado?] *“con la levadura se hacen lácteos como la leche, yogurt, también el alcohol, el pan y el queso.”*

Si analizamos las respuestas obtenidas en la cuarta y última pregunta, notaremos ya un progreso en el cambio de posturas de los estudiantes, puesto que inicialmente se mostraban en desacuerdo con este tipo de alcances que ahora aprueban y justifican a favor, centrándose en los beneficios que le otorga a la sociedad, superando así la gran estrecha brecha que había entre la problemática ética y la frontera moral respecto a la evolución científica.

**GU5:E8:P4** [Haciendo referencia a la práctica de laboratorio artesanal “¿El hilo de la vida actual!” y la pregunta ¿Qué implicaciones tiene la biología tradicional y la moderna en tu vida cotidiana?] *“Pues que la tradicional ayuda con la alimentación, ya que trabaja mucho*

*con la fabricación de alimentos y la moderna es un gran apoyo con la medicina, al ofrecer bienes y servicios necesarios.”*

Finalmente, dentro de las aplicaciones de la biotecnología destacamos la de los alimentos transgénicos, teniendo en cuenta la controversia que ha generado el tema a nivel mundial, razón por la cual como actividad de reflexión les presentamos a los estudiantes en la guía de trabajo, una serie de imágenes para comprobar si lograban identificar entre un producto genéticamente modificado y uno natural, pero no fue así, lo cual abrió paso a una plenaria en donde cada quien expuso sus posturas al respecto, con el fin de establecer mitos y verdades a la luz del conocimiento científico, siendo evidente un mayoritario rechazo social, debido principalmente la relevancia ética, moral y social que le otorgan, ya que consideran que es un riesgo de pérdida de biodiversidad, además de ser una amenaza latente para la salud pública, para los agricultores y la sostenibilidad (Macip y Willmott).

Por su parte, autores como Seguí (2013), explican que las opiniones negativas de los estudiantes hacia dichas técnicas científicas, surgen a raíz de la información sesgada que reciben, teniendo en cuenta que a diario se difunde información falsa en las redes sociales y demás canales de comunicación, debido a que los estudiantes se valen de la credibilidad en la sociedad, ignorando los diferentes estudios científicos que avalan la seguridad de los productos y que demuestran la falta de veracidad en sus argumentos al momento de opinar sobre avances científicos tales como el uso de transgénicos, razón por lo cual lo que se buscó con la actividad era que los estudiantes ampliaran sus conocimientos acerca de la temática, antes de decidir quedarse con cualquier opinión en concreto, de modo que se veló durante la sesión en formar ciudadanos informados, consientes tanto de los problemas sociales, como de los adelantos en el campo científico y su aplicabilidad y beneficios, por tanto es importante fundamentar el proceso de enseñanza y aprendizaje en atender las necesidades presentes y futuras de los estudiantes, ayudando en la formación vocacional, con el fin de encaminarlos a carreras científicas.

#### **8.4 Comparación de las Concepciones iniciales y finales**

A continuación, presentamos los resultados relativos al balance entre las concepciones del estudiantado recolectadas en un momento inicial y final de la intervención didáctica mediante el pre-test y el pos-test, sobre algunas estructuras, procesos, alteraciones y técnicas propias de la Biología Molecular.

De este modo, exponemos el método estadístico, realizado mediante el software SPSS, en el cual nos basamos para evaluar desde un análisis correlacional, la progresión de las concepciones del estudiantado y valorar la estructuración de sus ideas para la construcción de nuevos conocimientos propios de la Biología Molecular.

Por ello, fue necesario organizar por medio de categorías y subcategorías la información, ya que, de esta forma, se nos permitiría conocer de manera más fácil, el valor de la media del pre-test, el valor de la media del pos-test, la diferenciación de medias y finalmente el p-valor. Resaltamos, que exclusivamente hacemos el análisis estadístico descriptivo correlacional para las preguntas que su naturaleza nos permitió la categorización de la información y aplicación de la prueba t en muestras relacionadas. Sin embargo, aquellas preguntas que no conseguimos aplicar bajo este método, debido a sus propiedades originarias formuladas y avalada por los pares externos, hacemos un análisis de contenido al final de este apartado.

En este orden de ideas, tomamos como significativos aquellos valores menores al umbral de probabilidad del 0,05, ya que con ello según Navarro (2014), podemos descartar la hipótesis nula y consecuentemente validar la hipótesis alternativa. Asimismo, adjuntamos algunas evidencias textuales de las respuestas dadas por los y las estudiantes con su respectivo análisis enmarcado desde la didáctica de las Ciencias. Así pues, con la información sistematizada, categorizada y valorada, efectuamos el análisis y la interpretación de la información obtenida, con los valores suministrados por el software SPSS en cada pregunta. Igualmente, representamos la información mediante graficas en barra, para poder apreciar, comparar y valorar en apoyo de las respuestas textuales dadas por los estudiantes, las progresiones en las concepciones, de modo más fácil, para su comprensión, explicación e interpretación

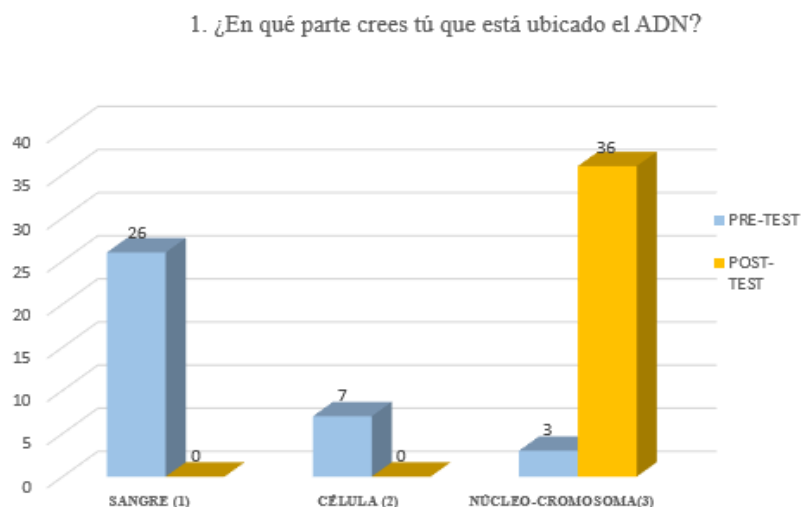
**Pregunta 1. ¿En qué parte crees tú que está ubicado el ADN?**

En la Tabla 12, contemplamos que en el inicio del proceso de enseñanza-aprendizaje, las subcategorías significativas han sido *Sangre* y *Célula*; sin embargo, al finalizar el proceso, la subcategoría que ha tomado mayor valor ha sido *Núcleo-Cromosoma*. Esta variación numérica en medias, refleja la dificultad que en un inicio presentaban los jóvenes para dimensionar aspectos de la visión macroscópica y microscópica desde el campo de la biología, que por el acercamiento a actividades coloquiales como las pruebas de laboratorio, en donde mayormente la muestra de estudio es la sangre, sus ideas sobre la ubicación del ADN se han visto limitadas y encasilladas al tejido sanguíneo.

**Tabla 12.** Comparación estadística de las concepciones iniciales y finales del estudiantado frente a la cuestión 1.

Pregunta	Subcategoría	Media (Pre Test)	Media (Pos Test)	Dif. de Medias	p-Valor
¿En qué partes crees tú que está ubicado el ADN?	Sangre_1	0,72	0,00	0,72	0,005
	Célula	0,39	0,00	0,39	0,006
	Núcleo-cromosomas	0,25	3,00	2,75	<b>0,000</b>

No obstante, al final del proceso, cuando indagamos por la ubicación del ADN, las subcategorías que se pueden ver en la Figura 78, presentaron notables cambios en sus frecuencias. Puesto que se ha pasado de una visión mucho más general con la subcategoría *Sangre o Célula* a una visión más específica e integral a nivel celular, con la subcategoría *Núcleo-Cromosoma*. Esto nos permite evidenciar, el grado de comprensión que han alcanzado los estudiantes con relación a la ubicación del material genético, el cual, desde un conocimiento mucho más acercado al científico, se encuentra ubicado en el núcleo de las células, específicamente conformando estructuras denominadas cromosomas, al igual que en estructuras celulares como las mitocondrias y los cloroplastos (Peretó *et al.*, 2007).



**Figura 76.** Comparación de las concepciones obtenidas en el pre y pos test con relación a la pregunta 1.

Tal y como se muestra en la Figura 76, las subcategorías encontradas en el pre-test se mantienen en su totalidad para el pos-test, sin embargo, con un valor de significancia del 0.00, encontramos que sobresale la subcategoría *núcleo-cromosoma*. La cual era mínimamente mencionada por los estudiantes en un momento inicial, a pesar de ser considerada la más próxima a un conocimiento ideal, pues esta se puede considerar como el punto de localización a nivel celular del ADN en un momento final. Esto nos permite plantear una progresión significativa en las concepciones de los estudiantes del curso intervenido, tal como a continuación lo sustentan las evidencias textuales de las respuestas dadas por los estudiantes.

**E18.P1.Ti-Tf:** [Haciendo referencia a la pregunta número 1 ¿En qué parte crees tú que está ubicado el ADN?] “*El ADN está ubicado en el núcleo, mitocondrias, cloroplastos*”

Con esto evidenciamos que los estudiantes han logrado establecer, desde aspectos dimensionalmente macroscópicos, la relación con estructuras microscópicas, como lo es la célula, el núcleo, los cromosomas y el ADN, que dispuestas en orden cronológico a través del organismo vivo permiten la transferencia y expresión de la información genética, para el óptimo y coordinado funcionamiento celular.

Por otro lado, el hecho de identificar que estructuras como las mitocondrias y los cloroplastos contienen ADN en su composición, es una progresión significativa que supera la dificultad planteada por Moreno (2014), en donde el estudio del ADN nuclear es enfatizado desde los centros educativos como principio y fundamento de todos los procesos biológicos, dada la participación mayoritaria que tiene en la síntesis proteica (Lewin, 1993) y mediante metodologías tradicionales que primeramente abarca aspectos teóricos, y se alejan del pertinente acompañamiento experimental.

Con ello podemos deducir que el estudiantado, luego de la intervención didáctica, ha logrado reconstruir, consolidar y sustentar sus ideas mediante estrategias dinámicas y experimentales tal como es el desarrollo de situaciones problematizadoras y prácticas de laboratorio. Esta le ha permitido entonces, acercarse biológicamente a aquellas estructuras, abstractas y desconocidas a nivel celular, abandonando la influencia del conocimiento popular y del lenguaje común que mediante afirmaciones no científicas como “*son de la misma sangre*” y “*lo lleva en la sangre*” durante el proceso formativo toman cierta relevancia en el pensamiento de los educandos (Caballero, 2008).

Por su parte, el reconocimiento de la estructura celular alcanzado por los y las estudiantes durante el proceso educativo, les ha permitido, aparte de comprender la composición, ubicación y función de cada uno de los componentes que hacen parte de ella, establecer la relación de estas con futuros aprendizajes, tales como con los procesos genéticos, necesarios e importantes para el crecimiento, la respiración la nutrición y en si el desarrollo vital del organismo vivo (Gagliardi, 1988). Por ello, resaltamos la importancia de la implementación de estrategias que en su desarrollo incluyan la utilización de modelos tridimensionales, juegos instruccionales, simuladores o herramientas audiovisuales, que sirvan de apoyo, tal como en nuestro caso, para conocer a nivel celular, tanto la ubicación, composición y función de cada uno de los componentes y las secuencias de los mecanismos genéticos biológicamente importantes para el almacenamiento, la transferencia y expresión de la información genética.

Tal como lo plantean García y Gil (2006) e Iñiguez y Puigcerver (2013), las simulaciones, los modelos y los equipos audiovisuales, se constituyen como excelentes herramientas durante el proceso de enseñanza. Pues permiten explorar conceptos, conocer estructuras, reproducir diferentes sistemas, procesos o fenómenos biológicos en tiempo

real, que propician los ambientes para la construcción de aprendizajes y en apoyo con estrategias de proyectos y problemas, logran desarrollar actitudes positivas y propias de la actividad científica, tal como en este caso ha sucedido.

De acuerdo con Ausubel (1983), la estructura cognitiva adquirida desde los saberes previos organizados, comparados y relacionados con aquella nueva información, han permitido la estructuración de nuevos conocimientos que a nivel epistémico se fijan y organizan en redes mucho más amplias, complejas y estructuradas, de forma significativa. Tal como es el caso del estudio de estructuras y procesos celulares que, desde el punto de vista molecular, son necesarias conocer, pues permiten comprender con base a su implicación estructural la dependencia funcional en el proceso de la regulación de la expresión genética

**Pregunta 2. ¿Qué técnicas y herramientas utilizarías para observar el ADN?**

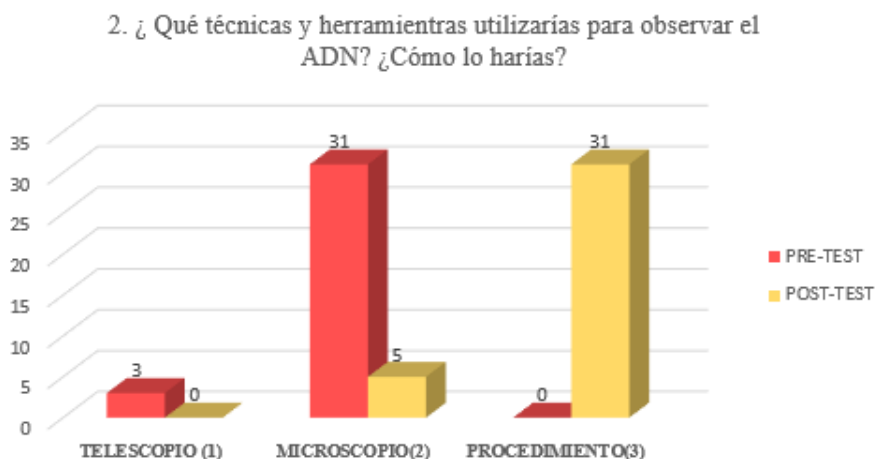
Para esta pregunta en la Tabla 13, observamos que dos de las subcategorías relacionadas a las técnicas para el estudio del genoma, alcanzan cambios significativos en su momento final, en la que de la subcategoría *Microscopio* siendo de las más distintiva en su momento inicial dada la diferenciación de medias de -1,44, se ha pasado a la subcategoría *Procedimiento*, que con aspectos relacionados al recurso biológico, instrumental y procedimental, se acerca a los esquemas planteados desde el conocimiento científico para la extracción, manipulación, conservación y observación óptima del ADN.

**Tabla 13.** Comparación del pre y pos test de las concepciones de los y las estudiantes con respecto al interrogante 2

<b>Pregunta</b>	<b>Subcategoría</b>	<b>Media (Pre Test)</b>	<b>Media (Pos Test)</b>	<b>Dif. de Medias</b>	<b>p-Valor</b>
¿Qué técnicas y herramientas utilizarías para observar el ADN? ¿Cómo lo harías?	Telescopio	0,08	0,00	0,08	0,083
	Microscopio	1,72	0,28	1,44	0,000
	Procedimiento.	0,00	2,67	2,67	<b>0,000</b>

Esto nos permite plantear una progresión significativa en las concepciones de los y las estudiantes del grupo de intervención, pues con una diferenciación de media del 2.67 y un valor de significancia del 0.000, la subcategoría *Procedimiento*, la cual, sin estar

presente en el proceso inicial con una media del 0.00, logra prevalecer mayoritariamente durante el proceso final. Para su mayor comprensión, en la Figura 79, representamos los planteamientos analizados anteriormente.



**Figura 77.** Comparación de las concepciones obtenidas en el pre y pos test con relación a la pregunta 2.

En la Figura 77, percibimos los cambios significativos que las subcategorías presentaron en sus frecuencias, antes y después de la intervención didáctica, especialmente la relacionada con las subcategorías *Microscopio* y *Procedimiento* en donde los estudiantes, de aspectos meramente instrumentales han pasado a describir metodológicamente, el proceso junto con las técnicas y herramientas que utilizaría en la extracción de ADN, de manera más amplia y profunda.

Por otro lado, la subcategoría *Telescopio* que previo a la intervención didáctica fue mencionada mínimamente por los estudiantes, estuvo ausente después de esta, lo que indica que los jóvenes, con una variación significativa del -0.08, han conseguido interpretar de mejor forma la pregunta, para responder oportunamente con las cualidades técnicas y procedimentales, que relacionadas a la práctica de laboratorio, se desarrollaron durante la implementación de la secuencia de aula. Así pues, han dejado de lado, la dificultad planteada por Bernal (2013), en donde el desconocimiento funcional e inapropiado manejo de los equipos oculares, era consecuencia del negado acceso a los espacios experimentales e insuficiencia en el desarrollo de metodologías prácticas. De esta manera, las evidencias textuales de las respuestas concedidas por los estudiantes lo sustentan a continuación:

**E9.P2.Ti-Tf:** [Haciendo referencia a la pregunta número 2 ¿Qué técnicas y herramientas utilizarías para observar el ADN? ¿Cómo lo harías?] “*Saliva con sal, detergente líquido, dulce de piña (natural 100%) alcohol y un tubo de ensayo, Técnicas: Vierto la saliva en el tubo de ensayo, luego un cuarto de detergente líquido, y por último la esencia de piña natural y el alcohol. Espero la reacción del componente y listo, puedo observar fácilmente unas pequeñas hebras de ADN de saliva*”

De acuerdo a lo anterior, hemos podido plantear, que el frecuente y oportuno acercamiento a los espacios científicos desde las prácticas de laboratorio ha permitido que mediante el desarrollo experimental tal como lo promueve Gamboa (2003), los estudiantes logren construir concepciones relacionadas al uso de herramientas, técnicas y procedimientos para el estudio y la observación básica del ADN, tanto de los diferentes componentes biológicos, químicos e instrumentales como de los métodos procedimentales en las que se abarcan procesos de preparación, manejo, observación, análisis conservación y desecho del material genético, tal como en sus ideas lo plantea.

Al mismo tiempo, el desarrollo de habilidades propias de la actividad científica, adoptadas por los estudiantes a partir de la utilización de recursos y materiales accesibles, y mediante prácticas de investigación, experimentación e interpretación, que desde el proceso educativo, favorecieron significativamente el aprendizaje de estructuras complejas, el desarrollo de destrezas relativas al mundo microscópico y promoción de actitudes positivas hacia la Ciencia y la investigación.

Por su parte, la implementación de material biológico, reactivos y equipos de bajo costo, han logrado solventar la dificultad planteada por Delgado (2014), en la cual, las efímeras y precarias condiciones de infraestructura y presupuesto institucional, era una limitante para el desarrollo de este tipo de actividades experimentales, necesarias desde el punto de vista educativo, para alcanzar conocimientos íntegros y significativos.

En este orden de ideas, las técnicas y herramientas comúnmente utilizadas para la observación del ADN según Zavala (2005), se definen en torno al tratamiento funcional de cada agente químico o biológico a nivel celular, para lograr la ruptura de membranas, la extracción de proteínas, la eliminación de ARNs, y la precipitación del ADN, etapas que en nuestro caso se han logrado mediante la utilización de sal común (NaCl), detergentes, enzimas proteolíticas como la Bromelina, proteína de la piña, y solventes orgánicos como

el alcohol respectivamente. Así mismo, material de vidrio y equipos como la centrifuga y agitador vórtex. De esta manera, se da validez a la H1.

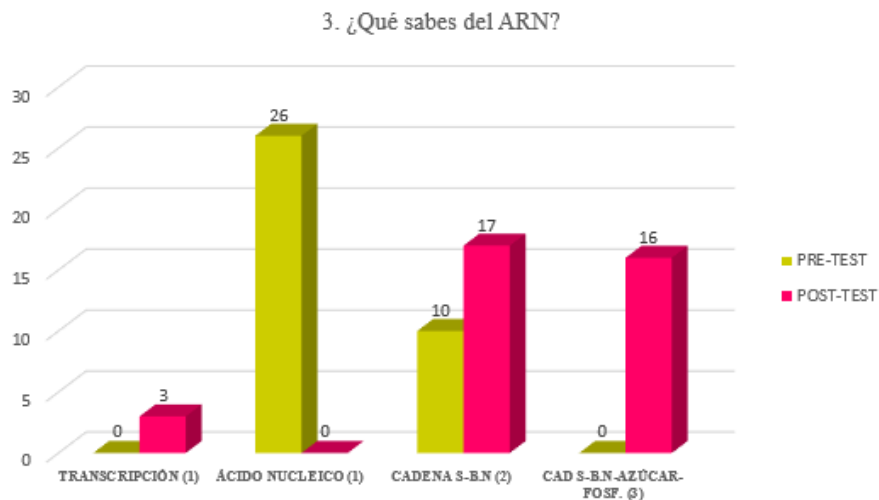
### **Pregunta 3. ¿Qué sabes del ARN?**

En la Tabla 14, observamos que dentro de las subcategorías relacionadas al conocimiento estructural del ARN, se registran variaciones de medias para *C. Sencilla-B.N-G. Fosfato* y *C. Sencilla-B.N-Azúcar-Fosfato*, que con valores proporcionales de 0.38 y 1.33 demuestran incrementos significativos durante el pos-test. Por otro lado, destacamos a la subcategoría *Ácido Nucleico*; la cual, desde desciende de 0.72 a un valor de 0.00 en la media al final del proceso educativo.

**Tabla 14.** Comparación del pre y pos test de las concepciones de los y las estudiantes con respecto al interrogante 3

<b>Pregunta</b>	<b>Subcategoría</b>	<b>Media (Pre Test)</b>	<b>Media (Pos Test)</b>	<b>Dif. de Medias</b>	<b>p-Valor</b>
¿Qué sabes del ARN?	Interviene transcripción	0,00	0,08	0,08	0,083
	Ácido nucleico	0,72	0,00	0,72	<b>0,000</b>
	C. Sencilla-B. N-G. fosfato.	0,56	0,94	0,38	0,109
	C. Sencilla -B. N- Azúcar-fosfato.	0,00	1,33	1,33	<b>0,000</b>

Como resultado, obtuvimos que la subcategoría *C. Sencilla-B.N-Azúcar-Fosfato*, asciende luego de la intervención didáctica, lo que nos permite plantear que el estudiantado, ha logrado la reconstrucción de sus concepciones, especificando factores estructurales mucho más estables y definidos sobre el ARN; dirigiendo el progreso a un nivel de significancia del 0.00, desde el estudio que involucra las estructuras moleculares. Los resultados anteriores se pueden evidenciar en la Figura 80.



**Figura 78.** Comparación de las concepciones obtenidas en el pre y pos test con relación a la pregunta 3.

En la Figura 78, apreciamos el significativo cambio conceptual dado en el post con relación al pre-test, a causa de las básicas atribuciones estructurales concedidas para el ARN en un momento inicial, que fueron cambiando en sus ideas finales al terminar proceso educativo. Con ello, se refleja que los estudiantes han logrado identificar no solo a nivel estructural la composición y disposición de este ácido nucleico, sino también su trascendencia e implicación en los procesos genéticos para la transferencia y expresión de la información genética, que conforme al incremento en la categoría *transcripción*, tiene que ver con el carácter funcional del mismo.

Así mismo, la subcategoría *Ácido nucleico* que de forma similar, inicialmente sobresale en el pre-test, sin embargo, al revisar el pos-test, desaparece, pues los estudiantes concuerdan con la categoría estructural *Cadena sencilla-base nitrogenada-azúcar-fosfato*, siendo esta la respuesta más completa, puesto que abarca las principales características estructurales que presenta el ARN. Así pues, el estudiante textualmente lo manifiesta a continuación:

**E3.P3.Ti-Tf:** [Haciendo referencia a la pregunta número 3 ¿Qué sabes del ARN?] “*Que es un ácido ribonucleico, es de cadena sencilla, tiene ribosa, sus bases nitrogenadas son citosina, guanina, adenina y uracilo y su función es la de copiar la información contenida en el ADN y transportarlas a las estructuras celulares*”

Pese a que ARN estructuralmente guarde parentesco con el ADN, existen diferencias relevantes en la composición y disposición nucleotídica de sus unidades. En consecuencia, Devlin (2004) plantea que la distintiva composición estructural del ARN, fundamentada en la unión nucleotídica *cadena. Sencilla-base nitrogenada-azúcar-fosfato*, radica en el azúcar ribosa  $C_5H_{10}O_5$  con un átomo de oxígeno de más en el carbono 2', y en las bases nitrogenadas que con presencia de Uracilo en lugar de Timina, logran generalmente una disposición de hebra simple en sentido 5'→3' que le permiten de modo complementario transcribir y transferir la información contenida desde el ADN hacia los ribosomas para la expresión génica.

De acuerdo con los elementos abordados a nivel estructural, en el post-test encontramos que los estudiantes con ello han logrado reconocer la importancia de la composición molecular, física y química para el establecimiento funcional del ARN, que con la adquirida definición, flexibilidad y estabilidad estructural tienen la capacidad de copiar la información contenida en el ADN para transferirla e interpretarla desde las estructuras ribosomales (Luque y Herráez, 2001). Con ello, los estudiantes han podido establecer el peculiar comportamiento del ARN que desde la interacción bioquímica y molecular sea en procesos o métodos experimentales, facilita el estudio analítico de este componente de futuras investigaciones. De este modo, siendo el nivel de error no mayor al 0,005 de probabilidad, se da validez a la hipótesis alternativa H1.

Así pues, la aplicación de la intervención didáctica en apoyo de modelos tridimensionales y audiovisuales ha logrado favorecer mediante el proceso educativo, el estudio molecular de estructuras como el ARN, que por su complejidad química y atómica, el conocimiento entorno a estos componentes microscópicos representaban complejidad para el estudiantado en su momento inicial, por ello no resultaban siendo ni atractivas, ni de fácil comprensión. (Bernal, 2013)

### **Pregunta 3.1 ¿Dónde crees que lo podemos encontrar?**

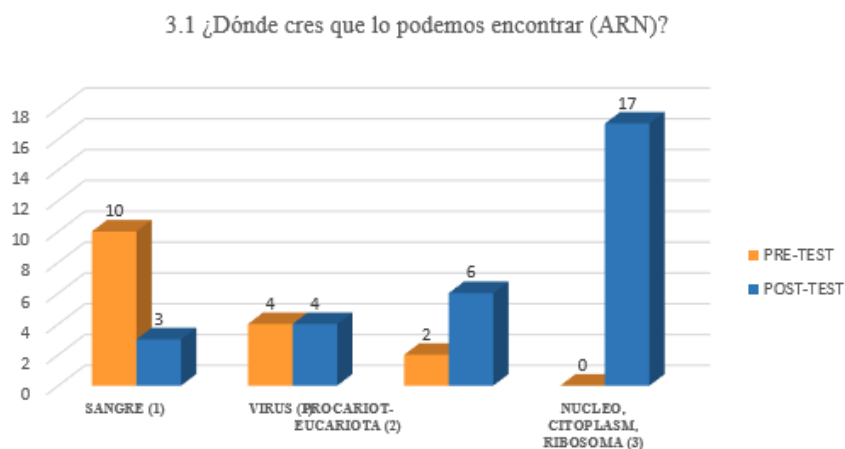
En la Tabla 15, presentamos las concepciones de los y las estudiantes sobre la ubicación del ARN, dentro de las que surgen como más representativas las subcategorías *Sangre* y *Virus* para un momento inicial con una diferenciación de medias del 0.20 para la primera e invariable frecuencia del 0.11 para la segunda. Por su parte, la subcategoría de

*Núcleo-Citoplasma-Ribosoma* distintiva en el pos-test por su variación significativa del 1.42, representa el progresivo cambio conceptual en las ideas de los estudiantes y con una mínima valorización del 0.00 nos indica el mayor índice de accesibilidad y reestructuración en las concepciones de los estudiantes, que hubo al final del proceso educativo con relación a esta cuestión.

**Tabla 15.** Comparación del pre y pos test de las concepciones de los y las estudiantes con respecto al interrogante 3.1

Pregunta	Subcategoría	Media (Pre Test)	Media (Pos Test)	Dif. de Medias	p-Valor
¿Dónde crees que podemos encontrar el ARN?	Sangre	0,28	0,08	0,20	0,033
	En virus	0,11	0,11	0,00	1,000
	En Procariotas y Eucariotas	0,11	0,33	0,22	0,160
	Núcleo, nucléolo, citoplasma y ribosoma.	0,00	1,42	1,42	<b>0,000</b>

Desde este punto de vista, evidenciamos gran variación en los resultados después de la intervención didáctica, pues como se muestra en la Figura 79, los estudiantes pasan de una concepción muy básica y alejada en términos de veracidad y posicionamiento con las categorías *Sangre*, *Virus* y *Procariota-Eucariota*, a una concepción mayormente estructurada y fundamentada, desde el análisis que implica la participación del ARN como ácido nucleico en los diferentes procesos genéticos, en este caso después de la transcripción salir del núcleo y trasladarse hacia el ribosoma a realizar el proceso de síntesis proteica para la expresión genética; que le define y le permite cambia su posición a nivel celular.



**Figura 79.** Comparación de las concepciones obtenidas en el pre y pos test con relación a la pregunta 3.1

Claramente, notamos que la subcategoría *núcleo-citoplasma-ribosoma* sobresaliente en el pos-test, tiene que ver con las posibles ubicaciones del ARN que representados en ARNm, ARNt y ARNr, alcanzan una ubicación en espacios celulares como el núcleo, el citoplasma y el ribosoma esto de acuerdo a los recorridos y funciones que cada uno realiza para alcanzar la transferencia y expresión de la información (Suarez, 2012)

De acuerdo a lo anterior, podemos decir que el estudiantado tiene claridad de los procesos que constituyen el dogma central de la biología (duplicación, transcripción y traducción), pues relacionando estos con la participación y funcionalidad del ARN, han podido definir las respectivas ubicaciones del ARN al interior celular, tal como textualmente lo manifiestan los siguientes estudiantes:

**E4.P3.1.Ti-Tf:** [Haciendo referencia a la pregunta número 3.1 ¿Dónde crees que podemos encontrar al ARN?] “*Lo podemos encontrar en la célula especialmente en el núcleo citoplasma y ribosoma*”.

Con relación a las ideas anteriores, podemos definir, que los y las estudiantes lograron identificar a nivel biológico la ubicación del ARN, que como ácido nucleico, al igual que el ADN, habita al interior de todo tipo de células, sea procariotas o eucariotas, y que dependiendo de su participación en los procesos de dogma central de la biología, para

la transmisión y expresión genética, se puede encontrar en el núcleo (para el caso de células eucariotas), en el citoplasma y en los ribosomas (para células procariotas y eucariotas).

Por su parte, la idea que el ARN está ubicado en el núcleo y en el ribosoma, destacamos que sea producto de su relación con los procesos genéticos, tales como la transcripción y traducción en donde el ARN copia y transfiere la información genética contenida en el ADN nuclear hacia los ribosomas, estructuras en donde asociadamente con el ARNm y ARNt se codifica, traduce e interpreta la información genética (Suarez, 2012; Luque y Herráez, 2001). Con ello, los y las estudiantes, reconocieron el carácter funcional de los ácidos ribonucleicos, al mismo tiempo que relacionaron los procesos del dogma central de la biología con las posibles ubicaciones, dado el transporte de la información tanto en células eucariotas como en procariotas desde donde se almacena hasta el citoplasma y las estructuras ribosomales, donde se desarrollara la codificación y expresión génica.

En este sentido, resaltamos la importancia del conocimiento celular, estructural y funcional de cada uno de los ARNs que subyace gracias a la intervención didáctica realizada, y ha permitido que los y las estudiantes establezcan las ubicaciones e incidencia en los diferentes procesos genéticos. Así pues, señalamos el uso de situaciones problematizadoras, modelos estructurales o secuenciales, videoclips y simuladores, como herramientas valiosas que nos ha permitido modelar estructurar y reproducir procesos biológicamente complejos, abstractos y dinámicos a nivel celular que se dificultan mayoritariamente en el estudiantado por la carencia e indisponibilidad de recursos, espacios e infraestructura en general (Said et al., 2013)

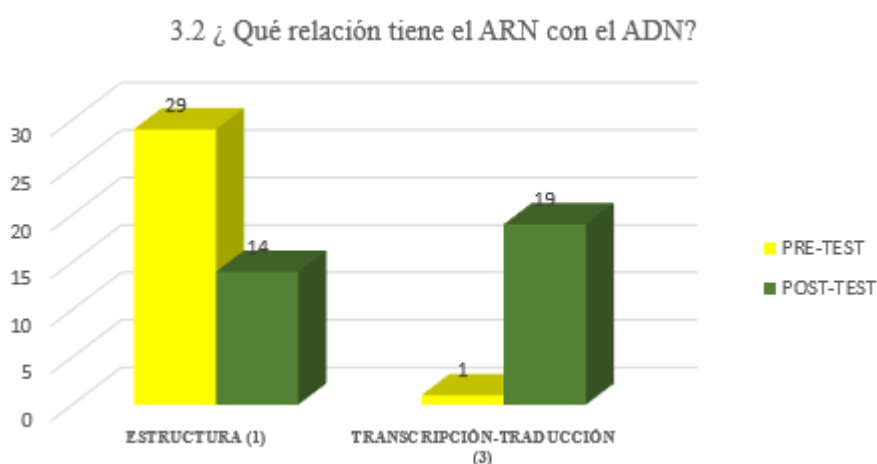
### **Pregunta 3.2 *¿Qué relación tiene el ARN con el ADN?***

En la Tabla 16 podemos contemplar claramente, que las subcategorías más sobresalientes al inicio y final han sido *Estructura* y *Transcripción-Traducción*, con una diferenciación de medias de -0.42 y 1.50 respectivamente y una significancia del 0.000. Razón por la cual, destacamos que los y las estudiantes lograron establecer la relación estructural y funcional entre el ARN y el ADN, tomando la reveladora valoración del 0,00, la cual nos permite determinar la progresión significativa entre ambas concepciones.

**Tabla 16.** Comparación del pre y pos test de las concepciones de los y las estudiantes con respecto al interrogante 3.2

Pregunta	Subcategoría	Media (Pre Test)	Media (Pos Test)	Dif. de Medias	p-Valor
¿Qué relación tiene el ARN con el ADN?	Estructura	0,81	0,39	-0,42	<b>0,000</b>
	Transcripción-traducción	0,08	1,58	1,50	<b>0,000</b>

Así mismo en la Figura 80, evidenciamos la constancia prioritaria de la categoría *Estructura* para un momento inicial, y *Transcripción-Traducción* para un momento final. Así pues, los estudiantes, que inicialmente señalaban los aspectos estructurales como motivo de relación entre estos dos ácidos nucleicos, reconocieron su importancia y establecieron su participación en el desarrollo funcional entre el ARN y ADN, los cuales por su interacción, son participes del almacenamiento y transferencia de la información genética. En este sentido, valoramos la relación estructural establecida por los y las estudiantes al inicio del proceso, pues como punto de partida, ha sido la que les ha permitido comprender la trascendencia e incidencia de esta, en los procesos del dogma central de la biología, en donde estos ácidos nucleicos intervienen activamente para el funcionamiento celular.



