



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

**La meiosis como fundamento de la  
variabilidad: una propuesta de  
enseñanza como asunto socio-  
científico para los estudiantes del  
grado octavo de la Institución  
Educativa Santa Rosa de Lima de  
Medellín**

**Flor Alba Villa Londoño**

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias

Medellín, Colombia

2015

**La meiosis como fundamento de la  
variabilidad: una propuesta de  
enseñanza como asunto socio-  
científico en los estudiantes del  
grado octavo de la  
Institución Educativa Santa Rosa de  
Lima de Medellín**

**Flor Alba Villa Londoño**

Trabajo final de maestría presentado como requisito parcial para optar al título de:

**Magíster en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales**

Director (a):

Doctora Luz Stella Mejía Aristizábal

Doctora en Educación

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias

Medellín, Colombia

2015

---

## Dedicatoria

*Al universo por conspirar favoreciendo mis deseos de ser magister a los 60 años.*

*A mi familia.*

*A mi esposo, quien creyó que terminar mi vida profesional docente con una maestría era más que un merecimiento. Gracias por emprender conmigo este viaje, por remar para que llegáramos a buen puerto aunque se presentaren momentos en los que el mar tuvo poca calma. Gratitud por siempre, mi amor.*

*A mis hijos, quienes no han terminado sus maestrías, pero expresaban que la de la mamá sí tenía que terminarse.*

*A Juancito, le dedico este reto, espero se constituya en motor para su vida.*

*A Andresito, gracias por querer ir más allá, allí donde está el tesoro del saber.*

*A mi madre, quien a sus 81 años y su perfecta juventud, me espera todos los fines de semana para compartir la existencia.*

*A mi nieto, quien me reclamaba, ¿Por qué la abuelita ya no me hace tareas?*

*A mis hermanos, que los llevo conmigo siempre, los amo mucho y veo en ellos a mi amado padre, quien hoy también está feliz desde el cielo.*

*A mis cuñadas, hermanas, amigas del alma, a quienes les cancelé los afectos los viernes, gracias por comprender y esperar.*

*A Nubia, mi compañerita del alma, porque compartimos que el conocimiento es una pasión y que nos merecíamos estar disfrutando a Solomon a nuestras edades.*

## Agradecimientos

A la Universidad Nacional por sus enseñanzas y porque me hizo sentir joven valorando mis capacidades.

A la Institución Santa Rosa de Lima, mi casa del saber, donde cada día que llega, mi vida de maestra se convierte en un nuevo reto.

A Ricardo Chaparro, mi sobrino quien con su paciencia dispuso sus conocimientos de sistemas para que yo estuviera a la vanguardia de los adelantos tecnológicos.

A mi asesora Luz Stella Mejía, Doctora en Educación, para quien todo es demasiado fácil y así nos lo hizo sentir, apaciguando nuestras angustias sin dolor, llevándonos por el camino del saber.

A Gladys Lamus Antolínez, mi compañera maestra, gracias por estar siempre ahí, y por llamarme para que inscribiera mi vida en el libro de los sueños, por dedicar esas horas, cuando ya el cansancio nos agobia; haz sido un ejemplo para mí.

A todas las personas, familia, compañeros de trabajo, amigos, quienes reconocieron el valor que significaba esta maestría para una persona de mi edad.

A mis estudiantes del grado Octavo-1 quienes me ayudaron a convertir en reto las prácticas de enseñanza.

## Resumen

La propuesta de enseñanza de la meiosis como fundamento de la variabilidad desde una perspectiva socio-científica, aplicada en estudiantes del grado octavo de la Institución Educativa Santa Rosa de Lima de Medellín, se desarrolla en un colegio de carácter oficial, de estrato socioeconómico bajo y con rasgos de violencia en los entornos donde viven las familias. Pretende trascender las prácticas de enseñanza tradicionales hacia otras de corte constructivista. Parte de la exploración y análisis de los conceptos previos presentes en los estudiantes, donde se evidencian los subsunsores válidos y relevantes, que son el soporte para el diseño e intervención de la Unidad Didáctica: “El salto del gen a la biodiversidad, un asunto en cuestión”. El proceso de aprendizaje se encuentra surcado por la construcción de un modelo de meiosis desde el análisis de dilemas socio-científicos, que permite a los estudiantes asumir posturas críticas sobre la ciencia y aprehender los conceptos disciplinares de manera significativa.

**Palabras claves:**

Meiosis, variabilidad, gen, asuntos socio-científicos, enseñanza de las ciencias, aprendizaje significativo, Ciclo Didáctico.

## Abstract

The teaching proposal of meiosis as the foundation of variability from social-scientists perspective, for the eighth graders of School Santa Rosa de Lima Medellin, takes place in an official school, of low socioeconomic status and with traits of violence in environment where families live.