**Figura 80.** Comparación de las concepciones obtenidas en el pre y pos test con relación a la pregunta 3.2

Con ello, demostramos un avance en las ideas alcanzadas por los y las estudiantes, las cuales pasan de una relación meramente estructural, básica para los procesos genéticos, a una relación y dependencia funcional, en la que se denota mayor relevancia dada la participación de estas en los procesos de transcripción y traducción, donde directamente se expresa el parentesco filial entre estos dos, tal como lo manifestaron textualmente los estudiantes a continuación:

**E35.P3.2.Ti-Tf:** [Haciendo referencia a la pregunta 3.2 “*Qué relación tiene el ARN con el ADN*”] “*Es el que lleva el mensaje del ADN al ribosoma*”

Con el progreso de las concepciones contempladas al final del proceso, demostramos que los estudiantes han logrado no solo identificar su relación estructural sino también la conexión y dependencia existente entre estas con el carácter funcional para la copia, transferencia y expresión de la información, en procesos celulares conocidos en términos biológicos como transcripción y traducción. En efecto, definimos que los y las estudiantes tienen total claridad dentro de sus estructuras mentales, sobre los procesos genéticos del dogma central de la biología, puesto que desde las bases científicas son los que han permitido comprender las relaciones estructurales y funcionales en estos mismos.

A partir de esto, Campbell et al., (2002) plantea que la relación entre el ADN y ARN se debe a su nivel estructural, dado el parentesco en la composición y disposición molecular básica, a la unión nucleotídica, conformada por un grupo fosfato, una azúcar, y una base nitrogenada, posibilitando la conexión y la dependencia funcional en los procesos comúnmente conocidos como transcripción y traducción. Según Luque y Herráez (2001), en dicho proceso, se crea una copia de ARN para que lleve el mensaje contenido en el núcleo hacia el ribosoma y durante la interacción con el ARNt, el ARNr expresa la información contenida desde los genes.

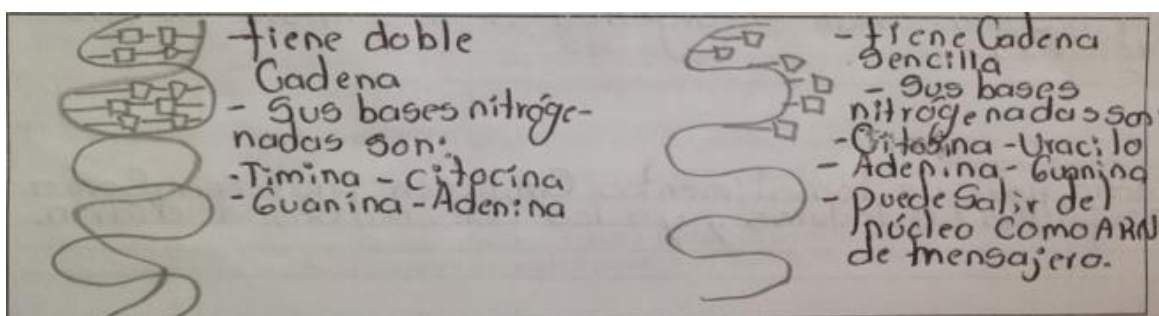
De este modo, resaltamos la trascendencia de la intervención Didáctica en la estructuración de los conocimientos, pues desde el aprovechamiento metodológico, el desarrollo experimental y el juego instruccional, permitió que los y las estudiantes reconocieran la estructura, composición, y función biológica de cada uno de los ARNs en los diferentes procesos genéticos, permitiendo solventar dificultades como la abstracción. Para Lucumi (2015), es necesario asistir desde una postura molecular, secuencial y

dinámica todas aquellas herramientas y modelos didácticos que se empleen en el proceso educativo, pues esto facilita la comprensión e interpretación de los procesos biológicamente complejos, progresivos y dependientes entre sí.

De este modo, respaldamos lo planteado por Jiménez et al., (2000), quienes recomiendan el desarrollo de actividades dinámicas, la utilización de material audiovisual y la implementación de modelos secuenciales e instruccionales, para la ampliación y el acercamiento a estructuras y mecanismos microscópicas desde una visión macroscópica. En este sentido, mediante la implementación de estrategias como el juego, logramos facilitar la comprensión de conceptos, estructuras y procesos del dogma central de la biología, favoreciendo el proceso de enseñanza y aprendizaje de la biología molecular, dada la participación activa y constante de los estudiantes, durante la actividad para la construcción y modificación de sus conocimientos.

***Pregunta 4. Determina las diferencias entre el ADN y ARN a través de un dibujo***

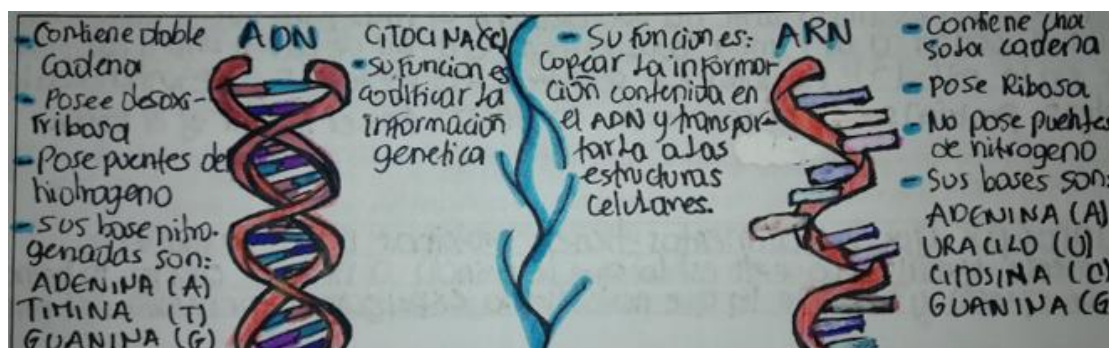
Al evaluar las concepciones del estudiantado frente a las diferencias estructurales y moleculares existentes entre el ADN y ARN, encontramos que los y las jóvenes identificaron desde la estructura secundaria, el número de cadenas, así como la disposición, conformación y unión nucleotídica que, dentro de cada componente, hacen parte el grupo fosfato, la azúcar, y las bases nitrogenadas como caracteres propios que diferencian a cada una de ellas.



***Figura 81. Representación gráfica del ADN y ARN realizada por E7.***

Tal como observamos en la Figura 81, los y las estudiantes lograron reconocer, acercados mayoritariamente a la conformación primaria, la composición de cada nucleótido, el cual al estar formado por la doble cadena, posee estructuras tales como las

bases nitrogenadas, Adenina, Guanina, Citosina o Timina para el ADN y Adenina, Guanina, Citosina o Uracilo para el ARN, y cumple funciones relacionadas con el almacenamiento y transferencia de la información tal como lo manifiesta la estudiante en la Figura 82, al afirmar que el ARN puede salir del núcleo como ARN mensajero.



*Figura 82. Representación gráfica de las diferencias estructurales entre el ADN y ARN realizada por E18.*

Así mismo, caracteres relacionados con el tipo de azúcar, sea desoxirribosa o ribosa, la presencia o ausencia de puentes de hidrógeno, y su participación en la codificación y transcripción de la información contenida, la cual desde el ADN es copiada y transportada a estructuras celulares como el ribosoma.

De esta manera, evidenciamos que los y las estudiantes han pasado de concepciones meramente básicas y confusas a ideas mayormente definidas y organizadas con lo que definen la composición y estructura química del ADN y ARN. Es decir, que definen las dos moléculas desde postulados más ideales y próximos al conocimiento científico, como los dados por expertos en el tema (Campbell et al., 2001).

Con todo esto, podemos establecer que el estudiantado logró conocer la composición estructural y química de cada ácido nucleico, y con ello comprender la estabilidad, actividad y funcionalidad molecular. Por esta razón, establecemos lo importante que es el conocimiento estructural del ADN y ARN para el alumnado, pues de este modo, logramos que ellos consiguieran establecer en primer lugar, la relación estructural, química, física y funcional; y en segundo lugar la trascendencia de esta composición en el accionar y manejo de estos componentes biológicos.

Así pues, el uso de esquemas o maquetas para la resolución de problemas tal como lo sugiere Ayuso, Banet y Abellá (1996), nos ha permitido que los estudiantes logren

establecer las relaciones entre estructuras y comprender el comportamiento de estas durante los procesos biológico. Para Caamaño (2003), este tipo de progresos en el aprendizaje, son denominados como “puentes entre la abstracción y la construcción de imágenes mentales”, los cuales favorecen la enseñanza y su aprendizaje mediante la manipulación y aproximación de las estructuras moleculares desde la dimensión macroscópica, situación evidenciada en nuestra investigación.

En este sentido, la intervención con cada una de las estructuras y los diferentes mecanismos de transmisión genética, nos permitieron determinar las diferencias químicas de los componentes y el porqué de su estructuración y distribución, destinada según Salomón et al., (2008), en el ADN especialmente para el almacenamiento de la información genética y en el ARN para el transporte, expresión y síntesis proteica. Así mismo, las condiciones y espacios brindados, durante el proceso de enseñanza y aprendizaje, y el desarrollo empírico realizado, nos permitieron acercar a los y las estudiantes hacia el mundo microscópico de las estructuras moleculares, desarrollar habilidades procedimentales y fomentar las actitudes positivas hacia el aprendizaje de estos componentes.

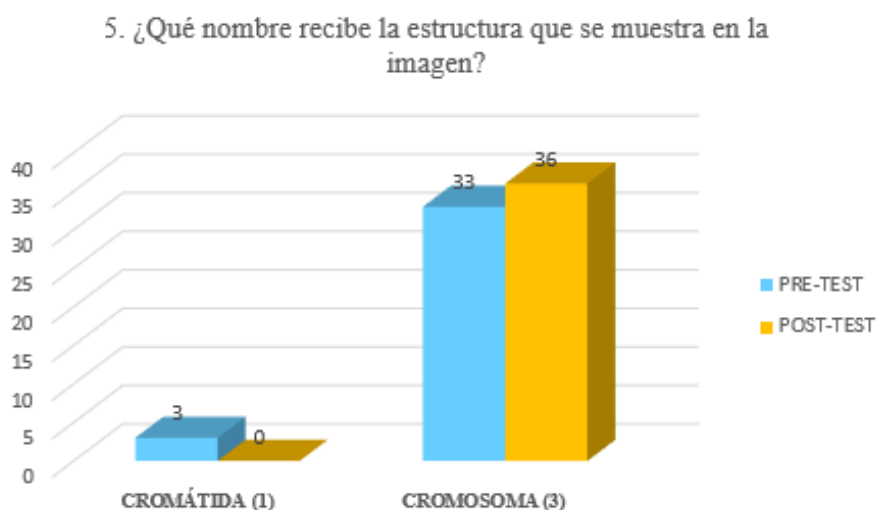
**Pregunta 5. *¿Qué nombre recibe la estructura que se muestra en la imagen?***

Para esta pregunta, logramos establecer cómo se puede ver en la Tabla 17, dos subcategorías, de las cuales evidentemente, sobresale para un momento final la subcategoría *Cromosomas* con una diferencia de medias del 0.25 y una significancia del 0.083. Podemos decir que pese a que la variación en las concepciones para el momento inicial y final es poco, resaltamos la diferencia de medias valorada en 0.08 para la subcategoría *Cromátida*, y el progreso en *Cromosoma* de 2.75 en el pre-test a 3.00 en el pos-test.

**Tabla 17.** Comparación del pre y pos test de las concepciones de los y las estudiantes con respecto al interrogante 5.

Pregunta	Subcategoría	Media (Pre-Test)	Media (Pos-Test)	Dif. de Medias	p-Valor
¿Qué nombre recibe la estructura que se muestra en la imagen?	Cromátida	0,08	0,00	0,08	0,083
	Cromosomas	2,75	3,00	0,25	0,083

Con base a lo anterior, reconocemos la presencia de ambas subcategorías al inicio y al final del proceso, sin embargo, destacamos la prevalencia de la subcategoría *Cromosoma*, la cual prima finalmente, en contraste con las ideas iniciales relacionadas con *Cromátida* tal como se muestra en la Figura 83. De esta se hace evidente el progreso en las concepciones que aunque haya sido poco, se refleja el avance significativo con lo relacionado al reconocimiento estructural del cromosoma.



**Figura 83.** Comparación de las concepciones obtenidas en el pre y pos test con relación a la pregunta 5

Con base en lo anterior, encontramos que los y las estudiantes al final del proceso educativo, reconocieron a nivel estructural la composición química y a nivel anatómico los componentes básicos del cromosoma eucariota, el cual, en este caso se compone molecularmente de ADN y fisiológicamente por la unión cruzada de dos filamentos o cromátidas, los brazos, los telómeros, el centrómero, el cinetocoro, los telómeros y el satélite. En este sentido, de acuerdo con Monge et al., (2002), las cromátidas son las unidades longitudinales del cromosoma duplicado, que se unen mediante el centrómero para almacenar y transferir la información a través de los procesos conocidos como mitosis y meiosis, hacia otras estructuras celulares.

En definitiva, la intervención didáctica con situaciones problematizadoras y prácticas de laboratorio ha permitido que el estudiantado lograra identificar la estructura, composición y anatomía de los cromosomas, así como diferenciar en orden dimensional, la

ubicación o posicionamiento de cada uno de los componentes estructurales, tales como el ADN, la cromatina, las cromátidas que hacen parte de las estructuras cromosómicas. Por lo tanto, se ha conseguido con base en ellas, modificar algunas de las ideas halladas en el pre-test para dar sentido a las concepciones relacionadas con la características estructurales y anatómicas, las cuales permitieron el reconocimiento de estas estructuras por parte de los estudiantes, tal como se evidencia textualmente en el siguiente caso.

**E22.P5.Ti-Tf:** [Haciendo referencia a la pregunta 5, “¿Qué nombre recibe la estructura que se muestra en la imagen?”] “*La estructura es un cromosoma*”

Así pues, podemos afirmar que la secuencia didáctica basada en estas dos estrategias, ha podido reconstruir, modificar y aproximar las concepciones para generar esquemas conceptuales, procedimentales y actitudinales cercanos al desarrollado desde el conocimiento científico, superando las dificultades planteadas por Banet y Ayuso (2000) y Moreno (2014), con relación a las problemáticas del reconocimiento estructural cromosómico y génico que enfrenta frecuentemente el estudiantado en el proceso educativo.

Por su parte, diferentes autores señalan en sus investigaciones, que el desarrollar de estas dos estrategias en el aula, permite articular aspectos teóricos con los prácticos, relacionar las actividades y saberes científicos con los saberes cotidianos, generar motivación en los estudiantes hacia la clase y actividad misma, comprender conceptos, procesos, desarrollar habilidades, competencias y destrezas, fomentar el aprendizaje significativo, efectuar la reorganización cognitiva y formar personal y socialmente al individuo (Sigüenza y Saéz, 1990; Pomés, 1991; Perales, 1993 y 2000; Quintanilla, 2005 y 2010; González, 2014; Monsalve 2014).

En este orden de ideas, hemos hecho que los y las estudiantes mediante el análisis, interpretación y resolución de situaciones del contexto, integren los saberes previos con los saberes nuevos, reconstruyendo su estructura cognitiva, generando los aprendizajes de manera activa y participativa, desarrollando habilidades y competencias científicas y posibilitando que en futuras situaciones puedan aplicarlas para resolver más situaciones de la vida diaria a las que se enfrente. Junto con ello, las lecturas, la formulación de interrogantes, el planteamiento de hipótesis, el desarrollo de actividades y procedimientos

para la confirmación de hipótesis, las discusiones, y socializaciones, desarrolladas por los y las estudiantes durante la resolución de la situación problematizadora, nos ha permitido guiar el proceso hacia la resolución del problema, y de los contenidos conceptuales procedimentales y actitudinales propuestos, con el fin de generar aprendizajes íntegros y significativos.

**Pregunta 5.1** *¿De qué crees que está constituida la estructura que se muestra en la imagen?*

En la Tabla 18, presentamos las concepciones de los estudiantes con base al pre test y pos test implementado antes y después de la intervención didáctica. En ella, contemplamos, que las ideas iniciales se ubicaban principalmente en la subcategoría *ADN-ARN*, mientras que para el momento final, lo hacían exclusivamente en la subcategoría *ADN*, atribuyendo a esta última, la responsabilidad de hacer parte y dar forma a los cromosomas. Este cambio, permite registrar que *ADN* ha logrado la mayor significancia con un p-valor de 0.003, y una variabilidad en sus medias de 1.00 entre los dos momentos.

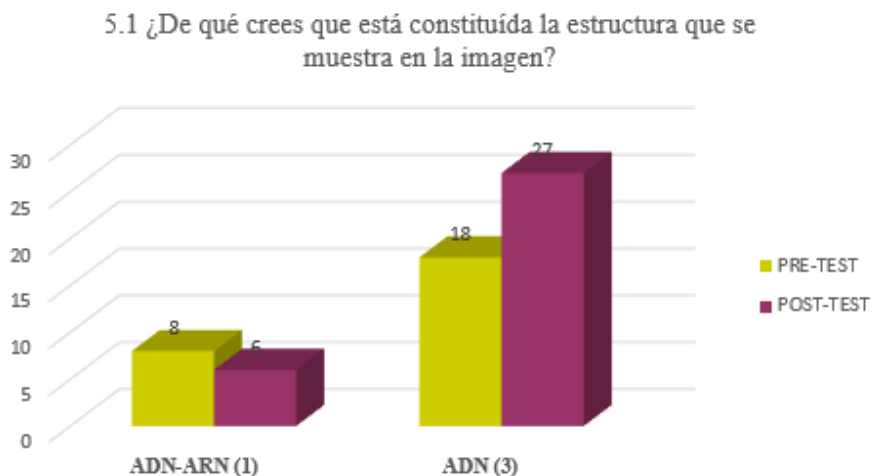
**Tabla 18.** Comparación del pre y pos test de las concepciones de los y las estudiantes con respecto al interrogante 5.1

Pregunta	Subcategoría	Media (Pre Test)	Media (Pos Test)	Dif. de Medias	p-Valor
¿De qué crees que está constituida la estructura que se muestra en la imagen?	ADN-ARN	0,22	0,17	0,05	0,600
	ADN	1,50	2,50	1,00	<b>0,003</b>

Del mismo modo, en la Figura 84, se observa que la subcategoría *ADN-ARN*, la cual en su momento inicial obtuvo mayor frecuencia, descendió mínimamente al final del proceso, prevaleciendo simultáneamente para ambos momentos la subcategoría *ADN* con la diferencia de los p-valor, los cuales se presentaron mayormente después de la intervención didáctica.

Por su parte, observamos nuevamente como la subcategoría más destacada al final de la intervención fue *ADN*, ya que la mayor parte del estudiantado manifiesta que el cromosoma está compuesto principalmente por esta biomolécula. No obstante, mencionan

que pueden existir otros componentes, que le confieren estabilidad y rigidez estructural, como el caso del ARN.



**Figura 84.** Comparación de las concepciones obtenidas en el pre y pos test con relación a la pregunta 5.1

Por el contrario, la subcategoría de menor frecuencia al final, fue *ADN-ARN*, evidenciando que para los y las estudiantes, la relación de estos dos tipos de ácidos, está ligada a otros procesos del dogma central de la biología, y no prioritariamente a la composición de los cromosomas. Esto se puede ver en la siguiente evidencia textual.

**E8.P5.1Ti-Tf:** [Haciendo referencia a la pregunta 5,1 “¿De qué crees que está constituida la estructura que se muestra en la imagen?”] “*está constituido por material genético, principalmente ADN*”

Desde el punto de vista biológico, y al saber que los cromosomas según Sánchez (2012), son estructuras celulares responsables del almacenamiento y transferencia de la información genética, compuestas principalmente de ADN (60%), seguido de proteínas (35%) y ARN (5%). Podemos deducir, que los y las estudiantes han logrado establecer en orden secuencial y durante los dos momentos, la composición de los cromosomas, siendo primeramente el ADN, seguido del ARN, y finalmente dejando de lado las proteínas, que siendo responsables de empaquetar y enrollar estos componentes, considerablemente hacen parte de estas estructuras.

Por otro lado, resaltamos la atribución designada primordialmente al ADN, pues con ello, podemos inferir que han comprendido, la relación entre estos componentes y su participación en el almacenamiento de la información, y transferencia de los caracteres hereditarios, procesos esenciales de los que participa y en mayor proporción se le acredita por contener al ADN (Pierce, 2009).

En este sentido, las ideas de los estudiantes apuntan a que el cromosoma por ser la estructura que interviene en los procesos de división celular, mitosis y meiosis, y por ser el responsable de contener y transmitir la información genética, contiene en su interior al material genético. Es decir, para el estudiantado el ADN de manera exclusiva o en asociación con el ARN, es producto de las funciones genéticas que tiene a cargo y su participación en los procesos de transmisión de los caracteres hereditarios durante la reproducción celular. En este orden de ideas, los y las estudiantes presentaron mayor claridad frente a la estructura cromosómica y los componentes que molecularmente lo componen, motivo por el cual lograron comprender, dimensionar, relacionar y valorar los niveles de organización de cada una de estas, facilitando el estudio y la comprensión de los procesos genéticos desde diferentes perspectivas.

Así pues, resaltamos que la implementación de las situaciones problematizadoras y prácticas de laboratorio como estrategias mediadoras del aprendizaje, posibilitaron la reestructuración de conocimientos, la formación de modelos mentales relacionados con la estructura y disposición de los componentes moleculares, contribuyendo al desarrollo de destrezas cognitivas, habilidades científicas y procedimentales (Sigüenza, 2000) y actitudes positivas hacia el aprendizaje y hacia las ciencias. Esto se hace primordial en los procesos de enseñanza, pues los saberes relacionados con el trabajo experimental, los problemas reales del contexto y la resolución interdisciplinar, son abarcados en la mayoría de los casos, de forma abstracta, descontextualizada, y apartada de los fundamentos químicos y moleculares de las diferentes estructuras, siendo estos la base para que los estudiantes comprendan el desarrollo y cumplimiento crucial de las funciones biológicas.

Tal como lo plantea Jessup (2000), estas estrategias permiten integrar los nuevos conocimientos con los saberes previos, de tal modo que aplicando teorías, reglas, leyes, técnicas y estrategias, se logren construir y reestructurar ideas que posibiliten la resolución del problema, el desarrollo de habilidades y actitudes científicas, y el aprendizaje

significativo de conocimientos cercanamente aproximados al concebido por las ciencias. Es decir, que hemos logrado solventar la dificultad presentada por Sigüenza y Sáez (1990), en la que el aprendizaje tradicionalmente es contemplado como un exclusivo mecanismo de recopilación, transmisión y asimilación de sucesos, teorías, leyes, principios, que dejan de lado, la estimulación del pensamiento, la formación procedimental y el desarrollo actitudinal en el estudiante.

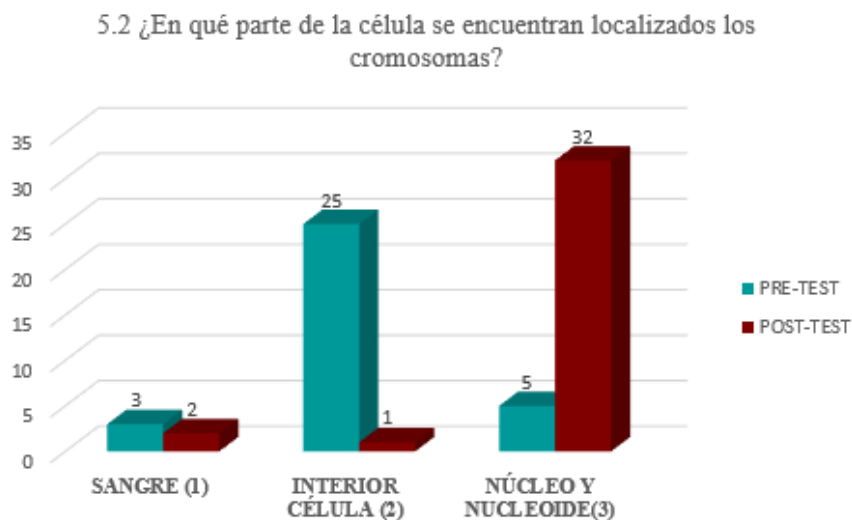
**Pregunta 5.2** *¿En qué parte de la célula se encuentran localizados?*

Frente a la pregunta sobre donde podrán estar localizados los cromosomas, podemos identificar conforme a la Tabla 19 que la subcategoría más representativa después de la intervención didáctica ha sido *Núcleo y nucleoide* la cual ha variado notoriamente con relación al pre-test en un 2,25 en la progresión de las concepciones y una significancia prevaleciente con el p-Valor del 0.00, dada la relevante proximidad alcanzada por los y las estudiantes durante el aprendizaje en esta cuestión.

**Tabla 19.** *Comparación del pre y pos test de las concepciones de los y las estudiantes con respecto al interrogante 5.2*

<b>Pregunta</b>	<b>Subcategoría</b>	<b>Media (Pre Test)</b>	<b>Media (Pos Test)</b>	<b>Dif. de Medias</b>	<b>p-Valor</b>
¿En qué parte de la célula se encuentran localizados?	Sangre_3	0,08	0,06	0,02	0,661
	Interior célula	1,39	0,06	1,33	<b>0,000</b>
	Núcleo-nucleoide	0,42	2,67	2,25	<b>0,000</b>

Por su parte las subcategorías *Sangre e Interior celular*, de baja frecuencia antes de la intervención didáctica, descendieron notablemente, conduciendo las ideas muy generales en torno a la ubicación de los cromosomas a pensamientos mucho más precisos dentro de la estructuración celular, tal como observamos a continuación:



**Figura 85.** Comparación de las concepciones obtenidas en el pre y pos test con relación a la pregunta 5.2

Con relación a la Figura 85, podemos deducir que las subcategorías mencionadas en el pre test, aumentaron sus frecuencias luego de realizada la intervención didáctica, indicando que pese a que los cromosomas son hallados biológicamente en las estructuras celulares, estos se encuentran principalmente en el núcleo de células eucariotas y en el Nucleoide de células procariotas. De este modo, evidenciamos la progresión en las concepciones del estudiantado, que pasan de ideas generalizadas en relación a las estructuras celulares, a posturas más ideales, en donde construyen modelos mentales más científicamente aprobados, pues hacen uso del lenguaje y el pensamiento científico para referirse al posicionamiento exacto de estos componentes a nivel celular. Lo anterior se puede ver a continuación:

**E16.P5.2.Ti-Tf:** [Haciendo referencia a la pregunta 5.2 “¿En qué parte de la célula se encuentran localizados los cromosomas?”] “*Se encuentran localizados en el núcleo o Nucleoide o citoplasma de las células*”.

De acuerdo a lo anterior, podemos inferir que los y las estudiantes han logrado reestructurar sus modelos mentales, diseñando, reconociendo y evaluando con bastante claridad la organización celular, así como la distribución y ubicación de las estructuras cromosómicas dentro de estas: El hecho de tener conocimiento de la composición y

distribución de cada componente al interior celular, les ha permitido comprender y valorar el porqué del posicionamiento de cada una de las estructuras y su relación estratégica con el integro funcionamiento y desarrollo celular. En efecto, con base a las características estructurales de estos componentes, han logrado comprender la relación entre la ubicación y el desarrollo de los procesos y fenómenos biológicos, relacionados con el ADN, quien conforma la mayor parte de los cromosomas, y se alberga al interior del núcleo celular, con las principales funciones de almacenar, transmitir y expresar la información genética.

De este modo, con la implementación estratégica de situaciones problematizadoras y trabajos prácticos de laboratorio, se ha podido brindar a los estudiantes el contacto con modelos celulares y moleculares. Por su parte, las herramientas escritas, audiovisuales, experimentales, equipos, técnicas, e implementos de laboratorio, han permitido alcanzar tanto aprendizajes significativos y reestructuraciones cognitivas, como también habilidades intelectuales y procedimentales, descriptivas, analíticas, argumentativas, y actitudes favorables hacia el aprendizaje, el progreso y la actividad científica. Lo anterior, es respaldado por Fernández (2013), quien atribuye el cambio en las estructuras de los conocimientos, al uso de las diferentes herramientas de aprendizaje que se requieren en el uso de estas dos estrategias para solidificar con base a las ideas previas, nuevos saberes, lograr el aprendizaje, progreso y manejo de conceptos, procedimientos, habilidades, técnicas, destrezas y actitudes, y finalmente la resolución de la situación problema a la cual enfrentan.

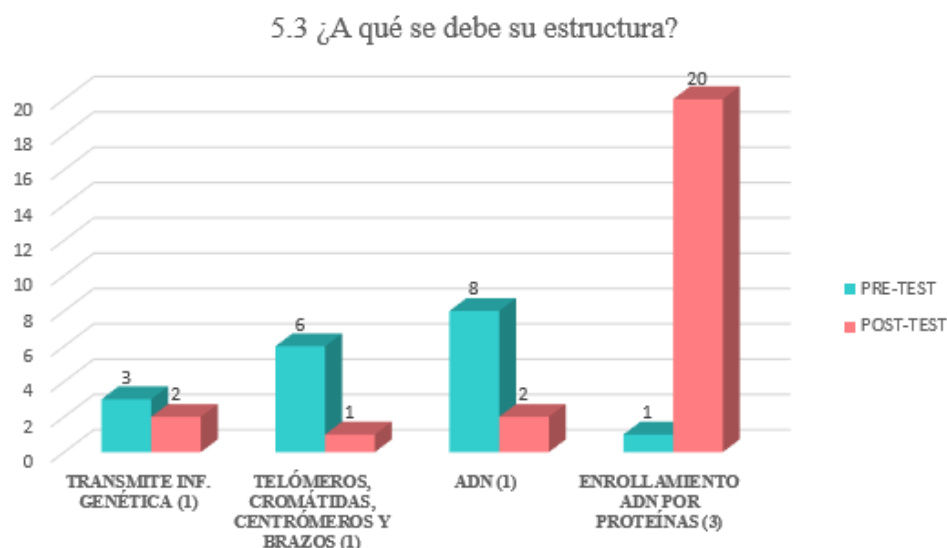
***Pregunta 5.3 ¿A qué se debe su estructura?***

De acuerdo con los datos numéricos expuestos en la Tabla 20, señalamos que la subcategoría más relevante después de la intervención didáctica ha sido *Enrollamiento ADN por proteínas*, siendo el principal causante que el estudiantado atribuye para dar razón de la apariencia estructural del cromosoma con una diversificación del 1.59, y un p-valor de 0.000 que resalta la evolución durante el proceso de las concepciones de los y las estudiantes.

***Tabla 20. Comparación del pre y pos test de las concepciones de los y las estudiantes con respecto al interrogante 5.3***

Pregunta	Subcategoría	Media (Pre Test)	Media (Pos Test)	Dif. de Medias	p-Valor
¿A qué se debe su estructura?	Transmite información genética	0,08	0,06	0,02	0,661
	Telómeros, cromátida, centrómero y brazos.	0,17	0,03	0,14	0,058
	ADN_2	0,22	0,00	0,22	0,003
	Enrollamiento ADN por proteínas	0,08	1,67	1,59	<b>0,000</b>

Así pues, las ideas especialmente concedidas a los aspectos morfológicos y funcionales en tiempos preliminares a la intervención didáctica, tal como lo exponemos en la Figura 86, pasan a ideas más fundamentadas desde el aspecto anatómico, químico y molecular, para dar explicación de los causantes que promovieron la definición estructural del cromosoma.



**Figura 86.** Comparación de las concepciones obtenidas en el pre y pos test con relación a la pregunta 5.3

Por otra parte, las subcategorías *ADN*, *Telómeros-cromátidas-centrómeros-brazos* *Transmite-información-genética* de mayor frecuencia al inicio del proceso, disminuyeron sus cifras notoriamente, después de la intervención de clase. Esto nos muestra en primer lugar, un mayor nivel de comprensión alcanzado por los y las estudiantes, seguido del reconocimiento del cromosoma desde aspectos de tipo estructural y morfológico

(Telómeros, cromátidas, centrómeros y brazos), hasta aquellos de tipo funcional (transmite información genética), químico y molecular (ADN y proteínas) y con los cuales han podido asociadamente dar explicación de los mecanismos para el enrollamiento, empaquetamiento, organización y disposición del material genético.

**E30.P5.3.Ti-Tf:** [Haciendo referencia a la pregunta 5.3 “¿A qué se debe su estructura?”] “*El ADN se enrolla en proteínas formando los nucleosomas que están enrollados para formar nucleofilamentos los cuales dan vueltas y se organizan en forma de lazos.*”

Desde el punto de vista biológico, el proceso descrito textualmente por el estudiantado como “*Enrollamiento de ADN por proteínas*” de acuerdo con Oliva et al., (2004), hace referencia al proceso de envolvimiento y plegamiento del ADN, en donde se lleva a cabo el empaquetamiento y la compactación de grandes extensiones de información producto de la asociación e interacción electrostática de este, con proteínas histonas y no histonas, características que definen la forma que adquiere del cromosoma durante la metafase y que habitualmente conocemos dada su particular estructuración. De este modo, damos validez a la hipótesis alterna, destacando el valor, que los y las estudiantes les dieron a las proteínas para explicar el método de enrollamiento, y compactación del ADN, motivo el cual define la forma en bastoncillo en la que se dispone el cromosoma.

Con base a los resultados anteriormente expuestos, definimos que los y las estudiantes han conseguido crear modelos mentales mayormente definidos sobre la estructura cromosómica. Los cuales aparte de incluir aspectos funcionales y morfológicos, han rodeado aspectos moleculares, relacionados principalmente con la composición genética, y las causas por la cual este se almacena de forma compacta al interior del núcleo. Estas concepciones conllevaron entonces, a que logaran establecer las relaciones estructurales y funcionales de estas con otros componentes celulares y moleculares, dimensionando aspectos de tipo organizacional de cada estructura desde el nivel macro y microscópico y finalmente comprender las bases del almacenamiento y transferencia de la información genética, puesto que son procesos en los cuales estas estructuras participan de ya sea de forma directa e indirecta.

La evidente transformación y reestructuración en las concepciones, las habilidades cognitivas, las competencias de pensamiento científico y las actitudes positivas, que el

estudiantado ha manifestado durante el desarrollo de la intervención didáctica, nos permite dar crédito a la implementación de las situaciones problematizadoras y las prácticas de laboratorio, como estrategia favorecedora de un aprendizaje significativo, y de la formación integral del estudiante, ya que como lo plantean Vásquez et al., (2014), estas logran integrar las dimensiones del conocimiento conceptual procedimental y actitudinal en sí.

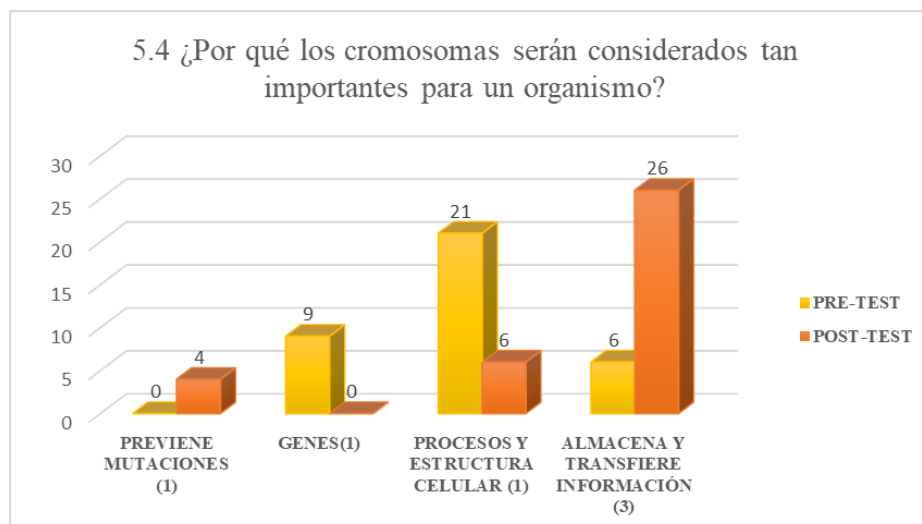
**Pregunta 5.4. ¿Por qué los Cromosomas serán considerados tan importantes para un organismo?**

En la Tabla 21, correspondiente a la categoría que ahonda en la importancia del cromosoma, observamos que tres de las cuatro subcategorías estuvieron presentes en los dos momentos. No obstante, solo dos de ellas presentaron cambios significativos en la diferencia de medias entre el pre y post-test. Estas son *Procesos y estructura celular*, la cual fue mencionada para señalar que el cromosoma es una estructura que se encarga de proteger el ADN para que pueda llevar a cabo diferentes procesos celulares, y *Almacena y transfiere información*, que ha sido utilizada para subrayar que la importancia del cromosoma se deposita en su interior donde conserva el código genético.

**Tabla 21.** Comparación estadística de las concepciones iniciales y finales del estudiantado frente a la cuestión 5.4.

Pregunta	Subcategoría	Media (Pre Test)	Media (Pos Test)	Dif. de Medias	p-Valor
¿Por qué los cromosomas serán considerados tan importantes para un organismo?	Previene mutaciones	0,00	0,14	0,14	0,023
	Genes	0,25	0,00	-0,25	0,002
	Procesos y estructura celular	0,58	0,17	-0,41	<b>0,000</b>
	Almacena y Transfiere información	0,50	2,50	2,00	<b>0,000</b>

Por consiguiente, en la Figura 87, mostramos la representación gráfica de las frecuencias obtenidas en cada una de las subcategorías.



**Figura 87.** Comparación de las concepciones obtenidas en el pre y pos test con relación a la pregunta 5.4.

De esta manera, es posible decir que la frecuencia registrada por la subcategoría más representativa del pre test, es decir *Procesos y estructura celular* disminuyó notablemente en el pos-test, arrojando una diferencia de medias del -0.41, traducida en un p-valor de 0.000, lo que indica un cambio significativo en la forma de pensar y analizar el interrogante. Asimismo, es interesante ver como la subcategoría *Genes*, se mostró ausente en el cuestionario final, caso contrario a lo que sucedió con la subcategoría *Previene mutaciones*, la cual no fue reportada por ningún estudiante en el momento inicial, pero fue considerada por unos pocos en el momento final, para referirse a que los cromosomas se disponen en una cantidad y orden específico que si es alterado puede ser la principal causa de la aparición de mutaciones genéticas.

En este sentido, con un valor de significancia del 0.000, encontramos que en el pos-test sobresale la subcategoría *Almacena y transfiere información*, la cual tuvo una variación en las medias de 2.00 demostrando con ello que hubo una progresión significativa en las concepciones del grupo intervenido. De igual manera, el 72,22% de los estudiantes fueron más precisos al dar razón sobre la importancia biológica del Cromosoma, precisando que dicha estructura se encarga de albergar la base de la herencia, es decir el ADN, con el fin de permitir que se lleven a cabo los diferentes mecanismos de transmisión y expresión de la información genética.

**E8.P5.4.Ti-Tf:** [Haciendo referencia a la pregunta número 5.4 ¿Por qué los Cromosomas serán considerados tan importantes para un organismo?] “*Se considera importante porque el cromosoma es el que lleva la información genética que se va a replicar etc.*”

Con base a los resultados obtenidos, destacamos el hecho de que un buen número de estudiantes superó la dificultad de aprendizaje que presentaban en el pre-test, con respecto al desconocimiento de conceptos estructurantes de la genética básica (Gagliardi, 1986; Banet y Ayuso, 1995; Ayuso y Banet; 2002). Teniendo en cuenta que en el pos-test dieron razón de la importancia del cromosoma, basándose en aspectos tanto funcionales como estructurales, ya que manifestaron que los cromosomas son estructuras filamentosas que, en organismos eucariotas, se encuentran al interior del núcleo celular y no en una posición fija como sucede en procariotas, encargándose de albergar miles de genes que están dispuestos a lo largo y en forma ordenada (Gonzales, 2009). Razón por la cual atribuyeron su importancia a la función que cumplen al almacenar la información de los caracteres hereditarios susceptibles de ser transmitidos de generación en generación (Peláez y Lizcano, 2014).

En este orden de ideas, es pertinente hacer mención de la influencia que tuvo la situación problema del genoma Simpson, partiendo de que fue la encargada durante la intervención didáctica de permitir la construcción del concepto cromosoma, demostrando con ello, la eficacia de dicha estrategia en cuanto refiere a desarrollar capacidades analíticas, críticas e investigativas en los estudiantes, al enfrentarse a verdaderas problemáticas del contexto, que requieren solución y por ende se hace necesaria la formulación de hipótesis (Puentes y Andrade, 2014).

**Pregunta 6. Como ya sabemos, las células están constituidas por varios orgánulos, todos de gran relevancia. Cuéntanos acerca del Ribosoma y de su importancia biológica en la célula.**

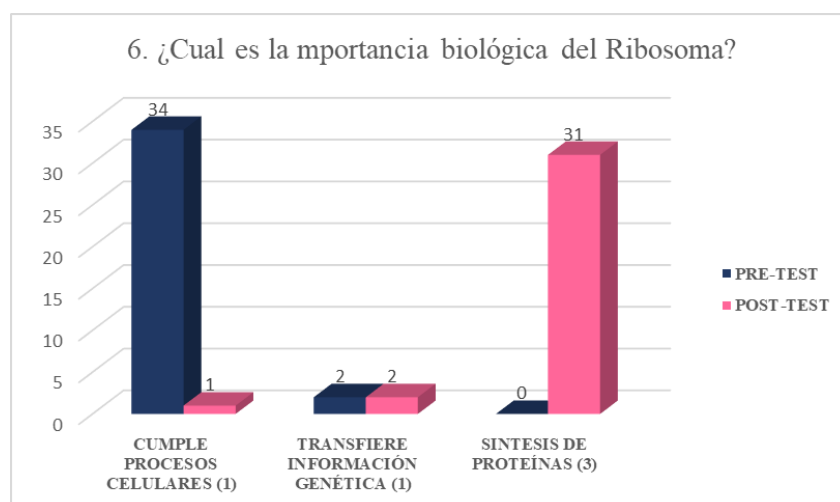
Al interpretar los resultados obtenidos en la categoría importancia del ribosoma, observamos que dos de las subcategorías alcanzaron cambios significativos en su momento final. Partiendo de que *Cumple procesos celulares* fue la más distintiva en el momento inicial dada la diferencia de medias de -0.91, obteniendo un valor de significancia del 0.000 (Tabla 22), mientras que en momentos posteriores a la intervención, la representatividad es

tomada por la subcategoría *Síntesis de proteínas*, teniendo en cuenta que es la encargada de conceder la importancia biológica del ribosoma a través del proceso de traducción.

**Tabla 22.** Comparación estadística de las concepciones iniciales y finales del estudiantado frente a la cuestión 6.

Pregunta	Subcategoría	Media (Pre Test)	Media (Pos Test)	Dif. de Medias	p-Valor
Como ya sabemos, las células están constituidas por varios orgánulos, todos de gran relevancia. Cuéntanos acerca del Ribosoma y su importancia biológica en la célula.	Cumple procesos celulares	0,94	0,03	-0,91	<b>0,000</b>
	Transfiere información genética	0,06	0,06	0,00	1,000
	Síntesis de proteínas	0,00	2,58	2,58	<b>0,000</b>

Por tanto, esto nos permite mostrar una progresión significativa en las concepciones de los y las estudiantes del grupo de intervención, pues con una diferencia de media de 2.58 y p-valor de significancia de 0.000, la subcategoría *Síntesis de proteínas*, sin estar presente en el proceso inicial, logró prevalecer mayoritariamente durante el proceso final. Para su mayor comprensión, en la Figura 88, representamos los planteamientos anteriores.



**Figura 88.** Comparación de las concepciones obtenidas en el pre y pos test con relación a la pregunta 6.

De este modo, la Figura 88, permite evidenciar los cambios significativos que presentaron en sus frecuencias las subcategorías *Cumple procesos celulares y Síntesis de proteínas*, antes y después de la intervención didáctica, en donde el 91,66% del estudiantado abandonó sus concepciones iniciales respecto a que el Ribosoma como orgánulo celular, se encargaba de cumplir funciones como la de alimentar a la célula o limpiar la sangre, planteamientos que eran bastante alejados del conocimiento científico y reflejaban su escasa apropiación conceptual.

Por su parte, la subcategoría *Transfiere información genética* no reportó variación alguna en sus frecuencias, ya que se mantuvo estable tanto en el pre-test, como en el post-test, haciendo visible lo planteado por Pozo (1989), respecto a que las concepciones alternativas en ocasiones suelen oponerse al cambio conceptual, pues tienden a persistir interfiriendo en el aprendizaje de conceptos científicos correctos. Lo anterior, fue evidente en esta subcategoría, pues los estudiantes no abandonaron la idea, que puede ser considerada poco veras y fundamentada, manifestando que el cromosoma y el ribosoma son estructuras que comparten la misma función al permitir identificar a las personas, convirtiéndose esto en una dificultad de aprendizaje con relación a la localización y transmisión de la información genética. A continuación, citamos algunas respuestas del estudiantado.

**E7.P6.Ti-Tf:** [Haciendo referencia a la cuestión número 6 Cuéntanos acerca del Ribosoma y de su importancia biológica en la célula.] “*El Ribosoma está encargado de la síntesis de las proteínas.*”

Con lo anterior, queda claro que aquellos que consideraron que la importancia biológica del ribosoma se centra en el proceso de traducción, es porque lograron comprender el proceso de transmisión y expresión de la información genética, también conocido como dogma central de la biología molecular. El cual consiste según Gonzales (2009), en transferir primeramente la información contenida en el ADN a una molécula intermediaria de ARN, para lograr que el mensaje hereditario sea codificado en tripletes de nucleótidos y traducido en secuencias de los 20 aminoácidos existentes que permitirán finalmente la síntesis de proteínas, que se encargaran posteriormente de regular procesos

metabólicos y determinar que genes se van a expresar, cuándo y en cuales células a fin de otorgar una estructura adecuada a las mismas (Luque y Herráez, 2001).

Para concluir, es necesario hacer énfasis en la forma como se abordó la enseñanza de los procesos como la transcripción y traducción durante la intervención didáctica, teniendo en cuenta que después de analizar las deficiencias presentadas por el grupo en el pre-test, decidimos hacer uso de los juegos como metodología alternativa, que propiciaron espacios dinámicos llenos de experiencias significativas previamente planificadas, en función de los contenidos, competencias y finalidades de aprendizaje propias de la temática a tratar, lo cual evidentemente favoreció la progresión en sus concepciones (Torres, 2002).

**Pregunta 7. ¿Crees tú que el alimento que consumimos a diario, interviene en el proceso de síntesis de proteínas? Justifica tu respuesta.**

A partir de la información consignada en la Tabla 23, podemos afirmar que en esta categoría, se evidencia que tres de las subcategorías permanecieron latentes luego de la intervención didáctica, las cuales fueron *Absorción de nutrientes*, *Aporta energía al dogma central de la biología molecular* e *Interviene en síntesis de aminoácidos y proteínas*. Por el contrario, la subcategoría *No se relaciona*, desapareció por completo, ya que inicialmente una minoría consideraba que no existía ninguna relación entre la alimentación y la síntesis de aminoácidos y proteínas. Ya en el momento final, el 63,88% del estudiantado comprendió la relación entre lo que consumimos a diario y el proceso de la traducción, por lo cual la subcategoría *Interviene en síntesis de aminoácidos y proteínas*, presentó el mayor valor de significancia, es decir 0.000, teniendo en cuenta que la diferencia de medias fue de 1.42.

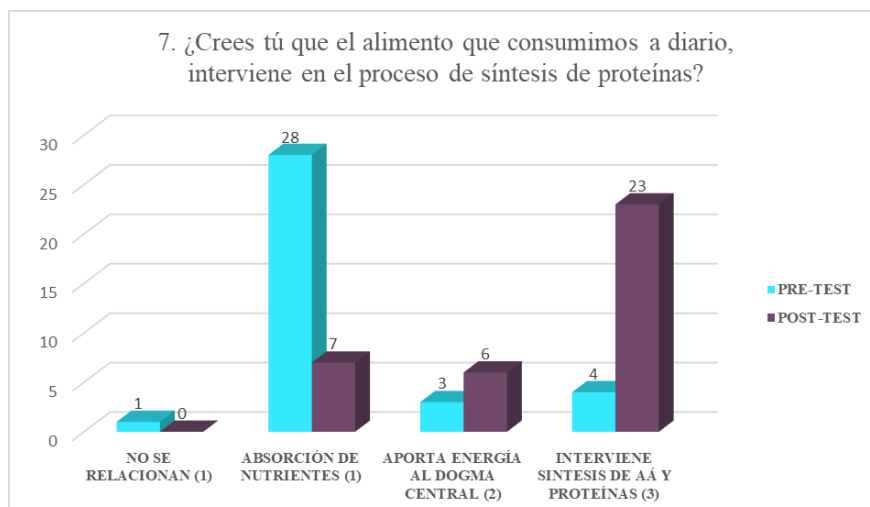
**Tabla 23.** Comparación estadística de las concepciones iniciales y finales del estudiantado frente a la cuestión 7.

Pregunta	Subcategoría	Media (Pre Test)	Media (Pos Test)	Dif. de Medias	p-Valor
¿Crees tú que el alimento que consumimos a diario, interviene en el proceso	No se relacionan	0,03	0,00	-0,03	0,324
	Absorción de nutrientes	0,78	0,19	-0,59	<b>0,005</b>
	Aporta energía al	0,22	0,44	0,22	0,222

de síntesis de proteínas? Justifica tu respuesta.	Dogma Central de la Biología Molecular Interviene en síntesis de aminoácidos y proteínas	0,33	1,75	1,42	<b>0,000</b>
--	--	------	------	------	--------------

Cabe resaltar que la subcategoría más destacada en el cuestionario inicial fue *Absorción de nutrientes*, la cual arrojó una media de 0.78 y fue a su vez reducida a 0.19 para el momento final, representando una diferencia significativa de medias de -0.59 y un p-valor de 0.005, reflejando la progresión en las concepciones del estudiantado. Estos dejaron entonces de basarse en el proceso de la nutrición en los seres vivos para explicar la relación de los alimentos y la traducción, teniendo en cuenta que inicialmente sus respuestas se centraban en atribuir a los alimentos el hecho de suministrar macronutrientes necesarios al cuerpo (proteínas, lípidos y carbohidratos). Esto se correlaciona de manera poco representativa con la subcategoría *Aporta energía*, con la que hicieron alusión a que las biomoléculas obtenidas de los alimentos son las encargadas de conceder energía a las células del cuerpo para que así estas realicen todos los procesos vitales, sin embargo, en la aplicación del pos test fue notorio el gran cambio en la apropiación conceptual del estudiantado, ya que magnificaron la importancia de consumir alimentos de mayor valor nutricional, fundamentando la idea en que son alimentos ricos en aminoácidos esenciales, los cuales son indispensables en la síntesis de proteínas (Rodríguez y colaboradores, 2007).

Para constancia de lo anterior, mostramos la Figura 89 y la respectiva evidencia textual de los juicios emitidos por parte del estudiantado.



**Figura 89.** Comparación de las concepciones obtenidas en el pre y pos test con relación a la pregunta 7.

Como se observa en la Figura 89, las subcategorías presentaron transiciones importantes, indicando que la secuencia didáctica y las estrategias de enseñanza adoptadas, favorecieron una movilización progresiva e ideal de las concepciones de los y las estudiantes, como se puede corroborar en la siguiente respuesta con la que se hace mención de la subcategoría de mayor representatividad *Interviene en síntesis de aminoácidos y proteínas*.

**E36.P7.Ti-Tf:** [Haciendo referencia a la pregunta número 7 ¿Crees tú que el alimento que consumimos a diario, interviene en el proceso de síntesis de proteínas?] “*Pues si no comemos, no hay aminoácidos y si no hay aminoácidos, no hay proteínas, entonces todos los alimentos buenos intervienen en el proceso de síntesis de proteínas.*”

De acuerdo con Moreira (2000), cuando un estudiante se enfrenta a este tipo de interrogantes y hay presencia de ideas previas o conceptos claros en la mente del mismo, sus concepciones serán mucho más estables y estructuradas, como lo demostraron en este caso en el pos-test, al establecer una relación de dependencia entre los alimentos, aminoácidos y la síntesis de proteínas. Lo anterior se fundamenta en planteamientos como el de Gonzales (2009), respecto a que para que sea efectiva la lectura del mensaje resultante del proceso de transcripción, por regla debe pasarse de una codificación de nucleótidos a otra basada en los aminoácidos que componen las proteínas, teniendo en cuenta que el

código genético conserva su propio lenguaje y presenta la clave para traducir dicho mensaje.

Por otra parte, Ruiz (2018) añade que los aminoácidos son componentes básicos proteicos de vital importancia para el funcionamiento correcto del organismo y por lo tanto es necesario saber que aquellos que el organismo sintetiza, los conocemos como aminoácidos no esenciales, mientras que los 10 restantes que el cuerpo no puede sintetizar y deben ser incluidos en la dieta, se denominan aminoácidos esenciales (leucina, isoleucina, valina, metionina, lisina, fenilalanina, triptófano, treonina, histidina, arginina). Es necesario entonces, considerar el alto valor biológico de los alimentos que los contienen, los cuales deben ser consumidos para evitar que se desencadenen alteraciones metabólicas o demás afectaciones en otros sistemas que son regulados por las proteínas, tal y como se especifica en el análisis de la pregunta anterior (Gonzales, 2009).

**Pregunta 8. *¿En qué crees que consiste la manipulación genética o ingeniería genética? Apóyate de un ejemplo.***

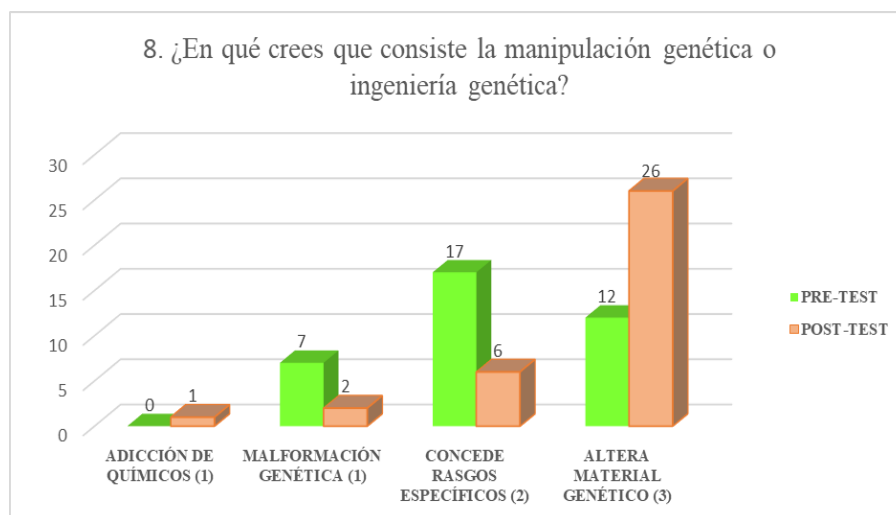
Con respecto a la información consignada en la Tabla 24, decimos que las subcategorías que surgieron inicialmente para dar razón de la naturaleza de la ingeniería genética, es decir *Malformación genética*, *Concede rasgos específicos* y *Altera material genético* permanecen tanto en el pre-test, como en el pos-test, aunque no en las mismas frecuencias. Ya que, en los dos primeros casos disminuyeron y en el último se presentó un aumento considerable, mientras que la subcategoría *Adición de químicos* que fue ausente en el pre-test, aparece con menor proporción después de la intervención didáctica, haciendo referencia a los reactivos y procedimientos llevados a cabo en laboratorio durante la manipulación genética.

**Tabla 24.** *Comparación estadística de las concepciones iniciales y finales del estudiantado frente a la cuestión 8.*

<b>Pregunta</b>	<b>Subcategoría</b>	<b>Media (Pre Test)</b>	<b>Media (Pos Test)</b>	<b>Dif. de Medias</b>	<b>p-Valor</b>
¿En qué consiste la manipulación genética o Ingeniería	Adición de químicos	0,00	0,03	0,03	0,324
	Malformación genética	0,19	0,06	-0,13	0,023

genética?	Concede rasgos específicos	0,94	0,33	-0,61	0,006
	Altera material genético	0,92	2,17	1,25	<b>0,000</b>

Por ende, en la Figura 90, mostramos dichas subcategorías y sus respectivas variaciones para ambos momentos.



**Figura 90.** Comparación de las concepciones obtenidas en el pre y pos test con relación a la pregunta 8.

Con relación a la Figura 90, verificamos que al indagar sobre la función que cumple la manipulación genética, al inicio de la secuencia didáctica los y las estudiantes presentaban vacíos al momento de argumentar sobre las finalidades de este campo de acción, ya que se basaron en sus conocimientos empíricos al citar la subcategoría *Concede rasgos específicos*, para referirse a que consistía en adicionar o cambiar características a ciertos organismos con fines deseados, sin dar mayor explicación al respecto. Esto permitió que se consolidara como la subcategoría más representativa en dicho momento, arrojando una media de 0.94. No obstante, esto varió tras la aplicación del pos-test, puesto que la frecuencia de la misma disminuyó considerablemente obteniendo una diferencia significativa de medias de -0.61 y un p-valor de 0.006, teniendo en cuenta que el 72.22% de los estudiantes presentaron progresión en sus concepciones, haciendo mención de la subcategoría *Altera material genético* para aludir a que la naturaleza de la manipulación genética se centra en las modificaciones realizadas a nivel celular con el fin de garantizar la

calidad de vida del organismo. Esto se tradujo en un nivel de significancia de 0.000, producto de las respuestas emitidas por los estudiantes en el pos-test, como se puede ver en el siguiente ejemplo:

**E22.P8.Ti-Tf:** [Haciendo referencia a la pregunta número 8 ¿En qué crees que consiste la manipulación genética o ingeniería genética?] *“Consiste en manipular los genes de organismos y alterar los procesos biológicos normales para mejorar la calidad de vida.”*

Indiscutiblemente, vemos que el estudiante hace una muy buena síntesis al responder, teniendo en cuenta que la ingeniería genética también conocida como terapia génica o manipulación genética, permite extraer, introducir o transferir genes de un organismo a otro, ubicándolos en el genoma hasta que se expresen y sintetice las proteínas para las cuales codifica, alternando así el material genético hasta lograr la creación de organismos genéticamente modificados para fines deseados como el tratamiento de una enfermedad, como los transgénicos o simplemente para la producción de componentes nutricionales que hacen más resistentes los cultivos a plagas y productos químicos, lo cual se puede realizar debido a la casi universalidad del código genético de los seres vivos (Láñez 2000; Ocelli, 2013; Chaparro 2014).

Es conveniente destacar en este punto el papel que cumplieron las actividades experimentales realizadas en la intervención didáctica, ya que, gracias a ellas los estudiantes dieron cabida a nuevas y sólidas estructuras cognitivas respecto a la naturaleza y alcances de la ciencia, lo cual les permitió en el pos-test desenvolverse con mayor facilidad al explicar en qué consistía dicho conjunto de técnicas (Payer, 2005).

**Pregunta 9.** *Ana María y Felipe son una pareja de jóvenes, recientemente casados, quienes esperan la llegada de Sofía, su primogénita. Sin embargo, algo no anda bien y es que Ana María además de fumar, presenta problemas asociados al alcoholismo, negándose a aceptar las recomendaciones de los especialistas y familiares, por lo que se consideraba un embarazo de alto riesgo. Al cumplir sus 7 meses de embarazo, Ana y Felipe deciden pagar y programar una ecografía 4D, pensando en los preparativos del baby shower, ya que la idea era utilizar una foto de la pequeña Sofía como portada de la tarjeta de invitación, lo cual solo se quedó en planes al recibir los resultados. Los médicos les*

aseguraron que su pequeña hija había desarrollado múltiples malformaciones, además de retardo físico y mental.

***Teniendo en cuenta la situación anterior, ¿Qué piensas que pudo haber ocurrido a nivel molecular en las células de los padres o en las células de Sofía, para posteriormente desencadenar dichas anomalías?***

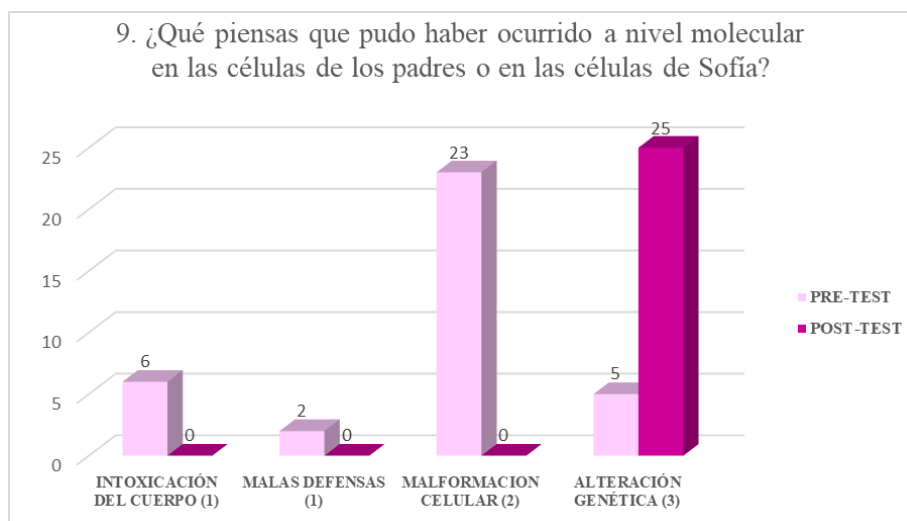
Para el caso de esta pregunta, observamos en la Tabla 25 que ante la situación problema planteada, los y las estudiantes en el pre test citaron 4 subcategorías, de las cuales solo *Alteración genética* se mantuvo en el pos test, presentando un valor de significancia de 0.000, al ser la concepción más mencionada por el 69,44% de los estudiantes. En dicho momento, los estudiantes expresaron, que lo sucedido a nivel molecular en las células de Sofía fue una alteración genética, que llevó a la expresión de dichas anomalías como producto de los hábitos nocivos practicados por la madre, a pesar de que al inicio se calculó una media de 0.42 y posteriormente al proceso de aula, se registró una media de 2.08. Resaltamos que la categoría 9 se subdivide en dos preguntas, una referente a las causas moleculares que determinaron el estado de Sofía y otra que indaga las posturas del estudiantado frente a las conductas de Ana, la madre de la niña. Por consiguiente, el 30,55% restante de los estudiantes se centraron en argumentar sus posiciones frente a la problemática de la segunda cuestión, dejando de lado la presente pregunta.

**Tabla 25.** Comparación estadística de las concepciones iniciales y finales del estudiantado frente a la cuestión 9.

Pregunta	Subcategoría	Media (Pre Test)	Media (Pos Test)	Dif. de Medias	p-Valor
¿Qué piensas que pudo haber ocurrido a nivel molecular en las células de los padres o en las células de Sofía, para posteriormente desencadenar dichas anomalías?	Intoxicación del cuerpo	0,17	0,00	-0,17	0,012
	Malas defensas	0,06	0,00	-0,06	0,160
	Malformación celular	1,28	0,00	-1,28	<b>0,000</b>
	Alteración genética	0,42	2,08	1,66	<b>0,000</b>

Por su parte, la subcategoría más representativa del pre test, es decir *Malformación celular* presentó una diferencia de medias de -1.28 y un p-valor de 0.000 teniendo en cuenta

que inicialmente los estudiantes la señalaron para aludir a que, debido a la ingesta de alcohol y los malos hábitos, Ana ya tenía muy dañadas sus células, lo cual fue transmitido a la niña, generándole las múltiples malformaciones a nivel celular. No obstante, esta subcategoría se mostró ausente en el pos test (Figura 91), lo cual le otorgó un alto valor de significancia.



**Figura 91.** Comparación de las concepciones obtenidas en el pre y pos test con relación a la pregunta 9.

De igual manera, es interesante ver como al revisar la Figura 91, las subcategorías *Intoxicación del cuerpo* y *Malas defensas*, mostraron una total disminución en sus frecuencias, desapareciendo en un segundo momento, haciendo más relevante la progresión en las concepciones del estudiantado. Ya que como mencionamos anteriormente, estas estuvieron concentradas en la subcategoría *Alteración genética*, como se muestra en la siguiente evidencia textual:

**E32.P9.Ti-Tf:** [Haciendo referencia a la pregunta número 9 ¿Qué piensas que pudo haber ocurrido a nivel molecular en las células de los padres o en las células de Sofía, para posteriormente desencadenar dichas anomalías?] “La niña sufrió alteraciones o problemas genéticos, por ejemplo, al producir proteínas.”

Así pues, la respuesta del estudiante refleja el cumplimiento de las finalidades de aprendizaje propuestas en las guías de trabajo desarrolladas referentes a la enseñanza de los mecanismos de transmisión y expresión de la información genética, en donde se debe

insistir según Gonzales (2014), en que el estudiantado conciba la producción de proteínas como la cima del dogma central de la biología molecular. Podemos considerar que, el estudiante ha logrado comprender el ejemplo, reconociendo que no habría expresión génica, si dicho el proceso de traducción se ve interrumpido, lo cual tiene mucho sentido al dar razón sobre la posible causa a nivel molecular que determinó la condición de Sofía. Esta respuesta, deja al descubierto la apropiación de un lenguaje científico que se mostraba ausente en el cuestionario inicial y que para dicho momento, fue considerado como una de las principales dificultades que presentaba el estudiantado. Frente a esto, Sánchez y Jiménez (1998), consideran que, durante las intervenciones de aula se debe abordar y empelar material proporcionado y pertinente, pues una adecuada formación científica, requiere del conocimiento, adquisición y uso del vocabulario científico, como se ha evidenciado en este estudio.

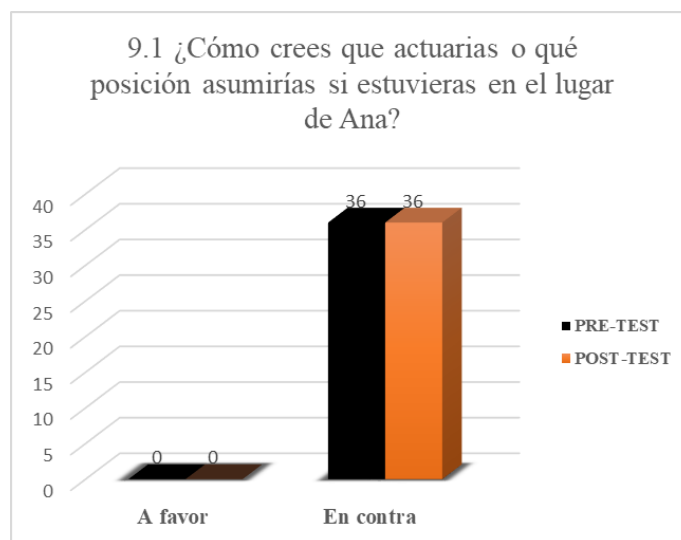
Por otra parte, Quintanilla (2005) asume que cuando se plantea una situación problema y el estudiante es capaz de plantear hipótesis y luego soluciones que las corroboren, está demostrando que es una estrategia de apropiación conceptual ya que contribuye en la construcción de modelos mentales que favorecen posteriormente la elaboración de nueva información.

**Pregunta 9.1.** *Imagina por un momento que estás en el lugar de Ana y recibes la triste noticia. ¿Cómo crees que actuarías o qué posición asumirías si estuvieras en el lugar de Ana?*

En este caso, resulta sobresaliente que, dentro de lo analizado, esta sea la única pregunta que no presentó variación alguna (Figura 92). Puesto que, en su totalidad, los 36 estudiantes expresaron estar en desacuerdo con las conductas presentadas por la mamá de la niña, teniendo en cuenta los efectos nocivos del alcohol y el tabaco en el embarazo, especialmente durante el primer trimestre de gestación. Según Gonzales (2009), cualquier cambio sobre regiones codificantes de los genes puede desencadenar consecuencias sobre su funcionalidad, tal y como lo plantea el siguiente estudiante:

**E34.P9.1.Ti-Tf:** [Haciendo referencia a la pregunta número 9.1 ¿Cómo crees que actuarías o qué posición asumirías si estuvieras en el lugar de Ana?] *“Por todos los problemas del*

*alcoholismo y el tabaco, hubo una gran probabilidad de contraer las malformaciones genéticas.”*



**Figura 92.** Comparación de las posturas de los estudiantes, obtenidas en el pre y pos test con respecto a la pregunta 9.1.

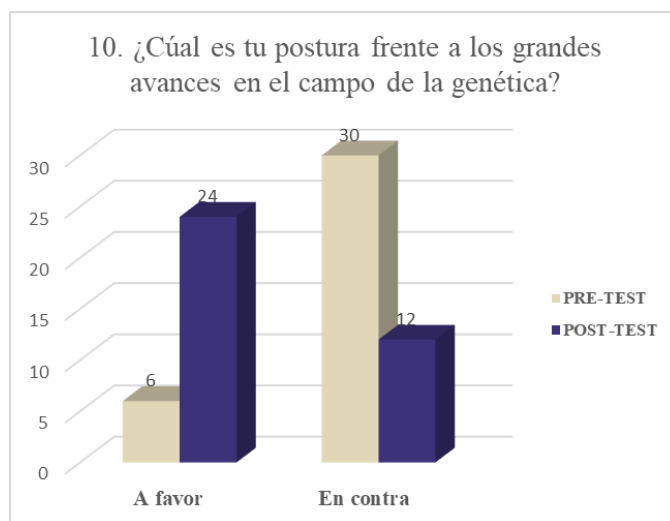
Esto nos permite comprobar el conflicto cognitivo que promueve el uso de situaciones problematizadoras como la planteada en la pregunta 9, al permitir crear una interacción entre el sujeto y el problema, debido a que se sienten contextualizados o familiarizados con ese tipo de situaciones (Varela 1994; Ros, 2005).

Adicionalmente, el resultado obtenido en esta categoría reitera la importancia e influencia de las emociones en la enseñanza de las ciencias, puesto que cada uno de los estudiantes antes de asumir una posición o postura frente a situaciones como la descrita, se basan en el mundo subjetivo que han venido construyendo, el cual ha condicionado la parte cognitiva (Otero, 2006). Por tanto, Sanmartí (2001) complementa lo anterior diciendo que, si no se sabe correlacionar en el aula, las actitudes, concepciones, emociones y la experiencia, jamás se llegarán a alcanzar cambios conceptuales, ya que para el estudiantado el conocimiento empírico que han adquirido a lo largo de sus vidas, conserva mayor valor, precisamente porque se fundamenta en dichos factores.

**Pregunta 10.** *Los grandes avances obtenidos en el campo de la genética han generado controversia e incalculables debates, en especial cuando se discute la posibilidad de ejercer un control de calidad sobre los fetos humanos que pueden presentar alteraciones, o*

para el caso de las plantas cuando se desean realizar mejoras a los frutos o modificar otras características. **Ahora bien, ¿Cuál es tu postura respecto?**

Si observamos detalladamente la Figura 93, podemos apreciar que el 83,33% de los y las estudiantes registraron en el pre test que estaban en desacuerdo con los avances provenientes del campo de la genética. Sin embargo, al final del proceso, los roles cambiaron y la subcategoría *A favor* fue la más representativa al ser mencionada por el 66,66% del grupo intervenido. Quienes manifestaron que reconocen el ritmo frenético que llevan en la actualidad los avances científicos, ya que cada día surge una nueva cosa asociada a la manipulación genética que supera a la anterior, revolucionando nuestra realidad como pago por los beneficios que ofrece (Macip y Willmott, 2015).



**Figura 93.** Comparación de las posturas de los estudiantes, obtenidas en el pre y pos test con respecto a la pregunta 10.

Es decir que, pese a que los estudiantes son conscientes de la relevancia moral y social que representa la situación, prefieren asegurar la calidad de vida, lo cual tiene un valor agregado, ya que asumieron una posición crítica al respecto, partiendo de bases sólidas que concretaron sus ideas en un momento final. Esto se relaciona con los planteamientos de Obaya y Ponce (2007), quienes consideran que la aplicación de la secuencia didáctica en cuanto refiere a la inclusión de métodos como el de reflexión-acción propio de situaciones problema, hace posible la confrontación de ideas previas, favoreciendo los procesos de razonamiento del estudiantado al responder este tipo de interrogantes, como se evidencia en la siguiente respuesta:

**E2.P10.Ti-Tf:** [Haciendo referencia a la pregunta número 10 ¿Cuál es tu postura frente a los avances en el campo de la genética?] *“Estoy de acuerdo, porque así se ayudaría más a la raza humana, salvando a personas de alteraciones y mejorando cada vez más los frutos.”*

No obstante, para el pos-test se evidencia aún, el caso de estudiantes que se muestran en contraposición a lo anterior (33% de los estudiantes), manteniéndose aferrados a la subcategoría *En contra*, sosteniendo que por encima de todas las cosas defienden sus principios éticos, morales y espirituales, como sucede con el siguiente estudiante.

**E22.P10.Ti-Tf:** [Haciendo referencia a la pregunta número 10 ¿Cuál es tu postura frente a los avances en el campo de la genética?] *“Creo que esto está afectando lo que es realmente la raza humana, porque un día llegaremos al punto en que ya nada sea real, en que todo esté modificado.”*

Lo anterior, es interpretado por Schulz (2005), como una problemática del contexto, donde la cultura nos ha inculcado unos patrones religiosos, éticos y morales que no concuerda con la evolución científica y el futuro de la humanidad.

**Pregunta 11.** *Los domingos Simón acostumbra a visitar a su abuelita, quien conoce muy bien sus gustos y siempre le tiene preparado un rico arroz con leche. Sin embargo, cada vez que se sientan a departir, ella suele hacer el mismo comentario: la calidad del arroz que consumíamos en épocas pasadas, no es la misma que presenta el producto que encontramos en el mercado actualmente.*

*Tu qué opinas, ¿Será que ella hace referencia a que la calidad del arroz ha mejorado o empeorado? ¿A qué crees que se deba el cambio y qué efectos puede tener sobre la humanidad?*

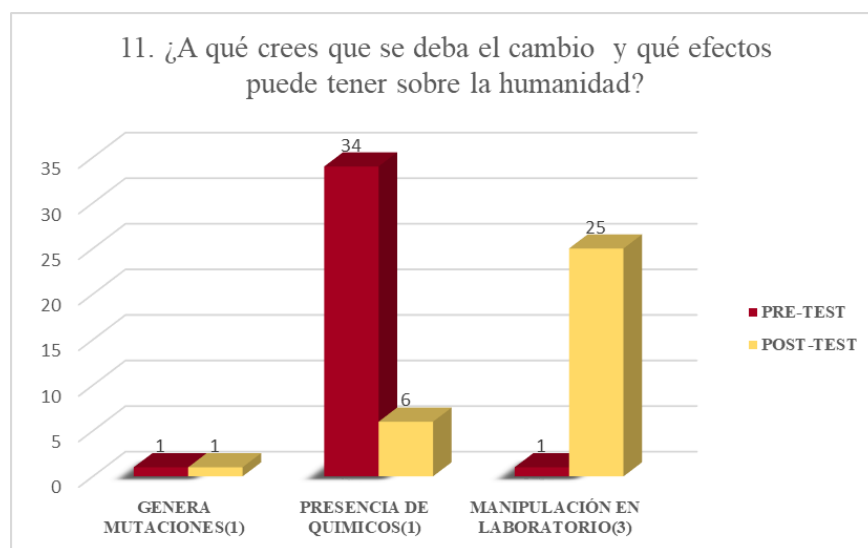
En la Tabla 26, correspondiente a la categoría sobre efectos del consumo, podemos ver que las tres subcategorías estuvieron presentes en los dos momentos, sin embargo, solo dos de ellas mostraron cambios significativos en la diferencia de medias entre el pre y post test. Siendo sobresalientes las subcategorías *Presencia de químicos*, la cual fue mencionada para subrayar que la calidad de alimentos como el arroz ha empeorado debido a que los

cultivos están contaminados al ser fumigados con plaguicidas y herbicidas que con frecuencia, generando problemas de salud y *Manipulación en el laboratorio*, utilizada para hacer énfasis en que la calidad del arroz ha empeorado, por el proceso de industrialización al que se ve sometido, implicando en ocasiones una manipulación del mismo en laboratorio.

**Tabla 26.** Comparación estadística de las concepciones iniciales y finales del estudiantado frente a la cuestión 11.

Pregunta	Subcategoría	Media (Pre Test)	Media (Pos Test)	Dif. de Medias	p-Valor
La calidad del arroz que consumíamos en épocas pasadas, no es la misma que presenta el producto que encontramos en el mercado actualmente. Tu qué opinas, ¿A qué crees que se deba el cambio y qué efectos puede tener sobre la humanidad?	Genera mutaciones	0,03	0,03	0,00	1,000
	Presencia de químicos	0,94	0,17	-0,77	<b>0,000</b>
	Manipulación en el laboratorio	0,08	2,08	2,00	<b>0,000</b>

Por lo anterior, en la Figura 94, exponemos la representación gráfica de las frecuencias arrojadas en cada uno de los casos.



**Figura 94.** Comparación de las concepciones obtenidas en el pre y pos test con relación a la pregunta 11.

Así pues, con base a la Figura 94, podemos afirmar que la frecuencia registrada por la subcategoría más representativa antes de la intervención, es decir *Presencia de químicos* disminuyó considerablemente en el pos test, arrojando una diferencia de medias del -0.77, traducida en un p-valor de 0.000 que indica la progresión que hubo en la aplicación del pos test en la forma de pensar y analizar la pregunta. Igualmente, es notable que la subcategoría *Genera mutaciones* se mantuvo estable en ambos momentos, caso contrario a lo que sucedió con la subcategoría de mayor representatividad en el momento final *Manipulación en laboratorio*, la cual arrojó una media inicial de 0.08 y al finalizar la intervención didáctica la diferencia de estas fue de 2.08, traducida en un valor de significancia del 0.000. esta fue citada por el 69,44% de los estudiantes del grupo intervenido, coincidiendo en que el hombre es ahora quien interviene de forma directa en la calidad de los alimentos, ya que puede manipularlos para bien o para mal, tal y como se aprecia en la siguiente idea expuesta por un estudiante.

**E8.P11.Ti-Tf:** [Haciendo referencia a la pregunta número 11 ¿Será que ella hace referencia a que la calidad del arroz ha mejorado o empeorado? ¿A qué crees que se deba el cambio y qué efectos puede tener sobre la humanidad?] “*Se refiere a que la calidad del arroz ha mejorado, ya que las personas lo han manipulado para mejorar su calidad.*”

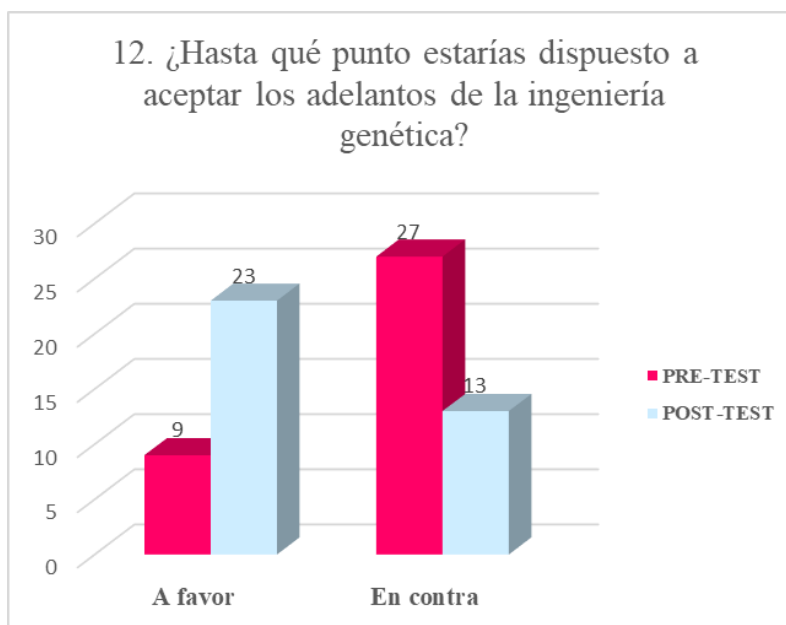
En este orden de ideas, podemos afirmar lo planteado por García (2015) respecto al uso de secuencias didácticas como generadoras de actitudes positivas hacia las ciencias, como es evidente en este caso. En donde los estudiantes reformaron sus concepciones iniciales, analizando desde otra perspectiva la pregunta, mostrándose a favor de los controles de calidad y procesamientos realizados en la industria alimentaria, los cuales implican la manipulación de alimentos, con el único fin de verificar que se cumpla con los parámetros adecuados para así dar garantía de la calidad industrial del mismo, contrarrestando cualquier factor de riesgo en la salud pública al evitar la acción de posibles agentes patógenos (Sánchez y Meneses, 2012).

En adición a lo anterior, subrayamos la importancia de los debates intencionados en el aula de clase, como estrategia ideal para tratar este tipo de temáticas, teniendo en cuenta que permiten no solo visibilizar las opiniones o consideraciones de los y las estudiantes en

distintos momentos, sino también discutirlos, para conocer la forma en que las justifican al defender sus posiciones ante sus compañeros. De modo tal, que el rol docente inicialmente se centraba en ser el moderador, esperando el momento oportuno para intervenir y dar explicaciones a la luz del conocimiento científico, lo que en últimas influye en el replanteamiento de ideas o puntos de vista ante interrogantes de esta índole (Ayuso y Banet, 2002)

**Pregunta 12.** *Muy seguramente alguna vez tendrás que haber comido guayaba-pera o lima-limón y ante esas mejorías de sabor no hay discusión. La pregunta es, si llegáramos a ver un gato-perro o un hermoso patico-pollito, ¿Hasta qué punto estarías dispuesto a aceptar los adelantos de la ingeniería genética?*

En la Figura 95, evidenciamos los cambios registrados en las posturas que asumieron los estudiantes antes y después de la intervención didáctica con respecto a la categoría adelantos de la ingeniería genética, reflejando una noción de reflexión frente a la cuestión planteada. Esto se puede evidenciar, cuando al inicio la subcategoría *En contra* se consolidó como la más representativa, con el 75% de los estudiantes, quienes la citaron como rechazo a la manipulación de genes y a sus implicaciones en la estabilidad del medio ambiente y del ciclo de vida de los organismos.



**Figura 95.** Comparación de las posturas de los estudiantes, obtenidas en el pre y pos test con respecto a la pregunta 12.

Lo anterior, cambió considerablemente al aplicar el post test, debido a que solo el 36,1% del estudiantado se mantuvo en desacuerdo con los adelantos de este campo, puesto que defienden la conservación de la naturaleza tal y como la conocemos, tratando de evitar que se pierda, contamine o altere a través de técnicas innovadoras como estas, lo cual es respetable ya que en el mundo existen grupos de ecologistas y ambientalistas que tienen la misma postura creando oposición a la comunidad científica (Seguí, 2013). En efecto, solo basta con analizar la siguiente respuesta emitida por uno de los estudiantes, para darnos cuenta de una de las tantas dificultades que persisten en la enseñanza de las ciencias y es el hecho de que no esté siendo orientada a la relevancia social y personal (Cañal, 2011).

**E19.P12.Ti-Tf:** [Haciendo referencia a la pregunta número 12 ¿Hasta qué punto estarías dispuesto a aceptar los adelantos de la ingeniería genética?] *“No estoy de acuerdo porque es mejor lo natural y no lo que se hace en laboratorio”*

Por el contrario, la subcategoría *A favor*, que en el pre test fue mencionada por una minoría sin ofrecer mayores argumentos, mostró un aumento notorio en su frecuencia al ser referenciada en el momento final por el 63,88% de los estudiantes, quienes reformaron sus puntos de vista al respecto. Acá, los jóvenes tenían como base los conocimientos adquiridos durante la aplicación de la secuencia didáctica en cuanto al estado evolutivo de la ciencia y la integración de los enfoques ciencia, tecnología y sociedad, como nueva tendencia curricular en la enseñanza de la misma, en la cual, se promueve la toma de decisiones y destrezas sociales a través de situaciones de la vida diaria (Cañal, 2011). Por consiguiente, presentamos un ejemplo que refleja como el estudiantado amplió sus saberes y modificó su opinión al respecto, haciendo uso de argumentos con rigor científico.

**E12.P12.Ti-Tf:** [Haciendo referencia a la pregunta número 12 ¿Hasta qué punto estarías dispuesto a aceptar los adelantos de la ingeniería genética?] *“Pues ese es el ritmo de la evolución, es como un teorema fundamental que produce cambios y transformaciones”*

Lo anterior, nos permite visualizar como los estudiantes pasaron a valorar los impactos positivos de la ingeniería genética, resaltando sus beneficios, al describirla como una herramienta que busca generar bienes y servicios con el fin de mejorar la calidad de vida de las personas, garantizando a su vez la biodiversidad y la mitigación en general de

las necesidades sociales, lo cual explica el por qué trabajar de la mano con ciencias médicas, agrícolas y ambientales en la enseñanza de las ciencias (Láñez, 2000).

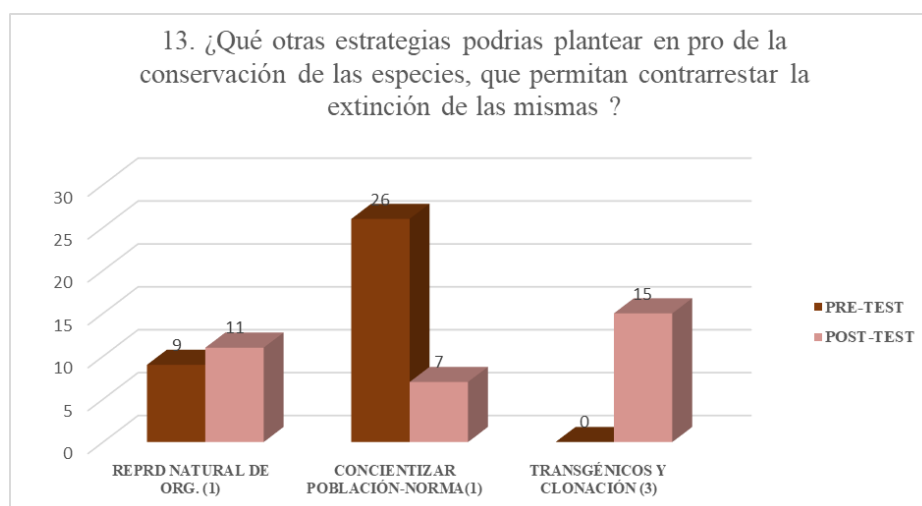
**Pregunta 13.** *En los últimos años, el impacto ambiental que produce la actividad humana, ha sido creciente. La explotación de recursos naturales, la contaminación y especialmente la caza y tráfico de vida silvestre, ha generado como problemática mundial la extinción de especies. En vista a estos acontecimientos son múltiples las propuestas innovadoras que han surgido para la preservación de la biodiversidad, una de ellas, son los bancos de semillas, en donde se coleccionan y almacenan semillas de variadas especies vegetales, garantizando condiciones especiales que aseguren su supervivencia durante largos periodos de tiempo (ENSCONET, 2016). A partir de lo anterior, ¿Qué otras estrategias podrías plantear en pro de la conservación de las especies, que permitan contrarrestar la extinción de las mismas?*

Finalmente, al revisar los resultados obtenidos en la categoría estrategias de conservación, encontramos que solo dos de las subcategorías presentan una diferencia significativa, con una particularidad de que en el pre test surgieron las dos primeras subcategorías que aparecen en la Tabla 27 y luego de que aplicamos el pos test se sumó una tercera, siendo *Transgénicos y clonación*, la cual arrojó precisamente la significancia más alta al ser una de las concepciones más establecidas por el estudiantado como propuesta alternativa para contrarrestar la pérdida masiva de especies.

**Tabla 27.** *Comparación estadística de las concepciones iniciales y finales del estudiantado frente a la cuestión 13.*

Pregunta	Subcategoría	Media (Pre Test)	Media (Pos Test)	Dif. de Medias	p-Valor
¿Qué otras estrategias podrías plantear en pro de la conservación de las especies, que permitan contrarrestar la extinción de las mismas?	Reproducción natural de organismos	0,25	0,33	0,08	0,413
	Normatividad-concientizar población	0,72	0,19	-0,53	<b>0,000</b>
	Transgénicos-clonación	0,00	1,25	1,25	<b>0,000</b>

En cuanto a los dos primeros casos, *Reproducción natural de organismos* y *Concientizar-población-normatividad* se evidencia que en el pre-test esta última subcategoría nombrada predominó en las respuestas emitidas por los y las estudiantes, quienes plantearon inicialmente la promoción de una cultura y normatividad ambiental, como estrategia adecuada para concientizar la población, y así promover la conservación del medio ambiente. Sin embargo, esto cambió en el pos-test, ya que la subcategoría disminuyó notoriamente su frecuencia, presentando una significancia de 0.000 y demostrando una modificación en las perspectivas, teniendo como base lo abordado en la intervención didáctica. Razón por la cual, para mayor comprensión de lo expuesto, mostramos la Figura 96.



**Figura 96.** Comparación de las concepciones obtenidas en el pre y pos test con relación a la pregunta 13.

En este sentido, la Figura 96 refleja lo dicho respecto a la subcategoría *Transgénicos y clonación*, la cual fue contemplada solo hasta después de la intervención didáctica, registrando una media de 1.25 y por ende un valor de significancia de 0.000, poniendo de manifiesto que el grupo intervenido respondió en el pos-test con un sentido crítico ante el progreso tecno-científico. Motivo por el cual exponemos la idea de uno de los estudiantes.

**E3.P13.Ti-Tf:** [Haciendo referencia a la pregunta número 13 ¿Qué otras estrategias podrías plantear en pro de la conservación de las especies, que permitan contrarrestar la extinción de las mismas?] “Hacer plantas transgénicas para ayudar a preservar las especies.”

Como podemos observar en las evidencias textuales, los estudiantes acuden al uso de la biotecnología, ya que conciben los transgénicos y la clonación como estrategias de conservación de especies inherentes al proceso de la globalización. Esto demuestra según Pérez (2000), la influencia de la intervención didáctica como escenario de aprendizaje, en donde la acción reflexiva enmarca el proceso de enseñanza, ya que ellos por medio del desarrollo la guía 5, correspondiente a la temática de mutación y biotecnología, lograron comprender los beneficios que trae consigo, por un lado el uso de cultivos genéticamente modificados, los cuales están focalizados en velar por la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible, razón por la cual buscan combatir el cambio climático y los desafíos del consumidor y agricultor (Agro-bio, 2017). Y por otro lado el uso de la clonación como procedimiento científico para crear copias genéticas idénticas de determinados entes biológicos a fin de garantizar su existencia (Klotzko, 2006).

Lo anterior quiere decir, que el número restante de estudiantes, se mantuvo en desacuerdo con dicha subcategoría de *Transgénicos y clonación*, al argumentar su elección por las otras estrategias libres de perjuicios para la salud y para el medio ambiente. Respecto a esto, Seguí (2013) coincide con Jiménez (2003), al culpar a los canales de comunicación, ya que difunden una imagen negativa y riesgosa de dichos procesos, obviando de forma discreta los demás aspectos favorables. Es decir, que los estudiantes le conceden mayor credibilidad a la sociedad, dejándose influenciar por ella a la hora de opinar sobre el tema. Sin embargo, Klotzko (2006) expone que los estudios e informes científicos desmienten que los cultivos transgénicos puedan generar problemas de toxicidad en humanos, plantas o animales y asimismo plantea que la clonación no debe ser considerada como una amenaza a la vida, sino que por el contrario es un arma potencial que podría salvar las especies que se encuentran en vía de extinción.

## 9. Conclusiones

En síntesis, las siguientes conclusiones se levantan a partir de los resultados obtenidos y de la discusión realizada para cada una de las evidencias de investigación. Por tanto, en virtud de la propuesta metodológica empleada, las recomendaciones y las perspectivas del trabajo que se lograron atender, hacemos énfasis en que las conclusiones se plantean en tres elementos:

### 9.1 Concepciones iniciales

Así, establecemos que, en torno a la UBICACIÓN DEL ADN y EL ARN a nivel celular, los y las estudiantes especifican mayoritariamente que se encuentran presente respectivamente en la *Sangre y Virus* dando argumentos a que la sangre la tenemos presente en todo nuestro cuerpo y que el ARN al igual que el ADN es un ácido nucleico, que prima como material genético en algunos virus. Con relación a la **ESTRUCTURA DEL ARN** encontramos que el estudiantado considera de manera significativa las características básicas de la estructura, tal como que es llamado *ácido ribonucleico* y su disposición es de *C. Sencilla-B-N*, al igual que al establecer la **RELACION DEL ARN CON EL ADN** en donde relativamente hacen énfasis en una relación *estructural*, fundamentada en que ambos tienen grupo fosfato, azúcar, adenina, guanina y citosina, pero dejado de lado la relación funcional, en la que mediante procesos tales como el de *Transcripción-Traducción* se transfiere y expresa la información.

En función de lo anterior, las **TECNICAS PARA LA EXTRACCIÓN U OBSERVACIÓN DEL ADN** que el estudiantado emplearía para el estudio del mismo se relacionan con las técnicas de preparación de placas y simple inspección de los fluidos como la sangre a través del *Microscopio* donde se supone que se encuentra el ADN. Esto en apoyo a lo anterior, nos demuestra que el estudiantado principalmente, presenta un arraigado desconocimiento sobre la estructura y composición celular, lo cual les limita valorar aspectos relacionados con la ubicación y relación molecular de las estructuras. En segundo lugar, se les dificulta establecer la relación macroscópica y microscópica entre el tejido sanguíneo, las células y el ADN. Y, en tercer lugar, el desconocimiento de técnicas y procedimientos para la extracción y estudio del ADN que se presenta por el estudiantado,

producto de la desvalorización que desde esta temática durante los procesos de enseñanza y aprendizaje se le da al trabajo experimental, mayormente arraigado a la falta de material biológico, materiales, tiempo e infraestructura. Lo cual nos demuestra, que no evalúan el alcance del desarrollo práctico para valorar las bases de la vida misma, para su cuidado, preservación y reconocimiento.

En este sentido, entorno a la **COMPOSICIÓN, UBICACIÓN ESTRUCTURACIÓN, e IMPORTANCIA BIOLÓGICA** de algunas estructuras como son los cromosomas y los ribosomas, encontramos respecto a esta primera que se componen de **ADN** principalmente formado por células y nucleótidos, así mismo, que se ubican desde una visión muy generalizada al *Interior celular*, que su estructuración es producto del almacenamiento del **ADN** y características físicas como los *telómeros, las cromátidas, los centrómeros y los brazos*, situación en donde se resaltan los aspectos morfológicos, descuidando las bases moleculares que precisan el enrollamiento, empaquetamiento y condensación del ADN. Finalmente, con relación a la **IMPORTANCIA BIOLÓGICA DEL CROMOSOMA Y RIBOSOMA** hallamos que las ideas dan valor agregado a los *procesos celulares y estructura celular*, dado a que estos primeros son los que protegen el ADN mientras que estos segundos son los que se encargan de la alimentación celular.

Desde esta misma línea, sobre **LA RELACIÓN ENTRE EL ALIMENTO CONSUMIDO Y LA SÍNTESIS PROTEICA**, encontramos que los nutrientes de los alimentos que a diario consumimos, son relacionados con la síntesis proteica debido al proceso metabólico que todos estos sufren para la *absorción de nutrientes*. Ahora, en torno a las **CAUSAS DE LA ALTERACIÓN A NIVEL MOLECULAR EN LAS CELULAS DE SOFIA O DE LOS PADRES**, los y las estudiantes manifestaron como posibles causas la *malformación celular*, concepción muy generalizada a nivel microscópico sobre el origen de la malformación, que deja de lado las bases moleculares de la herencia y se centran más a nivel morfológico, en las características fenotípicas, lo que en efecto les impide el establecimiento de la relación genotípica y comprender los mecanismos de transferencia y expresión de los caracteres como en este caso. En efecto, **LA POSICIÓN**

**ASUMIDA FRENTE A LA SITUACIÓN DE ANA**, madre de Sofía quien en su gestación desarrollo malformaciones físicas y mentales, los y las estudiantes inicialmente siempre fue *en contra* en la posibilidad de ejercer algún control de la calidad del feto mediante el campo de la genética, y los sentimientos generados fueron de culpa y reflexión, primero por ignorar consejos, y pensar en sí misma de forma egoísta, habiendo tenido la oportunidad de cambiar, dejar las prácticas nocivas y evitar las malformaciones congénitas del bebé, Sofía.

Ahora, respecto a la parte actitudinal, teniendo en cuenta el proceso de **MANIPULACIÓN GENÉTICA E INGENIERIA GENÉTICA**, como aquel mediante el cual se *conceden rasgos específicos y se altera el material genético*, se agrega o cambia alguna característica de un organismo, encontramos que **LA POSTURA ASUMIDA FRENTE A LOS GRANDES AVANCES EN EL CAMPO DE LA GENÉTICA** fue para el momento inicial consistentemente *en contra*, debido a las creencias religiosas de donde muchos argumentan que no se debería crear o mejorar algo que ya fue creado por Dios, siendo mucho mejor lo creado de forma natural pues todo lo dado argumentos de todo lo que el humano trata de arreglar genéticamente sale mal, razón por la cual, estarían *en contra* de **LOS ADELANTOS DE LA INGENIERIA GENÉTICA** por ser consideradas como practicas malas, que van en contra de la naturaleza y de la vida misma. En efecto, **LAS ESTRATEGIAS EN PRO DE LA CONSERVACIÓN DE LAS ESPECIES**, que plantearon los y las estudiantes se centraron en actividades de *concientización a la población y normatividad*, estando muy alejadas de las practicas biotecnológicas o de ingeniería ambiental de las cuales no están de acuerdo, pues piensan que serán más efectivas las estrategias que mediante campañas de aprendizaje, la búsqueda y resguardo de especies, y creación de leyes y normas se logren proteger la integridad de las mismas, conservar y evitar su extinción.

Igualmente, desde el caso de la cotidianidad como el consumo diario del Arroz lo cual es muy frecuente a nivel departamental, encontramos que las **CAUSAS DEL CAMBIO EN LA CALIDAD DEL ARROZ** que los y las estudiantes concedieron mayormente en sus concepciones iniciales, fue a la *presencia de químicos*, que de acuerdo

al saber popular, y las manifestaciones dadas por el estudiantado han conllevado al desarrollo y propagación de muchos virus y enfermedades en los alimentos, y en efecto han contribuido en el deterioro en la calidad de los productos como el arroz. Pese a la incidencia de los productos químicos en el mantenimiento, desarrollo y progresión de los cultivos, que dentro de sus consecuencias actuales han afectado la inocuidad de los alimentos y la salud de las personas, la posibilidad de manipulación en el laboratorio, la cual en la actualidad es de gran utilización para la mejora de los productos, se vio ausente, y esto mayormente a la incidencia que se le da a los productos químicos, los cuales por el hecho de ser sustancias venenos, pesticidas y antifúngicos que inciden en la salud humana, y en efecto, por el desconocimiento y la falta de información acerca de la utilización y adelantos biotecnológicos dentro de sus modelos mentales, no existe la posibilidad de atribuirles causa alguna

En resumen, podemos inferir que las concepciones iniciales presentes en el estudiantado, pese a que no sean próximas a las planteadas desde el conocimiento y la actividad científica, y dificulten el proceso de enseñanza y aprendizaje, en torno a estructuras, procesos, técnicas y procedimientos propios de la Biología molecular, nos permitirán guiar el proceso para la reestructuración y formación de modelos mentales. Por esto, en apoyo a las situaciones problematizadoras y las prácticas de laboratorio, buscamos facilitar el aprendizaje, movilizar concepciones, construir nuevos conocimientos, desarrollar habilidades de pensamiento y procedimiento científico y actitudes positivas hacia las ciencias, en especial hacia la biología molecular. En virtud de ello, vemos la necesidad de diseñar y desarrollar las secuencias didácticas en beneficio del proceso educativo, y del desarrollo de los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales en torno a esta rama de la ciencia.

## **9.2 Intervención didáctica**

En contraste con lo anterior es preciso decir que la intervención didáctica contribuyó considerablemente en la progresión de las concepciones de los estudiantes sobre Biología Molecular, teniendo en cuenta que se diseñó y aplicó una secuencia de clase basada en la realización de prácticas de laboratorio artesanales y situaciones problematizadoras, las

cuales actuaron en pro del cumplimiento de las finalidades de aprendizaje, desde una perspectiva conceptual, procedimental y actitudinal.

En este sentido, exaltamos en primer lugar los beneficios que trajo consigo la inclusión de las tres prácticas de laboratorio artesanales, dentro de las que se destaca, la primera actividad experimental, denominada “*Extracción del ADN*”, en donde se utilizó material de bajo costo y fácil acceso como salmuera, detergente líquido, extracto de piña y alcohol antiséptico para lograr extraer el ADN de células de la mucosa bucal de los estudiantes, lo cual generó un cambio en la actitud y receptividad de los mismos, frente al estudio de la Biología Molecular, ya que despertó el interés en ellos, al romper con el paradigma tradicionalista de que para obtener este tipo de alcances se requiere de laboratorios convencionales, demostrando posteriormente que dicha estrategia permitió la adquisición de conocimientos, habilidades y actitudes valorativas propias de la actividad científica, tal y como lo demostraron los valores de significancia arrojados para las preguntas asociadas a la ubicación específica del material genético y a las técnicas por las que optarían para observar el ADN, en donde hicieron referencia al procedimiento que siguieron para extraer ADN, confirmando con ello que fueron aprendizajes muy significativos para el estudiante.

Por su parte, las tres situaciones problematizadoras aplicadas en el transcurso de la intervención didáctica, permitieron entrelazar la teoría con la realidad de los estudiantes, abriendo paso a la enseñanza de las ciencias de forma contextualizada, ya que estuvieron basadas en historias muy cortas y llamativas de la vida cotidiana, en donde se veía inmersa una problemática relacionada con el campo de estudio, claro ejemplo la situación problema ¡98 tuyo!, en donde se exponía un caso que involucraba una prueba de paternidad, lo cual captó la atención de los estudiantes, motivándolos a confrontar sus ideas previas con la teoría abordada en clase, lo cual hizo que asumieran posturas más elaboradas y una noción más reflexiva, haciendo uso del vocabulario científico al formular hipótesis o plantear soluciones al problema expuesto, promocionando la autonomía en la toma de decisiones y fortaleciendo la apropiación de nuevos saberes, lo cual repercutió notoriamente en la movilización de las concepciones de los estudiantes, especialmente en aquellas preguntas asociadas a los mecanismos del dogma central de la Biología Molecular, debido a que temáticas como Duplicación y Transcripción se abordaron en base a la resolución de

problemas. Finalmente, damos un valor agregado a los videos, juegos, simuladores, plenarias y demás recursos didácticos que aportaron en la consolidación y estabilidad de los aprendizajes adquiridos.

### 9.3. Comparación concepciones iniciales y finales

Seguido de la intervención didáctica y el desarrollo de las secuencias de clase, realizamos la aplicación nuevamente del cuestionario y con base en ello, comparamos los hallazgos que encontramos, presentados a continuación:

Haciendo referencia a la **UBICACIÓN DEL ADN Y EL ARN**, podemos notar como dentro de sus estructuras mentales, los y las estudiantes han pasado de concepciones muy generales deduciendo a que se encuentran en la *sangre y en los virus* respectivamente, a concepciones más puntuales, indicando al *núcleo-cromosoma* y *núcleo, nucléolo, citoplasma y ribosoma* los lugares en donde consecuentemente se encuentran estos dos ácidos nucleicos. En este sentido, el estudiantado ha logrado crear conexiones semánticas que le ha permitido a partir del reconocimiento de la estructura celular, la funcionalidad e importancia biológica de cada uno de estos componentes moleculares, determinar la posición del material genético quien almacena la información es el núcleo-cromosoma; y del ARN, quien transfiere la información desde el ADN hacia los ribosomas en el núcleo, nucléolo, citoplasma y ribosoma dado los recorridos que realiza como mediador y transmisor en el dogma central de la biología. Así mismo, establecer la relación dimensional entre la disposición cronológica de cada uno de los componentes a nivel celular, así pues, superando la dificultad que presentaban inicialmente acerca de la visión macroscópica y microscópica de la disposición de los ácidos nucleicos a nivel del tejido sanguíneo.

En torno a la **ESTRUCTURA DEL ARN**, hallamos que la caracterización estructural de *C. Sencilla-B.N-Azúcar-Fosfato*, asciende luego de la intervención didáctica, lo que nos permite plantear que el estudiantado, ha logrado la reconstrucción de sus concepciones, especificando factores estructurales mucho más estables y definidos dentro de los que sobresale la disposición de las hebras, las bases nitrogenadas, y el azúcar

que de forma específica para el ARN, la cadena sencilla, las bases Adenina, Guanina, Citosina y Uracilo, son los que determinan la especificidad funcional de transportar y expresar la información génica. Así, superponiendo la característica que mayormente se presentó al inicio *de C. Sencilla-B-N*.

Simultáneamente sucede respecto a **LA RELACION DEL ARN CON EL ADN** en donde encontramos que de la similitud y asociación *estructural* las concepciones pasan a una relación funcional dada a través de los mecanismos de **Transcripción- Traducción**. En este sentido, valoramos la relación estructural establecida por los y las estudiantes al inicio del proceso, pues como punto de partida, ha sido la que le ha permitido al estudiantado comprender la trascendencia e incidencia de esta, en los procesos del dogma central de la biología, los cuales se evidencia que han comprendido satisfactoriamente, pues con base en ellos, establecer que estos componentes son los que intervienen activamente en la transferencia y expresión de la información.

Refiriéndonos a las **TECNICAS PARA LA EXTRACCIÓN U OBSERVACIÓN DEL ADN** desde el punto de vista experimental los y las estudiantes luego de la intervención didáctica han alcanzado cambios significativos, siendo el *Microscopio* una de las técnicas mayormente distintivas en su momento inicial, disminuye su frecuencia en un momento final, través de la descripción y especificación de un *procedimiento* que desde el uso de material biológico, instrumental y procedimental, se acercan a los esquemas planteados por el conocimiento científico en las técnicas para la extracción, manipulación, conservación, y observación efectiva del ADN, lo cual nos permite plantear una progresión significativa en las concepciones de los y las estudiantes, rescatando el desarrollo experimental, la inclusión de practica de laboratorios artesanales, que con bajos costos se permite acercar al estudiantado a conocimientos, procedimientos, métodos, técnicas y actitudes comúnmente utilizadas desde la actividad científica, para el estudio molecular de estas estructuras.

Por otro parte, contemplamos que los factores relacionados a la **COMPOSICIÓN cromosómica** se han mantenido constante el *ADN* como material genético, respecto a la

**UBICACIÓN** al *interior celular* en el *núcleo-nucleoide* y como causas de **ESTRUCTURACIÓN** al proceso de *enrollamiento de ADN* por proteínas. Con ello, damos valor agregado a las estrategias didácticas utilizadas durante la intervención, pues han permitido que las ideas especialmente concedidas a los aspectos generales en torno a la ubicación, función y morfología, en tiempos preliminares a la intervención didáctica, han pasado a ideas más fundamentadas desde el aspecto anatómico, químico y molecular, para dar explicación de los causantes que promovieron la definición estructural del cromosoma, la composición y la ubicación de los mismos a nivel microscópico y molecular.

Seguido, de la **IMPORTANCIA BIOLÓGICA DEL CROMOSOMA Y RIBOSOMA** encontramos que para el caso del cromosoma, las ideas de los y las estudiantes han pasado de una atribución a los *procesos celulares y estructura celular*, a una en donde se define como una estructura que *almacena y transfiere información*, mientras que para el ribosoma, de una atribución dispersa de que *cumple procesos celulares* a la distintiva participación que tiene en el proceso de *síntesis de proteínas*, importante desde el carácter funcional, para la transferencia y expresión de los caracteres hereditarios respectivamente.

Desde **LA RELACIÓN ENTRE EL ALIMENTO CONSUMIDO Y LA SÍNTESIS PROTEICA**, resaltamos el valor agregado que se le da a este primero, el cual, mediante mecanismos de metabolismo, *interviene en la síntesis de AA y proteínas* de acuerdo a las manifestaciones y argumentos dados por los y las estudiantes, así pues pasando de concepciones relacionadas con procesos metabólicos, como lo es la absorción de nutrientes a concepciones más estables y estructuradas en donde plantean una relación de dependencia entre los alimentos, los aminoácidos y la síntesis de proteínas por lo cual, podemos decir, que han comprendido las bases del traspase de la codificación de nucleótidos basada en los aminoácidos que componen las proteínas, durante el proceso de síntesis proteica.

Ahora, con respecto a las **CAUSAS DE LA ALTERACIÓN A NIVEL MOLECULAR EN LAS CELULAS DE SOFÍA O DE LOS PADRES**, los y las

estudiantes manifestaron luego de la intervención didáctica, como posibles causas de la malformación, a una *alteración genética*, dejando de lado *la malformación celular*, inicialmente arraigada al aspecto morfológico y dando valor a la alteración en la producción de proteínas que se da, debido a esta alteración molecular. En este sentido, hemos logrado una aproximación microscópica, con las bases moleculares que definen la expresión de los caracteres físicos y funcionales de los seres vivos lo cual fue lo que les permitió fundar las relaciones fenotípicas y genotípicas de los individuos.

En efecto, **LA POSICION ASUMIDA FRENTE A LA SITUACIÓN DE ANA**, madre de Sofia, quien por su adicción al alcohol afecto el desarrollo genético y morfológico del feto, se mantuvo después de la intervención *en contra* por el estudiantado, quienes, con sentimientos de culpa, pasan de emociones de culpa a pensamientos de reflexión, que les permite conocer las causas que han desencadenado el percance, la incidencia de algunos agentes químicos y sustancias que podrían afectar el desarrollo normal del nuevo individuo y las posibles prevenciones para estos hechos Así, podemos decir a la luz de la didáctica de las Ciencias, que a través del uso de situaciones contextualizadas, hemos posibilitado la promoción de actitudes, concepciones, emociones y experiencias en los y las estudiantes, quienes lograron alcanzar cambios conceptuales, con base a estas y la percepción del mundo subjetivo que tienen a través de sus vivencias.

Por su parte cuando abordamos temáticas relacionadas con la **MANIPULACION GENETICA E INGENIERIA GENETICA**, ha pasado de ser un proceso en donde se *concede rasgos específicos* a ser considerado como aquel mecanismo en donde se *altera el material genético*, lo cual es evidente, que pasan de una concepción arraigada a los aspectos meramente morfológicos a una es apreciada las bases moleculares del proceso, que básicamente consiste en manipular y alterar el ADN. Así pues, **LA POSTURA ASUMIDA FRENTE A LOS GRANDES AVANCES EN EL CAMPO DE LA GENÉTICA** luego de la intervención didáctica ha sido favorecedora, puesto que, pasando de una postura *en contra* a una postura *a favor*, han logrado pese a la importancia moral, social, y cultural que representa este tipo de situaciones, conocer los alcances e implicaciones de esta y con base en ello, dentro de sus estrategias, sea un futuro, llegar a

utilizarla para la preservación de la vida misma. En este sentido mediante la intervención didáctica y el desarrollo estratégico de situaciones problematizadoras y prácticas de laboratorio, logramos generar a parte de la estructuración y promoción de concepciones referentes a la temática, propiciar reflexiones, posturas críticas, y actitudes en pro de las Ciencias, con ello así mismo, la importancia de inclusión de métodos como el de reflexión-acción, propio de las situaciones problemas, la cual permitió la confrontación de ideas previas, favoreciendo los procesos de razonamiento del estudiantado y en sí el aprendizaje.

En virtud de lo anterior, reconocemos que **LAS ESTRATEGIAS EN PRO DE LA CONSERVACION DE ESPECIES**, han sido contempladas luego de la intervención didáctica como mecanismos propicios a los *transgénicos* y *clonación* que dado la influencia global, logra ser una estrategia propicia para la supervivencia y presentación biológica, razón por la cual, resaltamos la intervención didáctica como escenario de aprendizaje que mediante la acción y reflexión continua, permitió que los y las estudiantes reconocieran los beneficios que trae consigo la biotecnología, el uso de organismos modificados genéticamente ante problemáticas alimenticias, ambientales, agrícolas, en salud, entre otras

Con base a las **CAUSAS DEL CAMBIO EN LA CALIDAD DEL ARROZ**, los hallazgos han sido significativos, pues los estudiantes pasando de ideas relacionadas con **la presencia de químicos**, han reconocido, que existen diferentes métodos y técnicas los cuales fundamentadas en la *manipulación en el laboratorio*, logran mejorar la calidad de vida de muchos organismos, y a nivel industrial, la productividad, el desarrollo y mejoramiento alimenticio, farmacéutico, agrícola, ganadero, entre otros que generan impactos no necesariamente negativos y ayudan al mejoramiento de la vida misma. En este sentido, destacamos la intervención didáctica, ya que no solo se logró promover conocimientos de tipo conceptual, sino también el desarrollo de habilidades, capacidades, y actitudes con relación a la Biología y la ciencia misma.

## 10. Recomendaciones

Antes de finalizar, vale pena aclarar que, pese a que los resultados en general de la investigación fueron favorables, consideramos necesario sugerir algunas recomendaciones en base a las dificultades identificadas a lo largo de la intervención didáctica y aplicación de la secuencia de clase, las cuales obligan a replantear ideas al momento de pensar en futuros proyectos educativos relacionados con la implementación de estrategias de enseñanza, ya sea en el ámbito de la biología molecular o en otras áreas del conocimiento.

Así pues, resulta imprescindible indagar y tener en cuenta las ideas previas de los estudiantes, partiendo de su importancia e influencia en la incorporación de nuevos saberes, ya que son construcciones personales de gran valor, que fundamentan sus concepciones sobre diversos fenómenos. Por ende, si se quieren alcanzar aprendizajes significativos, lo primero que se debe hacer es identificar las dificultades de aprendizaje que presenta el estudiantado y en base a ellas, reformar la práctica pedagógica e idear las estrategias didácticas que permitan fomentar el cambio conceptual.

Igualmente, es necesario poner en consideración el hecho de que no hay aprendizaje sin motivación, por lo tanto, se deben establecer mecanismos con los que se logre promover conductas acertadas en el aula y dinamizar el proceso de enseñanza, con el fin de mitigar potenciales como la falta de atención, de elementos, de interés, entre otros, que interfieren en el clima escolar y como consecuencia en la efectividad del aprendizaje.

Por último, pero no menos importante, recomendamos hacer uso de las estrategias utilizadas en el presente proyecto investigativo, es decir de las prácticas de laboratorio artesanales y de las situaciones problematizadoras, las cuales mediaron y favorecieron el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Biología Molecular desde un fundamento teórico-práctico. No obstante, aconsejamos que, si deciden implementar la secuencia de clase, reajusten el tiempo estipulado de la intervención didáctica, de acuerdo a la intensidad horaria de la asignatura en la institución, debido a la complejidad de los tópicos abarcados, lo cual podría garantizar mejores resultados.

## 11. Referencias

- Abreu, V, Castello, K y Vianna, J. (2010). “Pajitex”: una propuesta de modelo didáctico para la enseñanza de ácidos nucleicos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 8 (1), 115-124, 2011
- Acuña, F. 2006. *Química Orgánica*. EUNED. San José, Costa Rica. P.p. 302-312.
- Agro-bio. (2017). *Biotecnología y transgénicos*. Asociación de biotecnología vegetal agrícola. Bogotá.
- Ahued, M. (2011). *La situación problema. Disfrutando el aprender a enseñar*. Guadalajara, México.
- Alberts, Bray, Hopkin, Johnson, Lewis, Raff, Roberts, Walter (2006). *Introducción a la Biología Celular*. 2ª Edición. Ed Panamericana. Buenos Aires.
- Aldana, L. (2012). *La pregunta como estrategia para el aprendizaje de las Ciencias Naturales en el ciclo inicial (grados preescolares, primero, segundo)*. Tesis para optar a título de Magister en enseñanza de las ciencias exactas y naturales. Universidad Nacional de Colombia.
- Alejos, L., Aragón, M. & Cornejo, A. (2015). *Extracción y purificación de ADN*. Pp. 1–26.
- Álvarez V. (2008). *Estudio multidisciplinar de la variabilidad del ADN mitocondrial en poblaciones humanas*. Universidad de Santiago de Compostela. Facultad de Medicina. España. P.p 11-18.
- Amórtegui, E., & Gavidia, V. (2018). *Innovación y reflexiones en la enseñanza de la biología. Una experiencia entre Colombia y España*. Editorial Universidad Surcolombiana, 1ª edición.
- Anderson, L. (2001). *Transgénicos: ingeniería genética, alimentos, y nuestro medio ambiente* (No. 631.523 A547t). Madrid, ES: GAIA Proyecto 2050.
- Antolínez, K.L y Quintero, L.F (2017). *Enseñanza y aprendizaje del mundo bacteriano y fúngico por medio de prácticas de laboratorio dirigidas a estudiantes de noveno grado de la institución educativa José Reinel Cerquera del municipio de Palermo, Huila*. Trabajo de grado presentado para optar al título de Licenciado en Ciencias Naturales: Física, Química y Biología.
- Arceo, F. D. B., Rojas, G. H., & González, E. L. G. (2002). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo: una interpretación constructivista* (p. 465). McGraw-Hill.
- ArgenBio (Consejo Argentino para la Información y el Desarrollo de la Biotecnología). (2013). *Porque biotecnología programa educativo de ArgenBio*. Recuperado en julio de 2013, de <http://www.porquebiotecnologia.com/>
- Arroyo, G. (2011). *La enseñanza y capacitación en Biotecnología desde la perspectiva de la Educación General*. *Revista UMBRAL*. Universidad de Puerto Rico. Recinto de Río piedras. P.p 66-78. ISSN 2151-8386
- Asencio G y J, Aguilar (2010). *Importancia de las propiedades Físicoquímicas de los Aminoácidos en la predicción de Estructuras de Proteínas usando vecinos más cercanos*. ESTYLF. Universidad Pablo de Olavide, Huelva, España.
- Audersik, T., & Audersik, G. (1996). *Biología. La Vida en la Tierra*. México: Prentice Hall.
- Ausubel, D. (1983). *Psicología de la Educación*. México: Trillas.
- Ayala, C, Martin C. (1996). *Las concepciones de los alumnos acerca de qué aprenden y cómo lo hacen*. Dialnet.

- Ayuso, E. y Banet, E. (1995). Introducción a la Genética en la enseñanza secundaria y bachillerato: I. contenido de enseñanza y conocimientos de los alumnos. Facultad de Educación, Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Campus de Espinardo. Murcia.
- Ayuso, E., Banet, e. y Abellán, t. (1996). Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y el bachillerato. II. ¿Resolución de problemas o realización de ejercicios? Enseñanza de las Ciencias, 14(2), pp. 127-142.
- Ayuso, E., y Banet, E. (2002). Alternativas a la enseñanza de la genética en educación secundaria. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Campus de Espinardo. Enseñanza de las Ciencias, 20(1), pp. 133-139.
- Ayuso, E. y Banet, E. (2002). Conceptos de la herencia Biológica e el aprendizaje de la evolución. Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales. Abril- Junio IX (32) 39-47.
- Banet, E. y Ayuso, G.E. (1995). Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y bachillerato: I. Contenidos de enseñanza y conocimientos de los alumnos. Enseñanza de las Ciencias, 13(2), pp. 137-153.
- Banet E, y Ayuso G.E. (2000). Teaching Genetics at Secondary School: a strategy for teaching about the localitation of Inheritance information. Science Education, 84(3), pp. 313-351.
- Banet, E. (2000). Didáctica de las Ciencias Experimentales: Enseñanza y Aprendizaje del Conocimiento Biológico. Universidad de Murcia. España: Marfil S.A.
- Barberá, O. y Valdés, P (1996). El Trabajo Práctico en la enseñanza de las Ciencias: Una revisión. Enseñanza de las Ciencias, 14 (3), P.p 365-379.
- Barriga, Á D. (2013). guía para la elaboración de una secuencia didáctica. recuperado el 10 de junio de 2017, de UNAM, comunidad de conocimiento: [http://www.setse.org.mx/ReformaEducativa/Rumbo%20a%20la%20Primera%20Evaluaci%C3%B3n/Factores%20de%20Evaluaci%C3%B3n/Pr%C3%A1ctica%20Profesional/Gu%C3%ADa-secuencias-didacticas\\_Angel%20D%C3%ADaz.pdf](http://www.setse.org.mx/ReformaEducativa/Rumbo%20a%20la%20Primera%20Evaluaci%C3%B3n/Factores%20de%20Evaluaci%C3%B3n/Pr%C3%A1ctica%20Profesional/Gu%C3%ADa-secuencias-didacticas_Angel%20D%C3%ADaz.pdf)
- Bautista, J. y López, N. (2002) El juego didáctico como estrategia de atención a la diversidad. ISSN-1577-9831, Núm. 4.
- Benegas, I. (2008). La Ciencia, la ética y la moral más allá de lo religioso. Colegio Secundario Jean Piaget, Neuquén. Argentina.
- Bennett, J., Lubben, F. & Hogarth, S. (2007). Dando vida a la ciencia: una síntesis de la evidencia de investigación sobre los efectos de los enfoques basados en el contexto y STS para la enseñanza de la ciencia. Revista enseñanza de las ciencias, 91. Pp. 347-370.
- Bernal, S (2013). Unidad didáctica: Tecnología del DNA recombinante para la enseñanza de algunos conceptos en Biología Molecular. Trabajo para optar al título de Licenciado en Biología. Universidad Pedagógica Nacional Facultad de ciencia y tecnología Departamento de Biología Línea de Investigación Biotecnología y Educación. Colombia.
- Berretti, M. (2017). Genética: en 100 preguntas. Ediciones Nowtilus S.L. Madrid.
- Boyero, A. R., Martín, I. R., Núñez, V. G., & Rodríguez, R. R. (2002). Conceptos básicos de la estructura génica. Regulación de la expresión génica. Medicine-Programa de Formación Médica Continuada Acreditado, 8(82).
- Briceño, E.A. (2014). Propuesta didáctica para la enseñanza de la genética en grado octavo en la Institución Educativa Distrital Manuelita Sáenz. Universidad Nacional de

- Colombia, Facultad de Ciencias. Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Magíster en Enseñanza de las ciencias exactas y naturales la Bogotá, Colombia.
- Brousseau, G. (1986). Fundamentos y Métodos de la didáctica de la matemática. Facultad de matemática, astronomía y física. Universidad Nacional de Córdoba.
- Brown, A.L. (1992): «Experimentos de diseño: Desafíos teóricos y metodológicos en la creación de intervenciones complejas en entornos de aula. El Diario de las Ciencias del Aprendizaje. Vol. 2, pp. 141-178.
- Brown, J.S.; Collins, A.; Duguid, P. (1989). La cognición y la cultura del aprendizaje, *Educational Researcher*, n. 18, pp. 32-42.
- Brown T. (2008). Genomas. Ed. Médica panamericana. 3ª ed. Buenos Aires, P.p. 539- 547
- Buitrago, T. H. (2009). Biblioteca General, Pontificia Universidad Javeriana, Tesis. Recuperado el 8 de junio de 2017, de la secuencia didáctica en los proyectos de aula: un espacio de interrelación entre docente y contenido de enseñanza.: <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/educacion/tesis59.pdf>
- Burriel, V (2008). Estructura y propiedades de los ácidos nucleicos. Química aplicada a la ingeniería biomédica. Master en ingeniería biomédica. P.p 3-4.
- Caamaño, A. (2003). “Modelos híbridos en la enseñanza y el aprendizaje de la química”, *Alambique*, 35, pp. 70-81
- Caballero, M. (2008). Algunas ideas del alumnado de secundaria sobre conceptos básicos de genética. *Enseñanza de las ciencias*, 234,237.
- Cabrejos, M., Tamayo, E., & Maldonado, E. (2001). Análisis molecular del proceso de la transcripción en genes eucariontes. *Revista chilena de pediatría*. Vol.72. Núm. 5. Santiago de Chile.
- Campanario, J. M. (1998). El desarrollo de la Metacognición en el aprendizaje de las Ciencias: Estrategias para el profesor y actividades orientadas al alumno. *Enseñanza de las Ciencias*. 18(3), 369-380.
- Campanario y Otero. (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: Las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. *enseñanza de las ciencias*, 156-158.
- Campbell, Mitchel, y Reece (2001). *Biología: conceptos y relaciones*. 3ª ed. Pearson Educación, México. P.p. 186-188
- Campos P, M Bazán, Puig S, D Torres, Zapatero M, A Fernández, Sáez B, E de la Rubia, Rodríguez R, R Pintó y Gullón J. (2003). *Biología*. Limusa, Vicens lives. México P.p 183-184.
- Campuzano, S., Mejía, D., Madero, C., & Pabón, P. (2015). Determinación de la calidad microbiológica y sanitaria de alimentos preparados vendidos en la vía pública de la ciudad de Bogotá DC. *Nova*, 13(23).
- Cañal, P. (2011). *Biología y Geología. Complementos de formación disciplinar*. Vol.1. Graó.
- Cañal, P. (2011). Competencia científica y competencia profesional en la enseñanza de las ciencias. En Caamaño, A. (coord.). *Didáctica de la física y la química. Formación del profesorado. Educación secundaria*. 5 vol. II. Barcelona: Grao.
- Cañete, V., R. (2016). Animales utilizados en experimentación; necesidad de su protección. Centro provincial de higiene, epidemiología y microbiología. Matanzas, Cuba. *Revista Médica Electrónica*. Vol. Núm. 4. ISSN 1684-1824.

- Carbajal, A. (2002). Digestión de los alimentos y absorción de nutrientes. Manual de nutrición. Universidad Católica de Manizales: UCM.
- Cárdenas, O. (2014). Biología Celular y Humana. Ed Ecoe. 1ª edición. Bogotá, Colombia. P.p. 250
- Carpi, A., & Egger, A. (2008). “La experimentación en la investigación científica”. Visionlearning, vol. POS-1(7).
- Castrillón G, & Amórtegui E. (2014) *Concepciones sobre el concepto mutación en estudiantes de noveno grado el Instituto Nacional de Educación Media Inem “Julián Motta Salas”, Neiva, Huila*. Experiencias en la enseñanza de las ciencias naturales y formación inicial de maestros en el departamento del Huila. Universidad Surcolombiana.
- Castro, J y Valbuena, E. (2007). ¿Qué Biología Enseñar y cómo Hacerlo? Hacia una Resignificación de la Biología Escolar.
- Celis, G.A. (2013). Diseño e implementación de una estrategia didáctica para la enseñanza y el aprendizaje de la biotecnología aplicada a temas ambientales: un estudio de caso con alumnos de grado décimo de la institución educativa sol de oriente. Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de: Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia.
- Cervantes, J. (2003). Obtención de ácido desoxirribonucleico (ADN) útil para análisis genético. Revista Médica Herediana. Versión On-line ISSN 1729-214X disponible en la biblioteca virtual Scielo. Lima, Perú.
- Chacón, P. (2008) El juego didáctico como estrategia de enseñanza y aprendizaje ¿Cómo crearlo en el aula? Revista Nueva Aula Abierta. Núm. 16.
- Chamizo, J. (2006) Modelación Molecular. Estrategia Didáctica Sobre La Constitución De Los Gases, La Función De Los Catalizadores Y El Lenguaje De La Química. Investigación temática. RMIE, octubre diciembre 2006, Vol. 11, Núm. 31, Pp. 1241-1257
- Chaparro, A. (2014). La ingeniería genética de plantas en Colombia: un camino en construcción. Departamento de Biología. Instituto de genética, Universidad Nacional. Bogotá, Colombia.
- Chappelle A. (2009). Cómo entender la genética. Una guía para pacientes y profesionales médicos en la región de nueva York y el atlántico medio. Capítulo 2. Genetic Alliance. P.p. 11-14
- Claros, G. (2003). Aproximación histórica a la biología molecular a través de sus protagonistas, los conceptos y la terminología fundamental. Panace@, 4(12), 168-179. Recuperado de <http://www.medtrad.org/pana.htm>.
- Coll, C.; Del Rio, M.J.; Sarabia, B. y Valls, E. (1992). Los contenidos en la Reforma. Madrid: Santillana.
- Córdoba, L. (2012). Valoración de la usabilidad técnica y didáctica de los simuladores de laboratorio virtual para la Biología Molecular DBI-UPN. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Correa, M. (2012). Estado del arte sobre los trabajos prácticos en la enseñanza de la biología (2004-2008): un aporte a la formación docente. Tesis de Maestría. Departamento de Postgrados. Universidad Pedagógica Nacional. P.p 412
- COSCE. (2015). Documento sobre el uso de animales e investigación científica. Confederación de Sociedades Científicas de España.

- Couso, D. (2013). La elaboración de unidades didácticas competenciales. *Alambique Didáctica de las ciencias experimentales*. núm. 74.
- Creswell, J. (2005) *Educational research: Planning, conducting, and evaluating quantitative and qualitative research*. (2a. ed.), en Hernández, S.; Fernández; Baptista (2006). *Metodología de la Investigación*. Cuarta Edición. Bogotá: Mc Gran Hill.
- Crozier, R. (2001). Diferencias individuales en el aprendizaje, personalidad y rendimiento escolar. Ed Narcea. Madrid, España P.p 79-80.
- Cuéllar, L. Z. (2009). las concepciones alternativas de los estudiantes sobre la naturaleza de la materia. *revista iberoamericana de educación*, ISSN: 1681-5653, 1-2.
- Curtis H y Barnes S. (2000) *Biología*. Ciudad de México. Editorial Panamericana 6 Edición.
- Curtis, H & Schnek A. (2008). *Biología*. Médica Panamericana. 7ª Edición. Madrid, España. P.p. 192-206.
- Davidson J & Adams R. (1980). *Bioquímica de los ácidos nucleicos de Davidson*. Ed Chapman and Hall. London. Adaptada por Guerrero R, *Bioquímica de los ácidos nucleicos de Davidson*. Ed Reverte Departamento de Microbiología. Universidad Autónoma de Barcelona.
- Del Alba, J. (1964). *Reproducción y genética animal*. Instituto Interamericano de ciencias agrícolas de la O.E.A. 1ª edición. Turrialba, Costa Rica. P.p.142.
- Del Carmen, L (2000). Los trabajos prácticos. en: Perales J y Cañal P (coord.) *didáctica de las ciencias experimentales*. editorial marfil Alcoy: España.
- Del Carmen, L. (2011). El lugar de los trabajos prácticos en la construcción del conocimiento científico en la enseñanza de la biología y la geología. En Caamaño, A. (coord.). 2011. *Didáctica de la biología y la geología*. Formación del profesorado. Educación secundaria. 2 vol. II. Barcelona: Grao.
- Delgado Noguera, M. (1991). *Los estilos de enseñanza en la Educación Física*. Granada, Universidad de Granada.
- Delgado, M. (2014). *Diseño e implementación de una propuesta didáctica para la enseñanza - aprendizaje del DNA, RNA y proteínas empleando las tics y el modelo de miniproyectos a los estudiantes de noveno grado de la institución educativa José María Velaz de la ciudad de Medellín*. Universidad nacional de Colombia sede Medellín, Facultad de Ciencias Básicas, Maestría en enseñanza de las ciencias exactas y naturales. Medellín, Colombia.
- Devlin, T. (2004). *Bioquímica: libro de texto con aplicaciones clínicas*. Ed Reverte. Cuarta edición. Barcelona, España. P.p 37-40.
- Díaz, B., F. (2010). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo*. Editorial McGraw-Hill. México.
- Diez, D. (2006). El concepto de gen y cromosoma, conocimiento estructurante de la Biología. Algunas aportaciones desde la investigación en enseñanza de las Ciencias. *Revista de Investigación No 59*. Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Caracas.
- Echeverri, X. (2005). Reflexión sobre la facilitación del aprendizaje experiencial. *Internacional del Magisterio, Educación y Pedagogía*.
- Educar, (2013). *Proyecto Genoma Humano: Aportes para la enseñanza en el nivel medio*. Ministerio de Educación de la Nación Argentina. Consultado el 24 de junio de 2018 de: <http://aportes.educ.ar/>

- Elórtegui, S., & Moreira-Muñoz, A. (2009). La Escuela Puertas Afuera. *Revista Chagual*, 7, 61-68
- Escarabajal, M. (2003). Alteraciones genéticas relacionadas con el alcoholismo. Área de Psicobiología. Universidad de Jaén. Jaén, España. *Revista de Neurología*, 37 (5): 471-480.
- Espinoza J. (2003). El Genoma Humano y sus implicancias Jurídico Penales dentro de La Antropología Jurídica. Tesis digitales Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Tesis para optar el grado académico de Magister en Derecho con mención el Ciencias Penales. Lima, Perú. P.p 13-25.
- estrategia de la enseñanza de la biología. *Enseñanza de las Ciencias*, 8(3), p. 223-230.
- EuroGentest. (enero de 2008). Información gratuita sobre pruebas genéticas. Recuperado el junio de 2017, de Anomalías Cromosómicas.: [http://www.eurogentest.org/fileadmin/templates/eugt/leaflets/pdf/spanish/chromosome\\_changes.pdf](http://www.eurogentest.org/fileadmin/templates/eugt/leaflets/pdf/spanish/chromosome_changes.pdf).
- Falconer, D. S. (1989). Introducción a la Genética cuantitativa. Editorial Longman, 3a. ed. Londres.
- Faradori, C., A y Lagos, L., M. (2003). La larga historia de una molécula: El ADN, ISSN 0370-4106. Santiago de Chile.
- Fernández, N.; Marcangeli, M. y Romero, C. (2011). Análisis de las estrategias de enseñanza de los docentes de Ciencias Naturales en dos escuelas públicas medias de Tierra del Fuego. *Tecné, Episteme y Didaxis: TEA*. Número extraordinario: 1381-1386.
- Fernández, N. E. (2013). Los Trabajos Prácticos de Laboratorio por investigación en la enseñanza. *Revista de Educación en Biología*. Vol. 16 N.º 2.
- 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*.
- Flores, L., González, R., y Aravena, J. (2010). *Biología 4*. Editorial Santillana. Bogotá. Colombia.
- France, B. (2007). Ubicación y posicionamiento de la Biotecnología en la educación para el siglo XXI. *Studies in Science Education*, 43, (1), 88-122.
- Frazer, M.J, (1982). Solución de problemas químicos, *Revisión de la Sociedad Química*, 11(2), p. 171- 190.
- Furió C y Furió C. (2000). Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los procesos químicos. *Educación química*. 11(3), 300-3008
- Futuyma, D. J. (1979). *Biología Evolutiva*. Editorial Sinauer, Massachusetts.
- Gagliardi, R. (1986). Los conceptos estructurantes en el aprendizaje por investigación. En: *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (1), pp. 30-35.
- Gagliardi, R. (1988). Cómo utilizar la historia de las ciencias en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*. 6(3), p 291-296
- Gagne, R.N. 1971. *Las condiciones del aprendizaje*. Aguilar, Madrid.
- Gallego, D., Celis, G. y Arias, G. (2010). Red de Maestros: un espacio para enriquecer y mejorar la enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales. *Biografía: Escritos sobre la biología y su enseñanza*, 3(4), 107–116.
- Gallego, D. (2015). Diferencia entre biotecnología tradicional y moderna. España.

- Gamboa, M. (2003). La formación científica a través de la práctica de laboratorio. Umbral Científico. Diciembre Núm. 3. Universidad Manuela Beltrán. Bogotá. Colombia. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30400302>
- García, A y Gil. (2006). Entornos constructivistas de aprendizaje basados en simulaciones informáticas. Revista electrónica de enseñanza de las Ciencias. 5(2).
- García, D. M (2015). Trabajos prácticos artesanales para la enseñanza - aprendizaje del mundo microscópico biológico en estudiantes de octavo grado de la institución educativa “María cristina Arango de pastrana de la ciudad de Neiva, Huila. Trabajo de grado presentado para optar al título de Licenciado en Ciencias Naturales: Física, Química y Biología.
- García, L. T. (2013). La Enseñanza de la Biología Molecular a través de prácticas de laboratorio en la Licenciatura en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional-Centro Valle de Tenza. (Zutatenza – Boyacá). Biografía. *Escritos sobre la biología y si enseñanza*. Edición Extraordinaria. ISSN. 1ISSN 2027-1034 P.p 291 – 299 Memorias del VII Encuentro Nacional de Experiencias en la Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental y II Congreso Nacional de Investigación en la Enseñanza de la Biología
- García, M.A, Valdez L y Gómez Z (2008). Integración de visualización científica molecular en el salón de clases. Quim. Nova, Vol. 31, No. 8, 2184-2189, 2008.
- García, P.A (1983). Fundamentos de nutrición. EUNED. 1ª Ed. San José, Costa Rica. P.p. 41-43.
- Garrido, A. J Teijón J, D Blanco, Villaverde C, C Mendoza, y Ramírez, J. (2006). Fundamentos de Bioquímica Estructural. 2ª Edición. Ed. Tebar. Pp. 444.
- Gil, D., Dumas, A., Caillot, M., Martínez Torregrosa, J. y Ramírez, L. (1988). La resolución de problemas de lápiz y papel como actividad de investigación. Investigación en la Escuela, 6, pp. 3-20.
- Gómez, T., Molano, O., & Rodríguez, S. (2015). La actividad lúdica como estrategia pedagógica para fortalecer el aprendizaje de los niños. Trabajo de grado para optar al título de licenciado en pedagogía infantil. Universidad del Tolima.
- Gonzales, F. (2009). La evolución de Darwin al genoma. Cátedra de divulgación de la ciencia. Universidad de Valencia, España.
- González L, M. (2013). Concepciones del aprendizaje. Recuperado de Revista Vinculando: <http://vinculando.org/educacion/concepciones-del-aprendizaje.html>.
- González M.I. y A.M Rodríguez. (1997). Métodos experimentales para el estudio de los genomas. Departamento de Biología Celular y Molecular. Universidad de A Coruña. España.
- González, J. (2000). Hipertextos del área de la Biología. Universidad Nacional del Nordeste, Argentina, Facultad de Ciencias Agrarias. Recuperado el 15 de junio de 2017, de La Replicación del ADN: <http://www.biologia.edu.ar/adn/adntema1.htm>
- González, J. (2014). Enseñanza del Dogma Central de la Biología Molecular mediante el uso de laboratorios integrados a estudiantes de educación media. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ingeniería y Administración. Trabajo final de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de: Magister en la Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales. Palmira, Colombia.
- González, W. (2009). Recolección de datos en una investigación. recuperado el julio de 2017, de técnicas de recolección de datos: <http://recodatos.blogspot.com.co/2009/05/tecnicas-de-recoleccion-de-datos.html>

- Govindarajan R. (2009). El desorden sanitario tiene cura: Desde la seguridad del paciente hasta la sostenibilidad del sistema sanitario con la gestión por procesos. Ed. Marge. 1ª Edición. España. 79-81
- Guevara, P., G. (2004). ADN: Historia de un éxito científico. Revista Colombiana de Filosofía de la ciencia Vol. 3. ISSN 0124-4620, Universidad El Bosque. Bogotá, Colombia.
- Guinn G. (1966). Extracción de ácidos nucleicos de material vegetal liofilizado. *Fisiología de las plantas*. 41: 689-695.
- Hargreaves, A. (1996). Profesorado, cultura y modernidad. Madrid: Morata.
- Hargreaves, A. (1998). The emotions of teaching and educational change. *International handbook of educational change*. Kluwer Academic Publishers, pp. 558-575.
- Harlen, W (1998). Enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Ed. Morata. Segunda Edición.
- Hermida, S. (2017). Catálogo de recursos educativos. Experimentos para pequeños. Unión europea.
- Hernández, E. (2000). La enseñanza y el aprendizaje del conocimiento biológico. *Didáctica de las ciencias experimentales: teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias*. Ed Marfil 449-478.
- Hernández, P. (2002). Los moldes de la mente. Más allá de la inteligencia emocional. Tenerife: Tafor.
- Hernández, S.; Fernández; Baptista (2006). Metodología de la Investigación. Cuarta Edición. Bogotá: Mc Gran Hill.
- Hodson, D. (1992a). Evaluación del trabajo práctico. Algunas consideraciones en filosofía de la ciencia. *Ciencia y Educación*, 1, pp. 115-144.
- Hodson, D. (1992b). Redefinir y reorientar el trabajo práctico en la ciencia escolar. *Revisión de la ciencia de la escuela*, 73(264), pp. 65-78.
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (3), pp. 299-313.
- Ibáñez, M. T. y Martínez Aznar, M. M. (2005). Solving problems in genetics (II): Conceptual restructuring. *International Journal of Science Education*, 27(12), pp. 1495-1519.
- Íñiguez, F. (2005). La Enseñanza de la Genética: Una Propuesta Didáctica para la Educación Secundaria Obligatoria desde una Perspectiva Constructivista. (Tesis Doctoral). Universidad de Barcelona. Barcelona, España.
- 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). pp 207-327. Barcelona, España.
- Invitrogen. (2005). Libro fuente de cuantificación y purificación de ácidos nucleicos. Invitrogen Industries, EE. UU.
- Izquierdo, M (1999). Fundamentos y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales, en enseñanza de las Ciencias, Vol. 16. P.p. 46-61.
- Izquierdo, M.; Sanmartí, N. (2000): Enseñar a leer y escribir en el área de Ciencia, en Jiménez, M.P; Caamaño A, Oñorbe A, Pedrinaci E, Pro A. (2003). Enseñar Ciencias. Ed Grao, de Irif, SL. Barcelona, España.
- Jessup, M. (2000) Resolución de problemas y enseñanza de las Ciencias Naturales. Universidad Pedagógica Nacional.
- Jiménez A., M. P., Caamaño, A, Oñorbe, A., Pedrinaci, E. & de Pro, A. (2003). Enseñar Ciencias, Primera edición, Barcelona. España. 240 pp.

- Jiménez, L; Merchant, H. (2003): *Biología celular y molecular*. Pearson educación. México. P.p. 23-33, 405-406.
- Jiménez, A; Bugallo, A y Duschl, F. (2000). La enseñanza de la genética en la escuela secundaria. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, (2), 3.
- Kempa, R.F. 1986, Resolución de problemas de química y estructura cognoscitiva. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(2), p. 99-110.
- Kerlinger, F. N y Lee, H. B (2002). *Investigación del comportamiento: Métodos de investigación en ciencias Sociales*. México: McGraw. Hill Interamericana Editores.
- Klotzko, A. (2006). ¿Quieres clonarte? Ciencia y ética de la clonación humana. Catedra de divulgación de la Ciencia. Universidad de Valencia, España.
- Labrador, J. (2008). El juego en la enseñanza de ELE. *Glosas didácticas*. Revista electrónica internacional. ISSN 1576-7809. Núm. 17.
- Láñez, E. (2000). Medio ambiente e ingeniería genética. *Biología, sociedad y ética*. Instituto de biotecnología, Universidad de Granada, España.
- Larsen W (2003). *Embriología Humana*. Ed. Elsevier. 3ª edición. Madrid, España. P.p 4-5.
- Lewin, B (2007) *Genes*. 2a Edición. Volumen 2. Ed Reverte. Versión española, Sevilla, España. P.p.710-717
- Lewis, J., Leach, j. y Wood-Robinson, C. (2000). Chromosomes: Young people's understanding of Mitosis, Meiosis, and Fertilisation. *Journal of Biological Education*, 34(4), pp. 89-199.
- Lida C., Arango, J., Ayala, J. (2011). Enseñanza de las ciencias naturales, la importancia de la relación pedagógica en la clase de biología molecular. *Revista Orinoquia - Universidad de los Llanos - Villavicencio, Meta. Colombia Volumen 15 - No 2*.
- Lock, R. (1996). *Biotecnología e Ingeniería Genética: Conocimiento y actitudes del Estudiante: Implicaciones para la enseñanza de temas polémicos y comprensión pública de la ciencia*. En G, Welford; J, Osborne & P, Scott (Ed.), *Investigación en educación científica en Europa. Asuntos actuales*. Londres: Falmer Press.
- López, M. (2004). La intervención didáctica. los recursos en educación física. *Enseñanza & Teaching: Revista Interuniversitaria de Didáctica.*, Vol. 22. ISSN: 0212-5374. © Ediciones Universidad de Salamanca. Pág. 8-9.
- Lorente, A., J. (1997). Nuevas perspectivas en paleopatología a través de la genética. Actualización conceptual y metodológica. *Memorias del IV congreso nacional de paleopatología*. ISBN 84-920249-5-X, págs. 125-140. Madrid, España.
- Lucumí, A. (2015). Retos en la enseñanza de la biología molecular y la bioquímica en las carreras del área de la salud, *Revista Boletín Redipe*. Volumen 4.9. ISSN 2266-1536.
- Serrano, L Batanero, C Ortiz J y Cañizares M, (2001). Concepciones de los alumnos de secundaria sobre modelos probabilísticos en las secuencias de resultados aleatorios. *Revista Suma*, 23,24.
- Luque, J y Herráez, A (2001). *Texto Ilustrado de Biología Molecular e Ingeniería Genética: conceptos, técnicas y Aplicaciones en ciencias de la salud*. España: Elsevier.
- Luque, M. V. (2009) *Estructura y propiedades de las proteínas*. España: [Consultado el 02 de noviembre de 2018]. Disponible en: [http://www.uv.es/tunon/pdf\\_doc/proteinas\\_09.pdf](http://www.uv.es/tunon/pdf_doc/proteinas_09.pdf).
- Macarulla J y Goñi, F (1994). *Bioquímica humana: curso básico*. Ed Reverte, 2ª Ed. Barcelona, España. P.p. 114.
- Macip, S y Willmott, C. (2015). Jugar a ser Dios. Los dilemas morales de la Ciencia. Cátedra de divulgación de la Ciencia. Universidad de Valencia, España.

- Maggiolo, J. (2011). Tabaquismo durante el embarazo. *Revista Neumología Pediátrica*, 6(1), 12-15.
- Marco B, y M Ibáñez (2007). *Fronteras de la ciencia. Formación ciudadana en secundaria*. Ed Narcea. Madrid, España. P.p 54-57.
- Márquez, D. (2008). Residuos químicos en alimentos de origen animal: problemas y desafíos para la inocuidad alimentaria en Colombia. *Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 9(1), 124-135. Tomado de Redalyc: Sistema de Información Científica.
- Marsh, V. (2005). La reproducción asexual implica la extinción de cualquier especie. Una investigación sobre un hongo comprueba las ventajas evolutivas de las relaciones sexuales. *Revista Electrónica de Ciencia, Tecnología, Sociedad y Cultura*. ISSN 2174-6850/ 30 años divulgando conocimiento.
- Marzábal, A. (2011). Algunas orientaciones para enseñar ciencias naturales En el marco del nuevo enfoque curricular. *Horizontes Educativos* 16 (2), 57-71.
- Medina, N y Urazán, R. (2015). *Elaboración, Implementación y Evaluación de Material Didáctico Para la Enseñanza de las Temáticas de Genética y Evolución en Grados Noveno en dos colegios rurales de la ciudad de Bogotá*. Bio – grafía. Escritos sobre la Biología y su Enseñanza. ISSN 2027.
- Mellado, V. (1996). concepciones y prácticas de aula de profesores de ciencias, en formación inicial de primaria y secundaria. *Enseñanza de las ciencias*.
- Mellado, V., Borrachero, A., Brígido, M., Melo, L., & Dávila, M. A. (2014). Las emociones en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 32(3), 11-36.
- Mellado, V., Costillo, E., Borrachero Cortés, A., & Brígido, M. (2013). Las emociones sobre la enseñanza-aprendizaje de las ciencias y las matemáticas de futuros profesores de Secundaria. *Revista EUREKA sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 10, pp-514.
- Melo S C., Mondragón C, Wilches F, Valbuena E, Bolaños P, Celis L. (2001). *Desarrollo de proyectos escolares en biotecnología. Propuesta de trabajo para la enseñanza aprendizaje de las ciencias naturales en el nivel de educación media*. Bogotá Colombia.
- Melo V, y Cuamatzi, O. (2007) *Bioquímica de los procesos metabólicos*. Ed Reverte. 2ª Edición. México. P.p. 76-99.
- Melo, A. (2013). *Estrategias pedagógicas para el conocimiento de la conservación y sostenibilidad ambiental en la corporación educativa del litoral, Barranquilla, Atlántico-Colombia*. Tomado de Dialnet Plus: Base de datos de Ciencias Sociales y Humanidades. SNN 2266-153.
- Mendoza, B. (2017). *La historia de la ciencia, ¿Qué es y para qué sirve?* Editorial Elsevier, Vol. 21. Núm. 2. pp78-132.
- Meyer, W., Rowan, B. (1977) *Organizaciones institucionalizadas: Estructura formal como mito y ceremonia*. La Revista Americana de Sociología.
- Miles, M. B y Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook*. 2ª ed. Thousand Oaks: Sage Publications.
- Monge, J; Gómez P, y Rivas, M. (2002). *Biología general*. 1ª ed. EUNED. Costa Rica. P.p. 130-131.
- Monsalve, CM (2014). *La variabilidad genética de la Persea americana M.: un estudio sobre la enseñanza de la biología molecular desde el laboratorio en grado 10º*.

- Memorias del VIII Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental. III Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología. Bio-grafía. Escritos sobre la Biología y su Enseñanza. ISSN 2027 Edición Extraordinaria. P.p. 1400-1411. Medellín, Colombia.
- Montino, M., Petrucci, D., Ure, J. E., alemán, A., & Pérez, S. M. (2011). Una propuesta de trabajos prácticos de laboratorio que favorece el aprendizaje de conceptos. sistema de información científica redalyc, 824-829.
- Morán, A. (2013). ADN, genes y cromosomas. Blog de ciencias médicas. Tomado de [www.dciencia.es/adn-genes-cromosomas/](http://www.dciencia.es/adn-genes-cromosomas/)
- Morcillo, G, E Cortés y García J.L (2013). Biotecnología y Alimentación. Ed UNED. Madrid, España.
- Moreira, M. A., Greca, I. M., & Palmero, M. L. R. (2002). Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza & aprendizaje de las ciencias. Revista brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2(3).
- Moreno, R. (2014). Desarrollar una estrategia didáctica constructivista a partir de los conceptos de gen y cromosoma que permitan una mejor comprensión de la herencia biológica en el grado noveno del seminario menor de la Arquidiócesis de Medellín. Monografía para optar al título en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia.
- Muñoz, N. (2013). Diseño e implementación de una estrategia didáctica para la enseñanza-aprendizaje de la Organización celular en el grado sexto, para generar aprendizaje significativo en estudiantes del grupo 6j del Liceo Salazar y Herrera. Trabajo para optar al título de Magister en Enseñanza de las ciencias exactas y naturales, Universidad Nacional de Colombia-sede Medellín. Recuperado del Repositorio institucional UN.
- Narváez, E (2014). Resolución de situaciones problema en genética, como estrategia para aumentar los niveles de comprensión en educación básica secundaria. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ingeniería y Administración Escuela de Posgrados Palmira, Colombia. Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de: Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales.
- Nieda, J. (1994). Algunas minucias sobre los trabajos prácticos en la enseñanza secundaria, Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales, 2, Pp. 15-20.
- Novack, J.D. 1988. Constructivismo humano: un Consenso emergente. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), p 2 13-223.
- Obaya A y Ponce R (2010). Evaluación del aprendizaje basado en el desarrollo de competencias. ContactoS 76, 31-37.
- Ocelli, M. (2013). La enseñanza de la biotecnología en la escuela de secundaria y su abordaje en los libros de texto. Maestría en Educación en Ciencias Experimentales y Tecnología. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.1a Ed. Universidad Nacional de Córdoba, ISBN: 978-950-33-1089-2.
- Ocelli, M (2011). La enseñanza de la Biotecnología en la escuela secundaria y su abordaje en los libros de texto: un estudio en la ciudad de Córdoba. Revista de Educación en Biología, Volumen 14 (2). Argentina.
- Oliva, R. Ballesta F; Oriola J y Clária J (2004) Genética médica. 1ª ed. Edicions Universidad de Barcelona, España. P.p. 120-121

- Orbiza, M. (2016). Enseñar genética en la escuela “desde el ADN hasta los caracteres”. Revista para profesores de educación básica: *Correo del maestro*, núm. 235, P.p 29-35.
- Orozco, E. (2008). Así estamos hechos... ¿Cómo somos?: De la lectura del genoma a la clonación humana. FCE. 1ª Ed. México. P.p 27-28.
- Orozco, Y. (2013). Aprender sobre herencia genética: Más que un cuadro de Punnett. Grupo de Investigación Biología, Enseñanza y Realidades (BER). Proyecto Curricular de Licenciatura en Biología, Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Osorio, C. (2002). La Educación Científica y Tecnológica desde el enfoque en Ciencia, Tecnología y Sociedad. Aproximaciones y Experiencias para la Educación Secundaria. Máster Universitario de Cultura de la Ciencia y la Innovación. Escuela de Ingeniería Industrial y Estadística, Universidad del Valle, Cali, Colombia.
- Osorio, S. (2015). La importancia de la experimentación. Documento electrónico tomado de [https://prezi.com/k-odnn\\_0\\_bpv/importancia-de-la-experimentacion/](https://prezi.com/k-odnn_0_bpv/importancia-de-la-experimentacion/).
- Otero, M. R. (2006). Emociones, Sentimientos y Razonamientos en Didáctica de las Ciencias. Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias, 1(1). <http://www.scielo.org.ar/pdf/reiec/v1n1/v1n1a03.pdf>
- Pardo, V., y Benito, F. (1995). Aprovechamiento educativo de un artículo sobre clonación en seres humanos. Propuestas comunicar 4, Comunidad valenciana.
- Parra, B., (1990). Dos concepciones de resolución de problemas, Revista Educación Matemática, 2, 3, 22-31.
- Pashley, M. (1994). A-level students: Their problems with gene and allele. Journal Biological Education, 28(2), pp.120-126.
- Payer, M. (2005). Teoría del constructivismo social de Lev Vygotsky en comparación de con la teoría de Jean Piaget. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
- Peláez, A y Liscano, M (2014). Diseño y aplicación de una unidad didáctica para la enseñanza de la genética basada en la resolución de problemas a estudiantes del grado noveno del colegio Piaget de Neiva. Tesis para optar al título de Licenciado en Ciencias Naturales: Física, Química y Biología. Facultad de Educación.
- Pelayo, M. (2010). Efectos de los contaminantes químicos alimentarios. Boletín seguridad alimentaria, Ciencia y tecnología de los alimentos.
- Perales, F y Cañal, P. (2000). Didáctica de las Ciencias Experimentales. España: Marfil S.A.
- Perales, F. J. (1993). La resolución de problemas: una revisión estructurada. Enseñanza de las Ciencias, 11 (2), 170-178.
- Peretó J; Sendra, R; Pamblanco, M; y Bañó, C. (2007). Fundamentos de Bioquímica. Ed. Universidad de Valencia, España P.p. 59-69.
- Peretó, J., Sendra, R., Pamblanco, M., Bañó, C. (2007). Fundamentos de Bioquímica. PUV, Universitat de Valencia. P.p.135-143
- Pérez, M. (2000). La intervención didáctica como alternativa para transformar la práctica. Revista Educar. Núm. 1. Guadalajara, México.
- Pierce, B. A. (2009) Genética: un enfoque conceptual. 3ª Edición. España, Ed. Médica Panamericana, P.p 16-27.
- Pino, I. (2003). La utilización de mapas de conceptos como técnica para identificar atributos de conceptos de ADN y gen aprendidos por los estudiantes de 9 grado de Educación Básica. Revista de Investigación (53), 71-90

- Polanco M.K. (2011). Resolución de situaciones problemas en la enseñanza de las ciencias: un estudio de análisis. Asociación Colombia para la investigación en Educación en Ciencias y Tecnología EDUCyT. Revista EDUCyT, 2011; Vol. 4, Junio – Diciembre, ISSN: 2215 – 8227.
- Pomés R. J. (1991). La metodología de resolución de problemas y el desarrollo cognitivo: un punto de vista post-piagetiano. Enseñanza de las Ciencias, 9 (1), 78-82.
- Ponce, A. O. (2007). La secuencia didáctica como herramienta del proceso. Revista ContactoS, 19, 21, 22.
- Pozo, J. I. (1989). Teorías cognitivas del aprendizaje. Ediciones Morata. Madrid, España.
- Pozo, J., & M, A. Gómez. (1998). Aprender y Enseñar Ciencia. Ed. Morata. 5ª Edición. Madrid, España.
- Pozo, Juan (1996). Las ideas del alumnado sobre la ciencia: de dónde vienen, a donde van y mientras tanto qué hacemos con ellas. Alambique: Didáctica de las ciencias Experimentales.
- Probs, L. (2013). Hábitos alimentarios en mujeres embarazadas de distintos niveles socioeconómicos de la ciudad de Eldorado, que asisten a centros de salud públicos y privados. Universidad Abierta Interamericana de Argentina. Licenciatura en Nutrición, Facultad de Medicina y Ciencias de la salud.
- Puerta, C., y Ureña, C. (2005) Prácticas de Biología Molecular. Ed. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias, Departamento de Microbiología. Colección biblioteca del profesional. Colombia. Pp. 31-32.
- Puerta, C., y Ureña, C. (2005) Prácticas de Biología Molecular. Ed. Pontificia Universidad
- Qiagen (2005). BioSprint DNA Plant Handbook. [www.qiagen.com/hb/biosprintplantdnakit](http://www.qiagen.com/hb/biosprintplantdnakit). Consultado en julio de 2018.
- Quintanilla, M., (2005). Identificación y caracterización de competencias científicas en el aula, ¿Qué cambia en la enseñanza y en los nuevos modelos de conocimiento? Foro Educativo Nacional: Competencias Científicas. Ministerio de Educación Nacional. Bogotá-Colombia. Pág. 13-32.
- Quintanilla, M., Martínez, M., Manrique, F., y Reinoso, J (2013). Identificación, caracterización y evaluación de competencias de pensamiento científico en profesores de ciencia en formación a través del enfrentamiento a la solución de problemas. Congreso internacional sobre investigación en didáctica de las ciencias Girona, 9-12.
- Quintanilla, M., Labarrere, A., Díaz, L., Santos, M., Ravanal, E., Cuellar, L., Camacho, J., Soto, F., Joglar, C., Jara, R. & Ramírez, P. (2010). Identificación, caracterización y promoción de competencias de pensamiento científico mediante la resolución de problemas en estudiantado de secundaria. XIII Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Proyecto FONDECYT 1070795. Facultad de Educación. Pontificia Universidad Católica de Chile. G.R.E.C.I.A.
- Ramos, C., y Sanjurjo, A. (2009). El ribosoma y la traducción genética. Investigación y Ciencia, 49.
- Revista Dinero. (2017). Ranking de los colegios de mayor calidad de Colombia en 2017. Recuperado el 29 de mayo de 2017, de <http://www.dinero.com/edicion-impresa/caratula/articulo/ranking-de-los-colegios-de-mayor-calidad-de-colombia-en-2017/245715>
- Reyes, R., y Ceballos, M. (2014). Conociendo el interior de los seres vivos utilizando las tecnologías de la información y las comunicaciones: TIC. Universidad del Cauca.

- Reyes, R., y Ceballos, M. (2014). Conociendo el interior de los seres vivos utilizando las
- Roa, R., García, Y. y Chavarro, C, Y. (2008). Formación de profesores de Biología a través de la Biotecnología. Volumen 11, número 2, P.p 69-88. Colombia.
- Rocío Cáqueza, S. V. (24 de mayo de 2014). En busca del manejo adecuado del material genético. Ibagué, Tolima, Colombia.
- Rodríguez S, (2005). La etiología en la salud y en la enfermedad mental. EUNED. San José, costa rica.
- Rodríguez, A (1995). Didáctica de la genética, revisión bibliográfica. Investigación y experiencias didácticas. Revista enseñanza de las ciencias. P. 379-380.
- Rodríguez, C. (2008). Biología y Geología. Editex. 4º Educación Secundaria Obligatoria.
- Rodríguez, R., Sosa, A., y Rodríguez, Y. (2007). La síntesis de proteína microbiana en el rumen y su importancia para los rumiantes. Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, La Habana. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 41, Número 4. ISSN: 0034-7485.
- Ros, V. L. (2005). "Situaciones problema" y desarrollo de la competencia motriz en educación física escolar: cuestiones didácticas. Revista Tándem 17.
- Ruiz O, F J. (2007). Modelos didácticos para la enseñanza de las ciencias naturales. Latinoamérica. estud. Educ. Manizales (Colombia), 3 (2): 41 - 60, julio – diciembre.
- Ruiz, A. (2018). ¿Qué son los aminoácidos esenciales? Revista de salud y bienestar. Complejo hospitalario de Navarra, España.
- Said, A; Acevedo E; Urzúa B; Cifuentes V; Sepúlveda D. (2013). Estrategias didácticas para la enseñanza de la Biología Molecular y la Biotecnología en estudiantes de Educación Media. IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias. Girona, España.
- Sambrook J., E. F. Fritsch y T. Maniatis. (1989). Molecular Cloning: A Laboratory Manual. Cold Spring Harbor Laboratory Press, Cold Spring Harbor, New York, EE. UU (Serway y Faughn, 2001). Física. 5a Ed. Pearson.
- Sánchez, A. (2007). Transmisión de la información genética. Comisión de genética molecular, Revista Química Clínica. Contenido científico Sociedad Española de Medicina de Laboratorio-SEQC. 26(5) p.265.
- Sánchez, E. H. (2012). Las dificultades en el aprendizaje de los estudiantes de grado novela de la Institución Educativa Técnico Industrial Carlos Olguín Mallarino (Sede comunero) sobre el contenido conceptual de genética. Trabajo de grado para optar al título de Licenciado en Educación básica con énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental. Universidad del Valle, Cali.
- Sánchez, G. y Valcárcel, M.V. (1993). Diseño de unidades didácticas en ciencias experimentales. Enseñanza de las Ciencias, 11, pp. 33-44.
- Sánchez, J., y Jiménez, A. (1998). El lenguaje científico: un objetivo básico en la formación científica de los maestros. Propuestas de actuación en el aula. Universidad de castilla, La Mancha, España.
- Sánchez, J., y Meneses, O. (2012). Parámetros que influyen en la calidad industrial del arroz cosechado. La Sierpe, Cuba.
- Sánchez, N Escudero, C, Massa, M (2001). Modelos de situaciones problemáticas propuestos en los textos escolares de biología. Argentina. VI Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias, realizado en Barcelona, 12 – 15 de septiembre del 2001.

- Sanmartí, N. (2001). Enseñar a enseñar ciencias en secundaria: un reto muy completo. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 40, 31-48.
- Sanmartí, N.; Márquez, C.; García, P. (2002). Los trabajos prácticos, punto de partida para aprender ciencias. *Aula de Innovación Educativa*, n. 113-114, pp. 8-14.
- Schulz, P. (2005). La ética en Ciencia. *Revista Iberoamericana*. Volumen 6(2). Departamento de Química. Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina. *Secundaria. Enseñanza de las ciencias*, 20(1), P.p 133-157.
- Seguí, J. (2013). *Biotecnología en el menú. Manual de supervivencia en el debate transgénico*. Catedra de divulgación de la Ciencia. Universidad de Valencia, España.
- Seré, M. G. (2002). La enseñanza en el laboratorio. ¿qué podemos aprender en términos de conocimiento práctico y de actitudes hacia la ciencia? *Enseñanza de las ciencias*, 357-359.
- Sigüenza, A (2000). Formación de modelos mentales en la resolución de problemas de genética: *enseñanza de las ciencias*. Investigación didáctica. Tordesillas. Valladolid.
- Sigüenza, A.F. y Sáez, M.J. (1990). Análisis de la resolución de problemas como estrategia de enseñanza de la biología. Departamento de Biología Celular y Farmacología, Valladolid. *Enseñanza de las ciencias*, 8 (3), 223-230
- Sigüenza, A; Molina y Agustín, F (2000). Formación de modelos mentales en la resolución de problemas de genética. *Enseñanza de las ciencias* 18 (3) 439-450.
- Silva, J. M. (2000). Selección natural, genética cuantitativa. *Sistema de Información Científica Redalyc*, 56-58.
- Silverthorn, D. (2008). *Fisiología Humana: Un enfoque integrado*. Ed Médica Panamericana. 4ª Edición. Madrid, España.
- Smith, M. y Good, R. (1984). Resolución de problemas de genética clásica: éxito versus rendimiento sin éxito. *Revista de Investigación Enseñanza de las Ciencias*, 21(9), 895-912.
- Smith, M.U. (1988). Successful and unsuccessful problem solving in classical Genetic Pedigrees., *Revista de Investigación Enseñanza de las Ciencias* 25(6), pp. 411-433.
- Solaris, A. (2004). *Genética humana. Fundamentos y aplicaciones en medicina*. Argentina: Editorial medica panamericana. Pag.143-145
- Solomon, E.P., Berg, L.R., Martin, D.M. y Viller, C. (2008). *Biología*. 8ª Edición McGraw-Hill Interamericana.
- Soria V (2004). *Relaciones humanas*. Editorial Limusa. 2ª Ed. México. P.p 80-82.
- Stanier, R; J Ingraham; M Wheelis; Painter P. (1992). *Microbiología*. Ed Reverte. 2a Ed. En versión española por Villanueva J. R. Ricardo. Barcelona, España. P.p. 75-76.
- Stewart, J. & Hafner, R. (1991), Ampliación de la concepción del "problema" en la investigación de la resolución de problemas ", *Enseñanza de las ciencias*, 75(1), 105-120.
- Suarez, M. (2012). *ARN, tipos y funciones*. Consultado en julio de 2018. Obtenido de slideshare: <https://es.slideshare.net/manuelsuarez11/arn-tipos-y-funciones>.
- Suárez, M., Kizlansky, A., y López, L. B. (2006). Evaluación de la calidad de las proteínas en los alimentos calculando el score de aminoácidos corregido por digestibilidad. *Nutrición hospitalaria*, 21(1), 47-51.
- Suzuki, D., y Knudtson, P. (1991). *Genética: conflictos entre la ingeniería genética y los valores humanos* (No. 575 SUZ).

- Thagard, P. (2008). Conceptual change in the history of science: life, mind and disease. Ed: International Handbook of Research on Conceptual Change. New York: Routledge, pp. 374-387.
- Thibodeau, G y Patton, K (1998). Estructura y función del cuerpo humano. Ed. Elsevier. Décima edición, Madrid, España. P.p. 26-31.
- Tobin, K. (1993). Referentes para dar sentido a la enseñanza de las ciencias. Revista Internacional de Educación Científica, 15(3), pp. 241-254.
- Tobón, P. G. (2010). Secuencias Didácticas: Metodología general de aprendizaje y evaluación. En Tobón, Secuencias Didácticas: Aprendizaje y Evaluación de Competencias (págs. 60,64,68,70). México: Pearson Educación De México, S.A.
- Todd, Z., Nerlich, B., & McKeown, S. (2004). Introduction. En Z. Todd, B. Nerlich, S. McKeown & D. Clarke (Eds.), *Mixing methods in psychology* (pp. 3-16). Hove, East Sussex, UK: Psychology Press.
- Torres, C. M. (2002). El juego: una estrategia importante. Obtenido de Revista Educere ISSN: 1316-4910: <http://www.redalyc.org/pdf/356/35601907.pdf>
- Tortora G, B Funke, Case, C. (2007). Introducción a la Microbiología. Ed. Médica Panamericana. 9ª edición. Buenos Aires. P.p. 389.
- Urzúa, Cifuentes y Sepúlveda (2013). Estrategias didácticas para la enseñanza de la biología molecular y la biotecnología, en estudiantes de educación media. IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias. Girona.
- Valbuena U, y Castro M., J. A. (2007) ¿Qué biología enseñar y cómo hacerlo? Hacia una resignificación de la Biología escolar. *Tecné episteme y didaxis*. 22. Pp. 126-145.
- Vaquero P. (2008). Genética, nutrición y enfermedad. Instituto Tomás Pascual Sanz y Consejo Superior de investigaciones Científicas. EDIMSA. Ed. CSIC press. Pp 24.
- Varela, P. (1994). Biblioteca Universidad Complutense de Madrid. Obtenido de la resolución de problemas en la enseñanza de las ciencias. aspectos didácticos y cognitivos: <http://biblioteca.ucm.es/tesis/19911996/S/5/S5006501.pdf>.
- Vega, M. (2002). Aspectos y avances en Ciencia, tecnología e innovación. Propuestas y avances de investigación. *Revista Latinoamericana Polis*. Iquique, Chile.
- Vélez, H. (2017). Academia.edu. Recuperado el junio de 2017, de Anomalías Cromosómicas: [https://www.academia.edu/7595864/Anomalias\\_Cromosomicas](https://www.academia.edu/7595864/Anomalias_Cromosomicas)
- Ville, C. (1992). Biología. Séptima edición. Editorial McGraw-Hill Interamericana de México. México.
- Viveros, W. (2011), El método por investigación en el desarrollo de las competencias científicas en situaciones de biología molecular y biotecnología en la educación media.
- Voet, D y Voet, J. (2006). Bioquímica. Ed. Panamericana. 3ª ed. Buenos Aires. P.p. 292-293
- Voet, D., Coet & Pratt, C. (2009). Fundamentos de Bioquímica: la vida a nivel molecular. Ed. Médica Panamericana. 2ª Edición. Buenos Aires. P.p. 129-159.
- Watson J, Baker, T; Bell, S; Gann, A; Levine, M; y Losick. R (2008). Biología molecular del gen/ Molecular Biology of the gen. Ed. Médica panamericana. 5ª ed.
- Wiersma, W y Jurs, S.G (2005). *Research Methods in Education* (8ª. Ed.). Boston: Pearson.
- Wood-R, C.; Lewis, J.; Leach, J. y Driver, R. (1998). Genética y formación científica: resultados de un proyecto de investigación y sus implicaciones sobre programas escolares y la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (1), pág. 43-61.

- Yankovic B. (2007). El Genoma Humano al alcance de todos. RIL editores. Primera Edición. Santiago de Chile. P.p 30.
- Zavala, J. (2005). Manual de Técnicas básicas de Biología Molecular. Ediciones de la Universidad Autónoma de Yucatán: EUAY. México. P.p. 31-33.

## 12. Anexo

### Anexo A. Cuestionario de indagación de ideas previas y finales.



#### ACTIVANDO EL MICROCONOCIMIENTO loading...

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
FACULTAD DE EDUCACIÓN  
LICENCIATURA EN CIENCIAS NATURALES: FÍSICA, QUÍMICA Y BIOLOGÍA

ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LA BIOLOGÍA MOLECULAR A TRAVÉS DE SITUACIONES  
PROBLEMATIZADORAS Y PRÁCTICAS DE LABORATORIO EN ESTUDIANTES DE GRADO NOVENO DE LA  
ESCUELA NORMAL SUPERIOR DE NEIVA – HUILA

\*Estimados Estudiantes: Por favor tener en cuenta que por el desarrollo del presente cuestionario, no se darán notas valorativas que afecten la calificación del área de biología\*

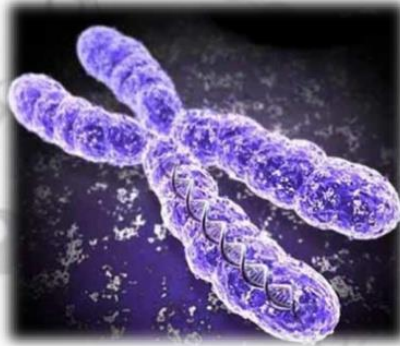
Nombre: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

1. Posiblemente en algún momento hemos escuchado que todos los seres vivos tenemos ADN, pero si observamos nuestro cuerpo ¿en qué parte crees tú que está ubicado el ADN?
2. Imagina que estás en clase en el laboratorio de biología y que el profesor te dice que puedes disponer de todo lo que ahí encuentres para que puedas observar el ADN, ¿Cómo lo harías?
3. ¿Qué sabes del ARN? ¿Dónde crees que los podemos encontrar y qué relación tiene con el ADN?
4. Determina las diferencias entre el ADN y ARN a través de un dibujo.





5. Observa la ilustración y responde.



- ❖ ¿Qué nombre recibe la estructura que se muestra en la imagen y de que crees que está constituida?
- ❖ ¿En qué parte de la célula se encuentran localizados? Y a ¿Qué se debe su estructura?
- ❖ ¿por qué son considerados tan importantes para un organismo?

6. Como ya sabemos, las células están constituidas por varios orgánulos, todos de gran relevancia. Cuéntanos acerca del Ribosoma y su importancia biológica en la célula.

7. ¿Crees tú que el alimento que consumimos a diario, interviene en el proceso de síntesis de proteínas? Justifica tu respuesta.

8. ¿En qué crees que consiste la manipulación genética o ingeniería genética? Apóyate de un ejemplo.





9. Ana María y Felipe son una pareja de jóvenes, recientemente casados, quienes esperan la llegada de Sofía, su primogénita. Sin embargo, algo no anda bien y es que Ana María además de fumar, presenta problemas asociados al alcoholismo, negándose a aceptar las recomendaciones de los especialistas y familiares, por lo que se consideraba un embarazo de alto riesgo.

Al cumplir sus 7 meses de embarazo, Ana y Felipe deciden pagar y programar una ecografía 4D, pensando en los preparativos del baby shower, ya que la idea era utilizar una foto de la pequeña Sofía como portada de la tarjeta de invitación, lo cual solo se quedó en planes al recibir los resultados. Los médicos les aseguraron que su pequeña hija había desarrollado múltiples malformaciones, además de retardo físico y mental.



Teniendo en cuenta la situación anterior, ¿Qué piensas que pudo haber ocurrido a nivel molecular en las células de los padres o en las células de Sofía, para posteriormente desencadenar dichas anomalías?

Imagina por un momento que estás en el lugar de Ana y recibes la triste noticia. ¿Cómo crees que actuarías o qué posición asumirías?

10. Los grandes avances obtenidos en el campo de la genética han generado controversia e incalculables debates, en especial cuando se discute la posibilidad de ejercer un control de calidad sobre los fetos humanos que pueden presentar alteraciones, o para el caso de las plantas cuando se desean realizar mejoras a los frutos o modificar otras características. Ahora bien, ¿Cuál es tu postura al respecto?

11. Los domingos Simón acostumbra a visitar a su abuelita, quien conoce muy bien sus gustos y siempre le tiene preparado un rico arroz con leche. Sin embargo, cada vez que se sientan a departir, ella suele hacer el mismo comentario: *la calidad del arroz que consumíamos en épocas pasadas, no es la misma que presenta el producto que encontramos en el mercado actualmente.*

Tu qué opinas, ¿será que ella hace referencia a que la calidad del arroz ha mejorado o empeorado? ¿A qué crees que se deba el cambio y qué efectos puede tener sobre la humanidad?

12. Muy seguramente alguna vez tendrás que haber comido guayaba-pera o lima-limón y ante esas mejorías de sabor no hay discusión. La pregunta es, si llegáramos a ver un gato-perro o un hermoso patito-pollito, ¿Hasta qué punto estarías dispuesto a aceptar los adelantos de la ingeniería genética?

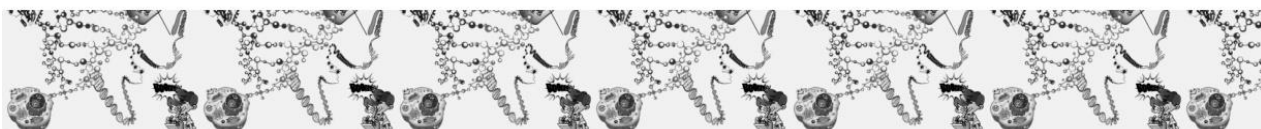




13. En los últimos años, el impacto ambiental que produce la actividad humana, ha sido creciente. La explotación de recursos naturales, la contaminación y especialmente la caza y tráfico de vida silvestre, ha generado como problemática mundial la extinción de especies.

En vista a estos acontecimientos son múltiples las propuestas innovadoras que han surgido para la preservación de la biodiversidad, una de ellas, son los bancos de semillas, en donde se coleccionan y almacenan semillas de variadas especies vegetales, garantizando condiciones especiales que aseguren su supervivencia durante largos periodos de tiempo (ENSCONET, 2016).

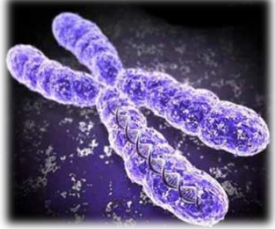
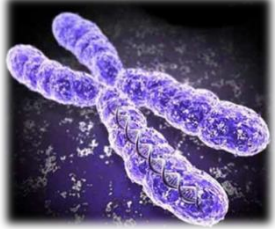
A partir de lo anterior, ¿qué otras estrategias podrías plantear en pro de la conservación de las especies, que permitan contrarrestar la extinción de las mismas?




**Anexo B. Validación del cuestionario, validada por expertos.**


	Indaga concepciones		Claridad		Lenguaje		Redacción		Imágenes		Comentarios
	Si	No	Clara	Confusa	No Adecuado	Adecuado	No Adecuado	Adecuada	Apropiado	Inapropiado	
<b>Pregunta 1</b>	¿Dónde crees tú que está ubicado el ADN?										
Experto 1	x		x			x		x			Tratar de Sin embargo, considero que se puede especificar más y no se tan directo al preguntar.
Experto 2	x		x			x		x			
Experto 3	x			x	x		x				Se debe contextualizar o da para generar errores, hay diferencias si es célula procariota o eucariota, puede estar en el núcleo o en las mitocondrias.
<b>Pregunta 1 modificada</b>	Posiblemente en algún momento hemos escuchado que todos los seres vivos tenemos ADN, pero si observamos nuestro cuerpo ¿en qué parte crees tú que está ubicado el ADN?										
<b>Pregunta 2</b>	¿Qué técnicas y herramientas utilizarías para observar el ADN?										
Experto 1	x		x			x		x			Utilizar algunas veces términos tan técnicos y científicos puede hacer que el estudiante tenga más dificultad al momento de responder, además, considero que sería muy bueno dejarles un espacio para que hagan un dibujo de cómo sería el proceso.
Experto 2	x		x			x		x			

Experto 3	x			x		x	x				Clarificar que se quiere preguntar sobre el ADN o los cromosomas son 2 cosas diferentes. Por lo cual las técnicas podrían ser diferentes.
<b>Pregunta 2 modificada</b>	Imagina que estás en clase en el laboratorio de biología y que el profesor te dice que puedes disponer de todo lo que ahí encuentres para que puedas observar el ADN, ¿Cómo lo harías?										
<b>Pregunta 3</b>	¿Para ti qué es el ARN?										
Experto 1	x		x			x		x			Sin embargo, considero que se puede especificar más y no se tan directo al preguntar.
Experto 2	x		x			x		x			
Experto 3		x		x	x			x			El ARN es una construcción científica y no social, la forma de preguntar está dada sobre lo 2do.
<b>Pregunta 3 modificada</b>	¿Qué sabes del ARN? ¿Dónde crees que los podemos encontrar y qué relación tiene con el ADN?										
<b>Pregunta 4</b>	Determina las diferencias entre el ADN y ARN a través de un dibujo.										
Experto 1	x		x			x		x			
Experto 2		x	x			x		x			Esta pregunta no indaga las ideas previas del estudiante, indaga sobre el conocimiento que el estudiante tiene sobre los ácidos nucleicos. Solo así puede dar cuenta de las diferencias entre los dos. (DNA y ARN).
Experto 3	x			x		x		x			Qué tipo de diferencias, estructurales, ubicación, etc. La pregunta debe ser clara.
<b>Pregunta 4 modificada</b>	Determina las diferencias entre el ADN y ARN a través de un dibujo.										
<b>Pregunta 5</b>	Observa la ilustración y responde.										

	 <p> <input type="checkbox"/> ¿Qué nombre recibe la estructura que se muestra en la imagen y de que crees que está constituida?  <input type="checkbox"/> ¿En qué parte de la célula se encuentran localizados? Y a ¿qué se debe su estructura?  <input type="checkbox"/> ¿por qué serán considerados tan importantes para un organismo?         </p>									
Experto 1	x		x			x		x	x	Tener en cuenta en la imagen que al momento de imprimir y sacarle fotocopia al documento se vea muy clara.
Experto 2	x		x			x	x		x	Son dos cosas por aclarar, la primera, respecto a la pregunta ¿En qué parte de la célula se encuentran localizados?, pienso que la pregunta debe indagar sobre la estructura mostrada en la imagen; por tanto, la pregunta debe replantearse: ¿En qué parte de la célula se encuentra localizada?, y la segunda, en cuanto a la pregunta ¿Por qué serán considerados tan importantes para un organismo?, creo que se debe cambiar la palabra serán por son.
Experto 3	x			x	x			x	x	Procurar que la pregunta se realice sobre un tema 5.1. para facilitar los análisis.
<p><b>Pregunta 5 modificada</b></p>	<p>Observa la ilustración y responde.</p> 									

	<input type="checkbox"/> ¿Qué nombre recibe la estructura que se muestra en la imagen y de que crees que está constituida? <input type="checkbox"/> ¿En qué parte de la célula se encuentran localizados? Y a ¿qué se debe su estructura? <input type="checkbox"/> ¿por qué serán considerados tan importantes para un organismo?										
<b>Pregunta 6</b>	Cuéntanos acerca de la importancia biológica del Ribosoma.										
Experto 1	x		x			x		x			Insisto en no ser tan directo.
Experto 2	x		x			x		x			
Experto 3	x		x		x			x			
<b>Pregunta 6 modificada</b>	Como ya sabemos, las células están constituidas por varios orgánulos, todos de gran relevancia. Cuéntanos acerca del Ribosoma y su importancia biológica en la célula.										
<b>Pregunta 7</b>	¿Será que el alimento que consumimos a diario, nos ayuda en el proceso de síntesis de proteínas?										
Experto 1	x		x			x		x			
Experto 2	x		x			x		x			
Experto 3	x		x			x	x				Se orienta la pregunta con él será. Cambiar esta palabra.
<b>Pregunta 7 modificada</b>	¿Crees tú que el alimento que consumimos a diario, interviene en el proceso de síntesis de proteínas? Justifica tu respuesta										
<b>Pregunta 8</b>	¿Alguna vez has escuchado hablar acerca de la manipulación genética o ingeniería genética?										
Experto 1	x		x			x		x			Evitar que la pregunta se pueda responder con sí o no, La respuesta a esa pregunta puede ser un sí o un no, la idea es sacar la mayor información en cada

											pregunta.
Experto 2	x		x			x		x			En esta pregunta pedir al estudiante, que si la respuesta es sí, la justifiquen con un ejemplo.
Experto 3	x		x			x	x				
<b>Pregunta8 modificada</b>	¿En qué crees que consiste la manipulación genética o ingeniería genética? Apóyate de un ejemplo.										
<b>Pregunta 9</b>	<p>Ana María y Felipe son una pareja de jóvenes, recientemente casados, quienes esperan la llegada de Sofía, su primogénita. Sin embargo, algo no anda bien y es que Ana María además de fumar, presenta problemas asociados al alcoholismo, negándose a aceptar las recomendaciones de los especialistas y familiares, por lo que se consideraba un embarazo de alto riesgo.</p>  <p>Al cumplir sus 7 meses de embarazo, Ana y Felipe deciden pagar y programar una ecografía 4D, pensando en los preparativos del baby shower, ya que la idea era utilizar una foto de la pequeña Sofía como portada de la tarjeta de invitación, lo cual solo se quedó en planes al recibir los resultados. Los médicos les aseguraron que su pequeña hija había desarrollado múltiples malformaciones, además de retardo físico y mental.</p> <p>Teniendo en cuenta la situación anterior, ¿Qué piensas que pudo haber ocurrido a nivel molecular, para posteriormente desencadenar dichas anomalías congénitas?</p> <p>Imagina por un momento que estás en el lugar de Ana y recibes la triste noticia. ¿Cómo crees que actuarías o qué posición asumirías?</p>										
Experto 1		x	x			x		x	x		
Experto 2	x		x			x	x		x		La pregunta debe replantearse, en lugar de colocar los cambios a nivel molecular, colocar: ¿Qué piensas que pudo haber ocurrido en las células de los padres o en las células de su hija Sofía, para posteriormente desencadenar las alteraciones de la niña?, Tener en

											cuenta si los estudiantes tienen claro el significado de primogénita y de congénita.
Experto 3	x		x			x	x			x	El contexto de la situación no da demasiados distractores para poder generar el análisis, sino que da la respuesta de manera inmediata. Debe colocarse la situación con claridad una cosas son problemas congénitos y otras hereditarios.
<b>Pregunta 9 modificada</b>	<p>Ana María y Felipe son una pareja de jóvenes, recientemente casados, quienes esperan la llegada de Sofía, su primogénita. Sin embargo, algo no anda bien y es que Ana María además de fumar, presenta problemas asociados al alcoholismo, negándose a aceptar las recomendaciones de los especialistas y familiares, por lo que se consideraba un embarazo de alto riesgo.</p>  <p>Al cumplir sus 7 meses de embarazo, Ana y Felipe deciden pagar y programar una ecografía 4D, pensando en los preparativos del baby shower, ya que la idea era utilizar una foto de la pequeña Sofía como portada de la tarjeta de invitación, lo cual solo se quedó en planes al recibir los resultados. Los médicos les aseguraron que su pequeña hija había desarrollado múltiples malformaciones, además de retardo físico y mental.</p> <p>Teniendo en cuenta la situación anterior, ¿Qué piensas que pudo haber ocurrido a nivel molecular en las células de los padres o en las células de Sofía, para posteriormente desencadenar dichas anomalías?</p> <p>Imagina por un momento que estás en el lugar de Ana y recibes la triste noticia. ¿Cómo crees que actuarías o qué posición asumirías?</p>										
<b>Pregunta 10</b>	Los grandes avances obtenidos en el campo de la genética han generado controversia e incalculables debates, en especial cuando se discute la posibilidad de ejercer un control de calidad sobre los fetos humanos que pueden presentar alteraciones, o para el caso de las plantas cuando se desean realizar mejoras a los frutos o modificar otras características. Ahora bien, ¿Cuál es tu postura al respecto?										
Experto 1		x	x			x		x			Sin embargo, la pregunta puede recabar más información del estudiante.
Experto 2	x		x			x		x			

Experto 3	x			x	x		x				Es mejor introducir términos precisos: eugenesia y hablar de eugenesia en plantas, humanos y animales.
<b>Pregunta 10 modificada.</b>	Los grandes avances obtenidos en el campo de la genética han generado controversia e incalculables debates, en especial cuando se discute la posibilidad de ejercer un control de calidad sobre los fetos humanos que pueden presentar alteraciones, o para el caso de las plantas cuando se desean realizar mejoras a los frutos o modificar otras características. Ahora bien, ¿Cuál es tu postura al respecto?										
<b>Pregunta 11</b>	Los domingos Simón acostumbra a visitar a su abuelita, quien conoce muy bien sus gustos y siempre le tiene preparado un rico arroz con leche. Sin embargo, cada vez que se sientan a departir, ella suele hacer el mismo comentario: la calidad del arroz que consumíamos en épocas pasadas, no es la misma que presenta el producto que encontramos en el mercado actualmente. Tu qué opinas, ¿será que ella hace referencia a que la calidad del arroz ha mejorado o empeorado? ¿A qué crees que se deba el cambio y qué efectos puede tener sobre la humanidad?										
Experto 1		x	x			x		x			
Experto 2	x		x			x		x			
Experto 3	x		x		x		x				El arroz que se consume viene de plantas estériles por lo cual la afirmación de la abuelita no es posible. a no ser que se hable de variedades, quien consume que arroz. Estratificación de mercados.
<b>Pregunta 11 modificada.</b>	Los domingos Simón acostumbra a visitar a su abuelita, quien conoce muy bien sus gustos y siempre le tiene preparado un rico arroz con leche. Sin embargo, cada vez que se sientan a departir, ella suele hacer el mismo comentario: la calidad del arroz que consumíamos en épocas pasadas, no es la misma que presenta el producto que encontramos en el mercado actualmente. Tu qué opinas, ¿será que ella hace referencia a que la calidad del arroz ha mejorado o empeorado? ¿A qué crees que se deba el cambio y qué efectos puede tener sobre la humanidad?										

<b>Pregunta 12</b>	Muy seguramente alguna vez tendrás que haber comido guayaba-pera o lima-limón y ante esas mejorías de sabor no hay discusión. La pregunta es, si llegáramos a ver un gato-perro o un hermoso patico-pollito, ¿Hasta qué punto estarías dispuesto a aceptar los adelantos de la ingeniería genética?										
Experto 1		x	x			x		x			
Experto 2	x		x			x		x			
Experto 3	x			x	x			x			Debe consultarse si estas variedades de las que hablas son productos de ingeniería genética o de hibridismos naturales guayaba-pera o lima-limón, que es muy diferente a la ingeniería, aunque puedan tener el mismo resultado. Puedes causar confusiones y errores.
<b>Pregunta 12 modificada.</b>	Muy seguramente alguna vez tendrás que haber comido guayaba-pera o lima-limón y ante esas mejorías de sabor no hay discusión. La pregunta es, si llegáramos a ver un gato-perro o un hermoso patico-pollito, ¿Hasta qué punto estarías dispuesto a aceptar los adelantos de la ingeniería genética?										
<b>Pregunta 13</b>	En los últimos años, el impacto ambiental que produce la actividad humana, ha sido creciente. La explotación de recursos naturales, la contaminación y especialmente la caza y tráfico de vida silvestre, ha generado como problemática mundial la extinción de especies. En vista a estos acontecimientos son múltiples las propuestas innovadoras que han surgido para la preservación de la biodiversidad, una de ellas, son los bancos de semillas, en donde se coleccionan y almacenan semillas de variadas especies vegetales, garantizando condiciones especiales que aseguren su supervivencia durante largos periodos de tiempo (ENSCONET, 2016).										



A partir de lo anterior, ¿qué otras estrategias podrías plantear en pro de la conservación de las especies, que permitan contrarrestar la extinción de las mismas?

Experto 1		x	x			x		x	x		
Experto 2	x		x			x		x	x		
Experto 3	x		x			x		x	x		

**Pregunta 13 modificada**



En los últimos años, el impacto ambiental que produce la actividad humana, ha sido creciente. La explotación de recursos naturales, la contaminación y especialmente la caza y tráfico de vida silvestre, ha generado como problemática mundial la extinción de especies. En vista a estos acontecimientos son múltiples las propuestas innovadoras que han surgido para la preservación de la biodiversidad, una de ellas, son los bancos de semillas, en donde se coleccionan y almacenan semillas de variadas especies vegetales, garantizando condiciones especiales que aseguren su supervivencia durante largos periodos de tiempo (ENSCONET, 2016).

A partir de lo anterior, ¿qué otras estrategias podrías plantear en pro de la conservación de las especies, que permitan contrarrestar la extinción de las mismas?

## Anexo C. Guía de clase 1

Institución Educativa Escuela Normal Superior  
Biología Molecular  
Grado 902

Universidad Surcolombiana  
Licenciatura En Ciencias Naturales: Física, Química y Biología

### GUÍA NO. 1: Sumérgete en la historia de la molécula de la vida

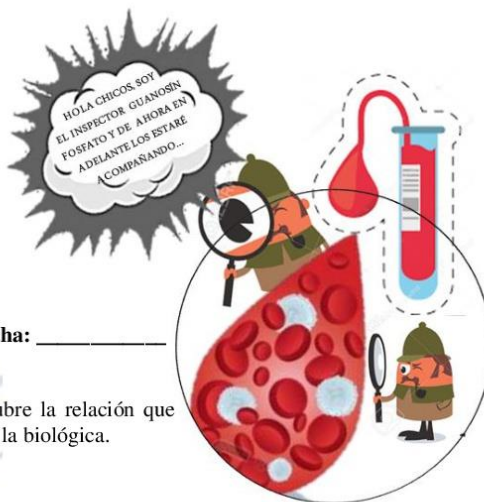
Nombre: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

1. **Observa el video: “De lo macro a lo micro”** y descubre la relación que existe entre lo más lejano y lo más interno de toda existencia la biológica.
2. Ahora, lee y analiza la siguiente **situación problema**.

## ¡98% TUYO!

Selena es estudiante de una Institución pública de la Ciudad de Neiva, quien cursa noveno grado de básica secundaria, con 16 años de edad. Ella es una joven responsable, respetuosa, y emprendedora que tiene una excelente relación con sus compañeros de clase, no obstante, un día cualquiera, en clase de educación física tuvo un altercado con su compañera Maite, debido a un fuerte golpe causado sin querer. Ante esta situación, Maite quien estaba de mal humor actuó de forma impulsiva, desatando una gran verdad: “Selena, el señor con quien vives y has compartido todo este tiempo no es tu padre”. Esta noticia, fue de gran sorpresa para Selena y aunque en un inicio no creyó en las palabras de Maite, al llegar a casa decidió aclarar todas sus dudas preguntándole directamente a su mamá. Frente a esta pregunta tan directa por parte de Selena, su mamá respondió: “Si, es hora que ya sepas la verdad, tu padre verdadero se llama Pedro Salazar”. La mamá sin más opción decide contarle la historia de cómo conoció y se enamoró de Pedro, sin embargo, la historia da un giro inesperado en el hecho de que **negó su parentesco** cuando supo que Selena venía en camino. Luego de ser revelada esta verdad, Selena decide ir en busca de él, hasta que después de una larga investigación se da un primer encuentro. Era un señor alto, delgado, piel morena y ojos claros, totalmente diferente a la apariencia física de Selena.

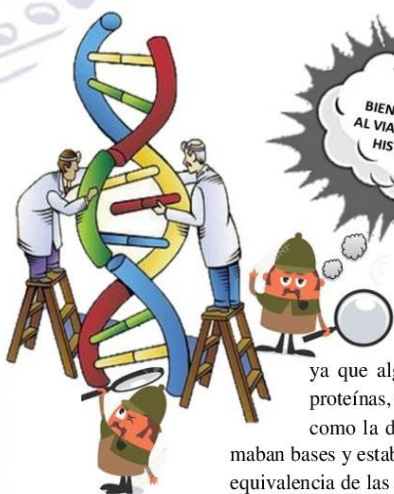
Sin embargo, Selena no quedó tranquila y para esclarecer la verdad, decidió plantear el caso ante una unidad Judicial, la cual se apropió del asunto, reconociendo que la única forma de definir que Selena realmente era hija de Pedro, era mediante una prueba de ADN, por consiguiente, el juzgado envió a los involucrados una notificación del día, hora y lugar del examen. Llegada la fecha y momento para la realización del examen, los médicos punzaron el dedo corazón de los pacientes involucrados e hicieron retoques de sangre en una tarjeta FTA de Whatman, con el fin de recoger la muestra y preservar su material genético. Posteriormente la muestra fue enviada a un laboratorio, en donde los expertos buscaron cambios específicos a través de diferentes técnicas y finalmente dos meses después, citaron a Selena para la entrega del examen, en donde evidentemente el resultado fue declarado positivo con un porcentaje del 98%, es decir que no quedaba duda de que Pedro era el verdadero padre de Selena.



De acuerdo a la anterior situación problema, responde:

- ¿Por qué crees que, para la prueba de paternidad, fue necesario usar una muestra de sangre?
  - ¿Por qué el porcentaje declarado no fue de 100%, teniendo en cuenta que el resultado era positivo?
  - ¿Por qué Selena no se parecía en los rasgos físicos a su papá?
3. A continuación, te darás cuenta qué tan divertido e importante es conocer los hechos históricos que enmarcan el pasado de la Biología Molecular.

## ATRAPADOS EN LA DOBLE HÉLICE



Para el siglo XX empezaban a surgir diferentes corrientes científicas que a través de diversos Trabajos de investigación apuntaban a que los caracteres hereditarios eran transmitidos. Dentro de estos sobresalían trabajos como el del bacteriólogo **Oswald Avery y colaboradores**, quienes basados en estudios del genetista **Frederick Griffith**, demostraron con sus experimentos que la información genética era transmitida por el ácido desoxirribonucleico ADN, un tipo de molécula presente en los cromosomas y por tanto este era el material del que estaban constituidos los genes, lo cual generó controversia en aquella época, ya que algunos científicos aseguraban que los genes estaban formados solo de proteínas, sin embargo apareció el bioquímico **Erwin Chargaff**, apoyando teorías como la de Avery, planteando que los componentes que formaban el ADN, se maban bases y estaban en unas proporciones específicas, por lo que era necesario estudiar la equivalencia de las mismas y es aquí cuando aparece el primer protagonista de esta historia, conocido como **James Dewey Watson**, un biólogo que necesitaba establecer cómo estaban constituidos los genes para así poder analizar su comportamiento.

Para ello contó con el apoyo del microbiólogo **Salvador Luria** y del bioquímico **Hernan Kalckar**, quienes además de involucrarlo a trabajar en genética, lo acercaron al prestigioso físico **Maurice Wilkins**, reconocido por realizar los primeros estudios moleculares a partir de fotografías de difracción por rayos x del ADN, lo cual llamó la atención de Watson, ya que observó que los genes se podían cristalizar, por lo que pensó entonces que combinando las técnicas de la cristalografía con los modelos estructurales del químico de la época llamado **Linus Pauling**, podría conocerse la estructura del ADN. Pauling contaba con 50 años de experiencia, diseñando modelos en piezas metálicas, motivo por el cual Watson confiaba en su trabajo y cuando Pauling propuso el modelo denominado hélice alfa, en el que los componentes de las proteínas se unían formando una cadena que se enrollaba sobre su propio eje girando hacia la derecha al ascender, Watson decidió utilizarlo como base para sus estudios.

Años después, ya eran varios los estudios implicados en el estudio del ADN: la bioquímica representada por los trabajos de Avery y Chargaff, la genética a través de los estudios de Luria y Watson, así como también la química estructural con las investigaciones de Linus Pauling y **Francis Harry Compton Crick**, el segundo protagonista de la historia, físico, biólogo molecular y neurocientífico, quien para ese entonces apenas se conocería con Watson para empezar a formular teorías que sustentaran un modelo, con el que se pudiera demostrar que el ADN

estaba formado por 3 componentes, un azúcar, la desoxirribosa, formada por 5 carbonos, el segundo, un fosfato, constituido de un átomo de fósforo, rodeado por 4 átomos de oxígeno y el tercero una base, formada por átomos de nitrógeno y carbono, razón por la cual llamaron nucleótido a la unión de cada base con un azúcar y de este con un grupo fosfato, lo cual da lugar a una cadena polinucleótida, es decir en donde todos los componentes están unidos a una cadena.

Para construir su modelo, Watson y Crick como actualmente son conocidos, trabajaron con las fotografías de difracción por rayos x, logrando establecer las medidas del grosor de la fibra de ADN, la distancia entre las bases y la altura de una vuelta completa de la hélice. Sin embargo, algo motivo más a Watson y Crick y fue el hecho de

que Pauling volviera a surgir con un nuevo modelo llamado la triple hélice, el cual fue considerado incorrecto por Wilkins y su colaboradora **Rosalind Franklin**, una experta cristalógrafa quien había tomado unas últimas fotografías en las que aparecía una nueva forma tridimensional del ADN, a la que ellos denominaban la estructura B, sorprendidos al ver la figura, Watson y Crick unieron aún más sus esfuerzos y resolvieron el problema de la estructura del ADN, derrotando a Pauling y concluyendo que solo podría tratarse de una doble hélice, en la que las bases estaban en el centro, unidas por puentes de hidrógeno y la cadena de azúcar-fosfato en el exterior, lo que permitió finalmente definir al ADN como una sustancia química que determinaba la naturaleza de cualquier forma viviente, desde la del microbio más pequeño, hasta el hombre más gordo y así mismo establecer sus funciones, como lo son la transmisión de los caracteres hereditarios y la obtención de moléculas esenciales para los diferentes procesos celulares.

*Adaptación del texto escrito por Manuel Gallardo-Cabello (2001), edición autorizada para Colciencias.*

**4.** Observa el video: “*el descubrimiento de la estructura de doble hélice del ADN*” y a partir de este y la lectura “*Atrapados en la doble hélice*” responde:

- a) ¿Qué consideras que habría pasado si Watson y Crick no hubiesen existido?
- b) ¿Por qué crees que experimentaron en ratas y no en humanos?
- c) Justifica la importancia de la experimentación en el desarrollo de diferentes teorías en torno al estudio del ADN o de la biología molecular.
- d) ¿Cuáles crees que fueron los mayores aportes científicos a lo largo de la historia de la biología molecular?
- e) ¿Qué características le darías a la molécula del ADN?

**5. Personifica la historia del ADN:** Organiza grupo de tres personas y participa en la construcción de la línea del tiempo. Para esto, cada grupo, enumerado del 1 al 12, tendrá la oportunidad de completar con fichas didácticas los hechos históricos que marcaron el desarrollo de la Biología Molecular, de acuerdo al orden cronológico de los científicos asignados. **Recuerda** que a cada grupo se le entregarán las fichas de manera aleatoria.

Finalmente, cada grupo hará la personificación del respectivo científico, empleando las estrategias que crean convenientes.

## Anexo D. Guía de clase 2.

**Institución Educativa Escuela Normal Superior**  
**Biología Molecular**  
**Grado 902**

Universidad Surcolombiana  
 Licenciatura En Ciencias Naturales: Física, Química y Biología

**GUÍA NO. 2:**  
**DESCIFRANDO LA MOLÉCULA QUE NOS**  
**CONSTRUYE**



Nombre: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

**1 Genoma Simpson**

Observa el video “*Genoma Simpson*” y en base a la situación problema mostrada, responde las siguientes preguntas:

- ¿Qué es el genoma?  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
- ¿Sabes que lleva un Gen y donde se encuentra?  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
- ¿Existen diferencias entre los cromosomas de las mujeres y de los hombres? ¿Cuáles?  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
- ¿Crees que los genes de March, tienen algo que ver en que Lissa sea inteligente, o solo es un carácter que depende de los genes de Homero?  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_


## 2 Actividad grupal complementaria

Para el desarrollo de esta actividad, deberás reunirte con tu grupo de trabajo y elaborar la maqueta de la molécula que se te asignó, ya sea la de ADN o ARN, con el fin de que puedan exponerlas la próxima clase, el día jueves/19 de octubre.

## 3 ADN vs ARN

Completa el siguiente cuadro comparativo a partir de las maquetas expuestas por tus compañeros y del vídeo proyectado “ADN y ARN”.

ADN	ARN



## 4 Práctica de laboratorio 1. EXTRACCIÓN DEL ADN

**Objetivos:**

- Extraer el ADN del núcleo de las células epiteliales a través de técnicas de extracción artesanales y el uso de implementos caseros de fácil acceso.
- Reconocer la estructura del ADN de forma macroscópica mediante el método más favorable para extraer y observar las fibras.

**Marco Teórico:**

El ADN es reconocido como la molécula de la vida, la cual se encuentra presente en el núcleo de todas las células de nuestro cuerpo de forma dispersa y desenrollada, siendo encargada de transmitir la información genética en la descendencia. Cada molécula de ADN en forma de escalera helicoidal se compone de dos hebras, cada hebra semejante a los rieles de la imaginaria escalera está conformado por muchos nucleótidos, en donde cada uno está compuesto de un grupo fosfato, una azúcar desoxirribosa y una base nitrogenada, que a su vez es complementaria con la base del nucleótido del riel delantero.

Para estudiar la estructura de esta molécula existen diversos métodos de extracción, desde los más estructurados hasta los más sencillos realizados de forma artesanal. Sin embargo, los procesos que lo conciertan son similares entre sí. Básicamente, se basa en obtener la célula, romper su membrana, separar el núcleo, romper su membrana nuclear para liberar su contenido, separar el ADN de las proteínas que lo protegen y precipitarlo para extraerlo de la solución. Por tal razón, esta práctica de laboratorio se lleva a cabo con el fin de extraer el ADN del núcleo celular a través del uso de técnicas artesanales e instrumentos de fácil acceso que me permitan identificar la estructura del ADN de manera macro y microscópica

**Materiales:**

- ✓ Agua
- ✓ Sal
- ✓ Vasos plásticos de siete onzas
- ✓ Jugo de piña
- ✓ Detergente líquido
- ✓ Alcohol previamente refrigerado
- ✓ Tubo de ensayo
- ✓ Gotero
- ✓ Azul de Metileno
- ✓ Microscopio

**Procedimiento:**

- ✚ Mezclar en uno de los vasos agua con sal, revolviendo hasta que se disuelva completamente.
- ✚ Hacer gárgaras con el agua salada durante dos minutos y posteriormente depositarla en otro vaso.
- ✚ Seguidamente, transvasar el líquido a un tubo de ensayo.
- ✚ Adicionar al tubo de ensayo detergente líquido, teniendo en cuenta que se debe agregar en la misma proporción en la que se encuentra el líquido allí contenido.
- ✚ Disolver, de tal modo que no queden precipitados o suspensiones que interfieran en la extracción.
- ✚ Agregar 3-4 gotas de jugo de piña.
- ✚ Disolver por última vez y finalmente añadir aproximadamente 4ml de alcohol, lo cual da garantía de la observación del ADN a nivel macroscópico.
- ✚ Describir lo observado.
- ✚ Situar la muestra en el portaobjeto y hacer tinción con azul de metileno, para lo cual se debe agregar 3 gotitas y con poca agua elimina el exceso de colorante.
- ✚ Observar al microscopio.

**Cuestiones:**

1. Dibuja y describe detalladamente los resultados alcanzados.

--	--

**Con base al desarrollo de la práctica de laboratorio responde:**

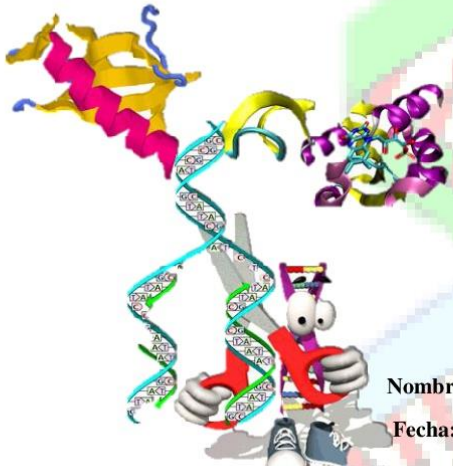
2. ¿Cuál es la importancia de la estructura específica de los ácidos nucleicos?


---

---

---

## Anexo E. Guía de clase 3.





**BIENVENIDOS CHICOS A LA GUIA No. 3  
DUPLICANDO NUESTRO CONOCIMIENTO**

Institución Educativa Escuela Normal Superior  
Biología Molecular  
Grado 902

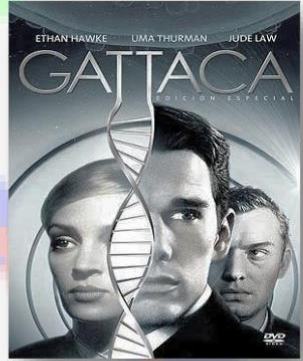
Universidad Surcolombiana  
Licenciatura En Ciencias Naturales: Física, Química y Biología

Nombre: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

**1 Sinopsis de la película  
GATTACA**

**Reparto:**  
Ethan Hawke, Uma Thurman, Jude Law, Loren Dean,  
Alan Arkin, Gore Vidal, Xander Berkeley, Elías Koteas.  
**Director:** Andrew Niccol  
**Género:** Ciencia Ficción. Año 1997.



➔ **SITUACIÓN PROBLEMA**

**Vincent Freeman** (Ethan Hawke), es un ser concebido en forma natural, sin embargo, tras su nacimiento las pruebas de ADN muestran que tiene un 99% de probabilidad de desarrollar múltiples defectos cardíacos y de morir antes de que cumpla los 30 años. Debido a esto, los padres deciden tener otro hijo, pero esta vez confían en un laboratorio de genética. En efecto, Vincent está condenado a una vida de segundo nivel debido a la poca cualificación profesional que lo limita. Su sueño es viajar al espacio, pero en el mundo de Gattaca, una industria aeroespacial, la vida de los individuos viene determinada por su composición genética, y él por supuesto debido a su información genética es considerado como “**no válido**”, lo cual lo aleja de su sueño.

Durante años ejerce toda clase de trabajos hasta que un día contacta a un hombre que le proporciona la llave para pasar a la élite: adoptar la identidad de **Jerome** (Jude Law), un deportista considerado como “**válido**” por su idónea información genética, pero que ha quedado paralítico a causa de un accidente. De esta manera, Vincent cumple su sueño de acceder a la Corporación Gattaca y para hacer frente a las constantes pruebas genéticas a las que es sometido, debe emplear inteligentemente las muestras de sangre y tejidos que Jerome le prepara. Él hace todo lo necesario, como usar la orina del paralítico, usar su sangre y hasta se somete a un procedimiento para que le alarguen las piernas y así poder parecer de la estatura de aquel joven (Jerome). Finalmente, después de todos los retos y esfuerzos, Vincent logra embarcarse como tripulante en el mundo de Gattaca, en donde se reencuentra con su hermano menor “**perfecto**”.

*Adaptación del texto escrito por José Luis Pérez Triviño, publicado en la revista de Bioética y derecho.  
<http://www.bioeticayderecho.ub.es>.*

➔ Responde las siguientes preguntas en base a la anterior situación problema.

- Si observas detalladamente la portada de la película, ¿a qué crees que hace referencia? ¿Qué puedes inferir de la palabra GATTACA, en relación al tema de nuestra ruta de aprendizaje?
- ¿Qué crees que pudo haber ocurrido a nivel molecular para que Vincent Freeman tuviera un 99% de posibilidades de desarrollar múltiples problemas cardíacos, que pusieran en riesgo su vida?
- ¿Qué mecanismo o proceso en la célula cobra importancia en el desarrollo de la enfermedad de Vincent Freeman?
- ¿Por qué crees que Freeman decidió optar por tejidos y fluidos biológicos específicos, como la sangre y orina de Jerome, y no otro tipo de tejidos?
- ¿Por qué el hermano menor de Freeman si fue rápidamente considerado “válido” en el mundo de GATTACA?

2

Cuéntanos como te fue con las preguntas anteriores, socialicémoslas y veamos el siguiente video: “*Replicación del DNA*”.

3

¿*Quieres divertirte jugando?* ... vamos a recrear el proceso de la duplicación del ADN jugando con las enzimas que observamos en el video “*Replicación del DNA*”, aprovecha los recursos didácticos que están dispuestos en el tablero, para explicar que función que cumple cada una, donde se ubican y en qué momento intervienen.

4

Situación problema: **Reescribiendo el Mensaje**

Observa el video “*Reescribiendo el mensaje*” y con base a este responde las siguientes cuestiones:

- ¿Qué sucedería si la hebra de ADN no se transcribiera?

---



---

- ¿Por qué se utiliza la hebra de ADN para la transcripción?

---



---

- ¿Por qué crees que es necesario en el proceso de transcripción un solo tipo de enzimas?

---



---

- 
- ¿Por qué crees que en el proceso de transcripción son necesarias las secuencias para la iniciación y la terminación?

---

---

---

- ¿Qué diferencia hay en la RNA Polimerasa y la DNA Polimerasa la cual se involucra en procesos de transcripción y proceso de replicación respectivamente?

---

---

---

- ¿Por qué crees que es necesario que se eliminen los intrones de la secuencia?

---

---

---

- ¿Cuál es la importancia de que, en el proceso de elongación, esta nueva estructura se forme en sentido 5' a 3'?

---

---

---

- ¿Crees que a partir de este proceso se logra formar cualquier tipo de ácido ribonucleico? Sustenta tu respuesta.

---

---

---

- A partir de lo anterior, establece la relación entre duplicación y transcripción.

---

---

---

**5**

Si aún tienes dudas sobre cómo se realiza el proceso de la transcripción y cuál es su relación con la duplicación, te invitamos a que aproveches el simulador instalado en el computador. (El cual puedes encontrar en disponible en <http://www.johnkyrk.com/DNAtranscription.esp.html>)

## Anexo F. Guía de clase 4.

### GUIA No. 4 De camino hacia las proteínas

Institución Educativa Escuela Normal Superior  
Biología Molecular  
Grado 902

Universidad Surcolombiana  
Licenciatura En Ciencias Naturales: Física, Química y Biología

Nombre: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_



### GUIA DE LABORATORIO:

#### Identificando proteínas

#### Objetivos:

- Establecer la presencia de proteínas en alimentos de consumo diario como huevo, leche, frijol, pan teniendo como punto de control el agua.
- Reconocer la estructura de las proteínas y algunas de sus propiedades características que les confieren estabilidad estructural y funcional.

#### Marco Teórico:

Las proteínas son moléculas estructuradas por cadenas muy largas de aminoácidos, los cuales se unen mediante enlaces peptídicos, quienes se caracterizan por tener un grupo amino y un ácido carboxílico. El número y la naturaleza de los aminoácidos junto con el orden en el que están unidos, determina la estructura primaria de la proteína. Los aminoácidos de la cadena pueden interactuar unos con otros, haciendo que la proteína se doble y forme estructuras tridimensionales, y este doblamiento le confiere características y funciones específicas. Se pueden romper estas interacciones para que la proteína pierda su estructura y con ellos sus funciones y características se alteren. Romper esas interacciones para que la proteína pierda su estructura tridimensional es lo que se conoce como desnaturalización de proteínas, y cuando ello pasa, las cadenas de proteínas se agrupan y forman redes lo que provoca cambios en el aspecto y la conformación natural de estas ya sea a través del uso de reactivos desnaturalizantes o condiciones ambientales que afectan.

#### Materiales:

- |                   |                 |
|-------------------|-----------------|
| ✓ Beakers         | ✓ Agua caliente |
| ✓ Tubos de ensayo | ✓ Agua Fría     |
| ✓ Clara de huevo  | ✓ Alcohol       |
| ✓ Leche           | ✓ Vinagre       |
| ✓ Sal             | ✓ Limón         |

**Procedimiento:****Experimento 1**

## ✚ Depositar:

- **Tubo de ensayo 1:** Agua caliente
- **Tubo de ensayo 2:** Agua fría
- **Tubo de ensayo 3:** Agua con sal
- **Tubo de ensayo 4:** Alcohol
- **Tubo de ensayo 5:** Vinagre
- **Tubo de ensayo 6:** Limón

✚ Agregar la clara de huevo en cada tubo de ensayo con los respectivos reactivos

✚ Tapar los tubos de ensayo para evitar la pérdida de calor y esperar hasta que se den las reacciones

**Experimento 2**

## ✚ Depositar:

- **Tubo de ensayo 1:** Agua caliente
- **Tubo de ensayo 2:** Agua fría
- **Tubo de ensayo 3:** Agua con sal
- **Tubo de ensayo 4:** Alcohol
- **Tubo de ensayo 5:** Vinagre
- **Tubo de ensayo 6:** Limón

✚ Agregar la leche hasta cubrir  $\frac{1}{4}$  de cada tubo de ensayo.

✚ Esperar 10 minutos hasta que se den las reacciones.

**Cuestiones:**

**Con base al desarrollo de la práctica de laboratorio responde:**

1. Dibuja y describe detalladamente los resultados alcanzados en cada uno de los tubos de ensayo



2. De las reacciones ocurridas en cada tubo de ensayo se observó formación de precipitados en proporciones diferentes ¿Cuál crees que es la composición de dicho precipitado?

---

---

---

---

3. ¿Cuáles crees que son las causas que provocaron los cambios en las proteínas de la leche y de la clara de huevo cuando entraron en contacto con los reactivos?

---

---

---

---

4. ¿Por qué los tiempos de desnaturalización de las proteínas en cada experimento y tubo de ensayo respectivamente se realizó a ritmos diferentes entre sí?

---

---

---

---

## INTRODUCCIÓN AL CODIGO GENÉTICO

Observa la proyección: *El abecedario genético* y mediante un ejemplo define, analiza e interpreta el mensaje génico a fin de que puedas prepararte para ser el ganador del juego que viene a continuación denominado: De camino hacia las proteínas.

Observa el video: *"Síntesis de proteínas"*. Socialicémoslo en clase todos juntos.

### 3. Juego: "De camino hacia las proteínas"

**Objetivo** del juego: Comprender los pasos que se siguen dentro de la célula para la síntesis de una proteína.

**Contenidos abarcados:** Código genético, traducción (iniciación, elongación, terminación).

**Número de jugadores:** 5 grupos de siete estudiantes.

**Duración:** 55 minutos.

**Instrucciones del juego:**

- Para la actividad se dispone de un tablero, que presenta cuatro divisiones, con sus respectivas bolsas, que corresponden a cada una de las etapas del juego, las cuales a su vez representan los pasos de la síntesis de las proteínas (iniciación, elongación, terminación), teniendo en cuenta que en cada una de ellas hay una serie de preguntas, pistas y un “premio”, identificadas con un signo de pregunta, un bombillo y una cara feliz respectivamente.
- Se llevarán a cabo 8 rondas, para las cuales cada grupo elegirá a su representante para que participe en cada etapa y si este jugador responde bien a las preguntas, entonces este grupo se llevara un puntaje por cada acierto.
- Como se dijo inicialmente, en la bolsa correspondiente a cada etapa podrán encontrar fichas con preguntas referentes al tema, así como también preguntas que contienen pistas para llegar a la respuesta de manera más rápida y veraz o en su defecto en cada bolsa habrá una ficha con la palabra cede el turno, así que contesta preguntas, recibe pistas o recibe el premio.
- Los aciertos o desaciertos serán contabilizados por las docentes, quienes deben dar cuenta de la participación de todos durante la actividad.

**Reglas del juego:**

- Para iniciar el juego, cada participante toma al azar, una ficha, según sea la etapa que le corresponde jugar
- Cada participante tiene tres minutos para contestar; Si no contesta, otro jugador del grupo puede hacerlo. En caso de que el segundo jugador no conteste, y sea otro del grupo quien logre hacerlo, este se llevará el puntaje por los aciertos que entraran a sumar para la premiación final.



Figura No.1 Tablero didáctico con las etapas y fichas que representan los pasos de la síntesis de las proteínas.

*Adaptación del Repositorio Institucional Universidad Nacional de Colombia. Estrategia lúdico-didáctica, para la enseñanza-aprendizaje de la síntesis y estructura de proteínas*

## Anexo G. Guía de clase 5.


**GUIA No. 5**  
**ALTERANDO LOS PLANOS DE LA VIDA**

Institución Educativa Escuela Normal Superior  
 Biología Molecular  
 Grado 902

Universidad Surcolombiana  
 Licenciatura en Ciencias Naturales: Física, Química y Biología



Nombre: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_



**1. Taller: Descifrando las malformaciones**



- Observa el video: *Las 10 mutaciones genéticas más extrañas del mundo.*
- A partir de los organismos de las imágenes, describe lo que observas ¿Crees que pueden ser reales? ¿Por qué?

---



---

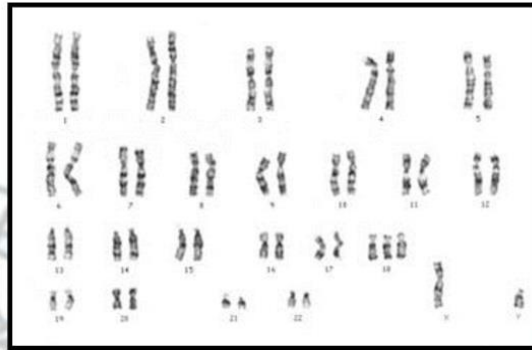


Con base a lo anterior responde las siguientes cuestiones:

- ✚ ¿Cuáles crees que pudieron ser las causas que ha generado estas anomalías en los organismos?
- ✚ Si tuvieras la oportunidad de conocer las causas de una alteración genética ¿Qué procedimiento plantearías para prevenir ese tipo de variaciones? Da un ejemplo.
- ✚ ¿Cómo crees que estas alteraciones se pueden generar desde las bases del dogma central de la Biología?
- ✚ ¿Cómo puedes definir una mutación?

2. Observa y analiza las siguientes imágenes:





Con base a las anteriores imágenes:

- + Determina en donde está la alteración
- + ¿Qué anomalías observas en cada uno de los casos anteriormente expuestos?

### 3. *Drosophila melanogaster*: Mutantes en la fruta

- + Toma un banano maduro y macérello muy bien, colócalo en un frasco de boca ancha previamente esterilizado, y cuando ya observes mosquitas, tápalo con doble gasa y déjalo en casa por ocho días.
- + Trae los frascos a la sesión de laboratorio. Para extraer las moscas, coloca en la boca del frasco una mota de algodón humedecida con éter, y cuando estén inmobilizadas, pásalas a un vidrio reloj y obsérvalas al microscopio y/o al estereoscopio.

¿Qué rasgos diferentes observas en las moscas?

¿Cuáles crees que pueden ser las causas de ello?

# BIOTECNOLOGÍA

## 1. Biotecnología Moderna

Observa el video “*Aplicaciones de la biotecnología e ingeniería genética*”, el cual explica en que consiste la biotecnología moderna y debate con tus compañeros y docentes lo que piensas al respecto. Esto con el fin de que en la siguiente práctica de laboratorio puedas reconocer los avances, similitudes y diferencias que existen entre la biotecnología moderna y la tradicional.

## 2. Biotecnología Tradicional:

### Práctica de laboratorio “El hilo de la vida actual”

#### OBJETIVOS

- + Establecer generalidades de la biotecnología tradicional.
- + Reconocer la fermentación como proceso biológico propio de la biotecnología tradicional.
- + Comprobar y demostrar la fermentación alcohólica o etílica que realizan las levaduras, en ausencia de oxígeno.
- + Valorar la influencia e importancia de los microorganismos en el paso de la biotecnología tradicional a la moderna.

#### MARCO TEÓRICO

En la época antigua no se conocía acerca de los microorganismos, ni de los procesos metabólicos que estos realizan. Fue solo hasta la segunda mitad del siglo XIX, cuando Luis Pasteur demostró que los procesos metabólicos eran consecuencia de la actividad microbiana, en donde sobresalía la acción de hongos como las levaduras, seres unicelulares, microscópicos que se alimentaban de azúcares de los que obtenían energía en el proceso denominado **fermentación**, el cual se ubicó dentro del campo de la biotecnología tradicional, en la que se distinguen varios tipos de fermentación (alcohólica, láctica, acética) dependiendo del organismo que la realice y las sustancias o condiciones que proporcione el medio de cultivo, las cuales permitirán finalmente la producción de una diversidad de metabolitos (productos intermedios de las reacciones del metabolismo). Entre ellos, enzimas capaces de degradar carbohidratos, proteínas y lípidos, lo que además hace posible producir suplementos y aditivos (vitaminas, conservantes, aromatizantes y colorantes naturales, compuestos antimicrobianos, agentes que aportan textura, aminoácidos y ácidos orgánicos, entre otros).

#### MATERIALES

- + Un vaso de vidrio
- + 1 cuchara
- + 2 cucharadas de levadura
- + Agua tibia
- + 2 cucharadas de azúcar
- + 1 bolsa plástica transparente


#### PROCEDIMIENTO

Para desarrollar exitosamente la experiencia de laboratorio, se deben tener en cuenta los siguientes pasos:

1. En el vaso de vidrio se disuelven las cucharadas de azúcar con el agua caliente.
2. Luego se añade al mismo vaso las cucharadas de levadura y se disuelve con ayuda de la cuchara hasta conseguir una mezcla homogénea.
3. Seguidamente, en la bolsa plástica se coloca la mezcla resultante del paso anterior y se amarra bien, cuidando de no dejar nada de aire dentro de la bolsa.
4. Finalmente, se deja pasar un tiempo de 20 minutos y se observan los resultados que permitirán hacer el respectivo análisis.

**CUESTIONES**

1. ¿Qué sucedió dentro de la bolsa al transcurrir los 20 minutos? Establece una relación y realiza un dibujo que represente lo sucedido antes y después de haber pasado dicho tiempo.

ANTES	DESPUÉS
	
<b>RELACIÓN:</b>	

2. ¿Qué papel cumplió la levadura en el proceso de fermentación visto?

---

---

---

3. ¿Cuáles crees que son las principales aplicaciones o aprovechamientos de la fermentación alcohólica en el mercado?

---

---

---

4. ¿Qué implicaciones tiene la biotecnología tradicional y moderna en tu vida cotidiana?

---

---

---

**Anexo H. Diseño de la planeación de clase.**

Tema	Finalidades de aprendizaje			Estrategia/Actividad	Semana
	Conceptual	Procedimental	Actitudinal		
<p><b>Historia y epistemología de la Biología Molecular</b></p>	<p>Reconocer los sucesos históricos que llevaron al descubrimiento del ADN como portador y responsable de transferir la información genética.</p>	<p>Fomentar el desarrollo de Habilidades analíticas y descriptivas a partir de la relación de los hechos históricos con el estado actual de la Biología Molecular.</p>	<p>Asumir que los modelos de la ciencia cambian con el tiempo y que varios pueden ser válidos simultáneamente.</p>	<p><b>INTRODUCCIÓN: 40 minutos</b></p> <p>Se iniciará la clase mostrando el video: De lo macro a lo micro para contextualizar a los estudiantes respecto a la relación que se establece entre ambas características.</p> <p>Se entrega a los estudiantes la primera situación problematizadora: 98% tuyo, a partir de la cual, cada estudiante resolverá una serie de preguntas que le permitan confrontar sus ideas previas con la situación de la vida cotidiana que se le está planteando.</p> <p><b>DESARROLLO: 1 hora</b></p> <p>Se hará entrega del texto: Atrapados en la doble hélice, con el fin de realizar una lectura dirigida junto con los estudiantes para que posteriormente respondan algunos interrogantes planteados con base a esta.</p> <p>Se proyectará el video: El descubrimiento de la estructura de doble hélice del ADN, de modo que complemente la lectura previamente entregada y de paso a la socialización del tema.</p> <p>Sumado a ello, se llevará a cabo la actividad: Personifica la historia del ADN, para la cual se formarán 12 grupos de trabajo cada uno formado por 3 estudiantes y enumerados respectivamente.</p>	1
	<p>Identificar las diferentes corrientes científicas que aportaron a la epistemología de la Biología Molecular.</p>	<p>Fortalecer habilidades de argumentación acerca de la experimentación en el desarrollo de los diversos estudios científicos sobre el modelo de ADN.</p>	<p>Valorar los diferentes aportes científicos que consolidaron la Biología Molecular a fin de adquirir una postura más elaborada.</p>		
	<p>Establecer la relación estructural y funcional de la molécula del ADN para el almacenamiento y transmisión del material genético.</p>	<p>Desarrollar habilidades en la realización de debates con base a los aspectos epistemológicos abarcados en el desarrollo de la clase.</p>	<p>Escuchar activamente a los compañeros y compañeras, comparando y respetando los distintos puntos de vista a fin de modificar lo que piensan ante argumentos más sólidos.</p>		

				<p>Se realizará la línea del tiempo en papel bond, especificando los personajes, los tiempos y aportes que marcaron la historia de la biología Molecular. Esta será ubicada en uno de los extremos del salón de clases, con el fin de analizar, socializar y valorar junto con los estudiantes cada suceso.</p> <p><b>CIERRE: 15 minutos</b></p> <p>Cada grupo, según el año asignado hará la personificación del científico correspondiente empleando las estrategias que crean convenientes de tal manera que haya un intercambio de información e ideas sobre los acontecimientos históricos que determinaron la epistemología de la Biología Molecular.</p>	
<p><b>Estructura de los ácidos nucleicos: ADN y ARN</b></p>	<p>Identificar la estructura u organización molecular de los ácidos nucleicos como componente fundamental para el cumplimiento de sus funciones</p> <p>Establecer las diferencias estructurales y funcionales de los ácidos nucleicos a partir de una situación problematizadora del contexto y una práctica de laboratorio artesanal.</p> <p>Reconocer la relación que existe entre los genes y los cromosomas para la transferencia de los caracteres hereditarios</p>	<p>Fortalecer habilidades del conocimiento científico mediante la utilización de técnicas artesanales e instrumentos de fácil acceso para la extracción e identificación de la estructura del ADN de manera macro y microscópica.</p> <p>Desarrollar habilidades creativas en la elaboración de la estructura molecular de los ácidos nucleicos con materiales de fácil acceso con el fin de establecer las relaciones y diferencias entre sí.</p> <p>Promover habilidades de argumentación y descripción con base al debate y la</p>	<p>Valorar la importancia estructural y funcional de los ácidos nucleicos en la transferencia de la información genética.</p> <p>Ser responsable cuando trabajo en equipo, cumpliendo las funciones que me corresponden y respetando las funciones de los demás.</p> <p>Escuchar activamente a los compañeros y compañeras, comparando y respetando los distintos puntos de vista.</p>	<p><b>INTRODUCCIÓN: 45 minutos</b></p> <p>Se establece la segunda situación problematizadora a partir de la proyección del video: El genoma Simpson. Para ello, cada estudiante analizará la situación del contexto expuesta y en relación con sus conocimientos previos dará solución de la situación a partir de la resolución de una serie de cuestiones.</p> <p><b>DESARROLLO 30 minutos</b></p> <p>Se les planteará de forma complementaria la actividad grupal No. 2 de la guía, la cual consiste en elaborar por grupos de trabajos formados previamente, la maqueta de la molécula de los ácidos nucleicos asignados a cada uno de ellos, con el fin de exponer y socializar las diferencias estructurales y</p>	2

		participación de los estudiantes mediante el análisis de situaciones del contexto.		<p>funcionales.</p> <p>Se desarrollará la actividad No. 3 de la guía, la cual consiste en diligenciar en el cuadro comparativo, las diferencias estructurales y/o funcionales expuestas por cada uno de los grupos. En apoyo a esto se proyectará el video: ADN vs ARN.</p> <p><b>CIERRE: 45 minutos</b></p> <p>Práctica de laboratorio No. 1: Extracción del ADN, en donde cada grupo desarrolla el procedimiento explícito en la guía con los materiales accesibles para obtener una muestra de ADN desde perspectiva macro y microscópica. Los resultados alcanzados se describirán y dibujarán detalladamente en la guía y a su vez, cada grupo resolverá las cuestiones allí planteadas para finalmente ser socializadas.</p>	
<b>Replicación y Transcripción del ADN</b>	<p>Establecer en qué consiste la Duplicación y Transcripción del ADN como mecanismos propios del dogma central de la Biología Molecular.</p> <p>Identificar estructuras que intervienen en el proceso de Duplicación y Transcripción del ADN.</p> <p>Reconocer la importancia de cada una de las estructuras y pasos realizados por las mismas para la Duplicación y Transcripción del material genético.</p>	<p>Promover análisis de problemas del contexto a partir de situaciones problematizadoras con el fin de desarrollar competencias analíticas e investigativas.</p> <p>Potenciar el uso de esquemas audiovisuales del proceso de Duplicación y Transcripción para establecer la relación entre estructuras y funciones.</p> <p>Fomentar el desarrollo de habilidades creativas, analíticas y descriptivas a partir del desarrollo de actividades lúdicas, que</p>	<p>Valorar la influencia de los procesos de Duplicación y Transcripción en la perpetuación de las especies.</p> <p>Escuchar activamente a los compañeros y compañeras, comparando y respetando lo que cada quien piensa respecto a las actividades propuestas en clase.</p> <p>Cumplir funciones cuando trabajo en equipo para asumir</p>	<p><b>INTRODUCCIÓN: 50 minutos</b></p> <p>Se entregará a los estudiantes la respectiva guía de trabajo y adicionalmente se proyectará el tráiler de la película “GATTACA”, el cual actuará como situación problema en donde podrán confrontar sus ideas alternativas, al tiempo de dar respuesta a los interrogantes planteados, para lo cual tendrán de ayuda complementaria la sinopsis de dicha película.</p> <p>Una vez socializadas las preguntas de la actividad anterior, se les proyectará el video: “<i>Replicación del DNA</i>”, el cual servirá de introducción a dicho proceso y de preparación para el “<i>Juego de las enzimas</i>”,</p>	3

	Determinar la relación entre el proceso de Duplicación y Transcripción, con el fin de identificar la correlación estructural y funcional entre la molécula del ADN y ARN.	<p>permitan comprender el flujo de la información genética.</p> <p>Desarrollar habilidades y destrezas en la realización de debates con base a los aspectos abarcados en el desarrollo de las guías de trabajo.</p>	responsabilidades y valores como el compromiso, la confianza y el respeto, hacia las funciones de los demás.	<p>en donde explicarán a detalle la importancia de la función enzimática en procesos como la duplicación y transcripción del ADN, por tanto, se les proporcionará el material didáctico para que puedan recrear la situación.</p> <p><b>DESARROLLO: 45 minutos</b></p> <p>De acuerdo al video: “<i>Transcripción del ADN</i>” los estudiantes resolverán una serie de cuestiones problematizadoras con el fin de analizar la importancia de dicho proceso, las similitudes y diferencias con respecto a la duplicación del ADN.</p> <p>Posteriormente se dirigirá una plenaria en donde se espera una participación activa de los estudiantes, con el fin de aclarar dudas al respecto y procedes a para dar solución a situación problematizadora denominada “Reescribiendo el mensaje” lo cual permitirá concluir el proceso de la transcripción del ADN.</p> <p><b>CIERRE: 20 minutos</b></p> <p>Mediante el simulador <a href="http://www.johnkyrk.com/DNAtranscription_esp.html">http://www.johnkyrk.com/DNAtranscription_esp.html</a> se relacionaran los procesos de replicación y transcripción del ADN respectivamente, con el fin de que los estudiantes mediante esta plataforma animada logren estructurar y fundamentar sus conocimientos construidos a partir de las situaciones problematizadoras, lo que permitirá de igual forma, evaluar los beneficios de dicha estrategia metodológica.</p>	
<b>Traducción y</b>	Establecer la presencia, estructura, y algunas	Fomentar el desarrollo de habilidades creativas mediante	Valorar la importancia biológica del ribosoma,	<b>INTRODUCCIÓN: 45 minutos</b>	4

<p><b>Código genético</b></p>	<p>propiedades en las proteínas de algunos alimentos de consumo diario.</p> <p>Reconocer la estructura de las proteínas junto con las unidades básicas que la conforman.</p> <p>Instaurar relaciones entre los genes, las proteínas y las características fenotípicas en el organismo</p> <p>Identificar la importancia del código genético en el proceso de síntesis de proteínas y expresión de caracteres fenotípicos.</p>	<p>la construcción lúdico-didáctica de las estructuras que intervienen en el proceso de síntesis de proteínas con el fin de precisar conceptos y representar el proceso de traducción para comprenderlo.</p> <p>Realizar representaciones gráficas del proceso de traducción con el fin de relacionar estructuras y funciones a través de la práctica de laboratorio y del juego lúdico-didáctico: “De camino hacia las proteínas”</p> <p>Desarrollar habilidades científicas mediante el uso de técnicas artesanales e instrumentos de fácil acceso para la desnaturalización de proteínas e identificación de las mismas.</p> <p>Registrar mis observaciones y resultados realizando descripciones, esquemas y tablas para la organización de la información.</p>	<p>de ARNm y el ARNt en el proceso de obtención de proteínas para la codificación de genes y expresión de caracteres fenotípicos.</p> <p>Apreciar la utilidad del código genético como base para la expresión y el almacenamiento de la información genética, que nos hace a todos los seres vivos diferentes entre sí.</p> <p>Asumir responsabilidades y valores como la generosidad, el compromiso, la confianza y el respeto, y cumpla las funciones que se me es a cargo al trabajar en equipo.</p>	<p>Se llevará a cabo la Práctica de laboratorio No. 2: “Identificando proteínas”. Se hará entrega de la respectiva guía de laboratorio, para que cada grupo desarrolle el procedimiento allí explícito con materiales de fácil acceso a fin de obtener la proteína en su forma más simple.</p> <p>Los resultados alcanzados se describirán y dibujarán detalladamente en la guía y a su vez, cada grupo resolverá las cuestiones allí planteadas para finalmente ser socializadas a través de una plenaria.</p> <p><b>DESARROLLO: 40 minutos</b></p> <p>Se entregará la guía de trabajo para la elaboración de las estructuras y posterior aplicación del juego lúdico didáctico: “De camino hacia las proteínas” con el fin de estudiar y valorar el proceso de traducción.</p> <p>Se proyectará del <i>Abecedario genético</i> y <i>“Traducción Eucariota – Síntesis de Proteínas. Alila Medical Media</i>, como apoyo para que los estudiantes conozcan en qué consiste, que estructuras se involucran y cuál es el proceso, la función e importancia de la síntesis de proteínas. Finalmente se aplica y desarrolla el juego junto con los estudiantes por grupos de trabajo previamente ya formados. De acuerdo a este, cada estudiante dará respuesta a una serie de preguntas</p> <p><b>CIERRE: 30 minutos</b></p>	
-------------------------------	---	---	---	---	--

				Finalmente, se socializarán las cuestiones de la guía de laboratorio No. 2 y de la guía de aplicación de juego a través de una plenaria, que cuente con la activa participación de todos los estudiantes.	
<b>Mutación y Biotecnología</b>	<p>Identificar los tipos de mutaciones que existen en la naturaleza.</p> <p>Establecer la relación fenotípica y genotípica, producida en las mutaciones.</p> <p>Identificar los avances que se han presentado en el campo de la biotecnología.</p> <p>Determinar las aplicaciones e influencia de la biotecnología en nuestra vida cotidiana.</p>	<p>Clasificar los tipos de mutaciones que afectan de manera selectiva a la población mundial actualmente.</p> <p>Formular procedimientos hipotéticos que conlleven a conocer las posibles causas de las mutaciones.</p> <p>Demostrar la fermentación alcohólica y etílica que realizan las levaduras como proceso biológico propio de la biotecnología tradicional.</p>	<p>Valorar los cambios genéticos como factor clave, tanto en la variabilidad genética y evolución de las especies como en las distintas manifestaciones defectuosas.</p> <p>Reconocer la importancia de los microorganismos dentro de los diferentes procesos biológicos.</p> <p>Respetar otros puntos de vista respecto a las ventajas y desventajas que pueden representar la incursión de la biotecnología en la actualidad.</p>	<p><b>INTRODUCCIÓN: 40 minutos</b></p> <p>Se proyectará el video: “<i>Las 10 mutaciones genéticas más extrañas del mundo</i>”, el cual mediante los casos más sorprendentes de anomalías fenotípicas busca que los estudiantes las reconozcan e interrelacionen con las bases genotípicas. Con base a este, se les plantea el taller: <i>Descifrando las malformaciones</i>”, para que lo resuelvan en clase, planteen posibles causas, posibles soluciones, formas de prevención, y logren dar una definición de lo que es mutación. Así mismo, observar y analizar imágenes con mutaciones genéticas y cromosómicas con el fin de determinar la posición exacta de la alteración y describir cada una de ellas.</p> <p>Práctica de laboratorio: <i>Drosophila melanogaster: Mmutantes en la fruta</i></p> <p>Se desarrollará la observación a través del microscopio de las moscas de la fruta (<i>Drosophila Melanogaster</i>), atrapadas y criadas como trabajo en casa, con el fin de observar las diferencias físicas y establecer las causas de dichos cambios desde el trabajo experimental.</p> <p><b>DESARROLLO: 1 hora</b></p>	5

				<p>Se proyectará el video: "<i>Aplicaciones de la biotecnología e ingeniería genética</i>", para dar introducción a la biotecnología tradicional y moderna.</p> <p>Se desarrollará la práctica de laboratorio, denominada: "<i>El hilo de la vida actual</i>", con el fin de implementar la biotecnología tradicional, desde el proceso de la fermentación alcohólica realizado por las levaduras. Con base a ello, resolver las cuestiones planteadas en la guía.</p> <p><b>CIERRE: 15 minutos</b></p> <p>Se realizará una plenaria con el fin de analizar, socializar e interpretar cada una de las cuestiones, planteadas en torno al proceso, las aplicaciones e implicaciones de la biotecnología.</p>	
--	--	--	--	---	--