It seeks to transcend traditional teaching practices to other of constructivist perspectives. Its preparation started on the exploration and analysis of previous concepts in students where the valid and relevant subsunsores can be evidenced and become the support for the design and intervention of the Didactic Unit: "The gene jump to biodiversity, a matter in question". The learning process was crossed by building a model of meiosis mainstreamed by the scientific analysis of social dilemmas that allowed students to take critical posture of science and apprehend the concepts in a significantly way.

### **Keywords:**

Meiosis, variability, gene, socio-scientific issues, science education, significant learning, didactic cycle.

---

# Contenido

<i>Resumen</i>	<b>V</b>
<i>Contenido</i>	<b>VII</b>
<i>Lista de figuras</i>	<b>XI</b>
<i>Lista de tablas</i>	<b>XIII</b>
<i>Introducción</i>	<b>15</b>
<b>1 ASPECTOS PRELIMINARES</b>	<b>17</b>
<b>1.1 Tema</b>	<b>17</b>
<b>1.2 Problema de Investigación</b>	<b>17</b>
1.2.1 Descripción del problema de investigación	17
1.2.2 Formulación de la pregunta	19
<b>1.3 Antecedentes</b>	<b>19</b>
<b>1.4 Justificación</b>	<b>22</b>
<b>1.5 Objetivos</b>	<b>23</b>
1.5.1 Objetivo General	23
1.5.2 Objetivos Específicos	23
<b>2 MARCO REFERENCIAL</b>	<b>24</b>
<b>2.1 Marco Teórico</b>	<b>24</b>
2.1.1 Aportes disciplinares acerca de la meiosis	24
2.1.2 Perspectiva pedagógica y didáctica	27
2.1.3 Los dilemas socio-científicos en el diseño de la propuesta de enseñanza de la meiosis	29

2.1.4	Perspectiva de enseñanza desde el aprendizaje significativo	30
<b>2.2</b>	<b>Marco Legal</b>	<b>31</b>
2.2.1	Rediseñando la educación científica para el siglo XXI	32
<b>2.3</b>	<b>Contexto espacial</b>	<b>33</b>
<b>3</b>	<b><i>DISEÑO METODOLÓGICO</i></b>	<b>35</b>
<b>3.1</b>	<b>Enfoque y estrategia metodológica</b>	<b>35</b>
<b>3.2</b>	<b>Participantes y criterios de selección</b>	<b>36</b>
<b>3.3</b>	<b>Instrumentos para recoger la información</b>	<b>37</b>
<b>3.4</b>	<b>Procedimiento para el análisis de la información</b>	<b>38</b>
<b>4</b>	<b><i>ANÁLISIS DE CONCEPTOS PREVIOS</i></b>	<b>39</b>
<b>4.1</b>	<b>¿Qué saben los estudiantes sobre el tema?</b>	<b>40</b>
4.1.1	Célula, partes, estructuras y funciones	40
4.1.2	Conocimientos sobre la herencia y la genética	46
4.1.3	Reproducción sexual y asexual	53
<b>4.2</b>	<b>Hallazgos sobre los conceptos previos y problemáticas encontradas que se constituyen en obstáculos epistemológicos para el aprendizaje de la meiosis</b>	<b>62</b>
<b>5</b>	<b><i>UNIDAD DIDÁCTICA: “EL SALTO DEL GEN A LA BIODIVERSIDAD, UN ASUNTO EN CUESTIÓN”</i></b>	<b>66</b>
<b>5.1</b>	<b>Contexto de la experiencia</b>	<b>67</b>
<b>5.2</b>	<b>Procedimiento metodológico</b>	<b>74</b>
5.2.1	Actividades de exploración	74
5.2.2	Actividades de introducción de nuevos conocimientos	76
5.2.3	Actividades de estructuración y síntesis	77
5.2.4	Actividades de aplicación a nuevos contextos (generalización)	80
<b>5.3</b>	<b>Las cuatro etapas del diseño de la unidad didáctica</b>	<b>81</b>
<b>5.4</b>	<b>Descripción de las actividades</b>	<b>82</b>



---

<b>6</b>	<b>HALLAZGOS</b>	<b>87</b>
6.1	Contenidos conceptuales	87
6.1.1	Análisis de la estrategia mapas conceptuales.	95
6.2	Contenidos Actitudinales	99
6.2.1	Relación de aportaciones en los aspectos positivo, negativo e interesante, elaboradas por los estudiantes ante el dilema socio-científico: modificación de embriones	103
6.2.2	Análisis de argumentos expuestos a partir del tema de los transgénicos	106
6.3	Contenidos Procedimentales	109
6.3.1	Extracción de ADN como estructuración del nuevo conocimiento	109
6.3.2	Generalidades de los aprendizajes logrados con la experimentación en la extracción del ADN	112
<b>7</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>114</b>
7.1	Conclusiones	114
7.2	Recomendaciones	116
	<b>REFERENCIAS</b>	<b>118</b>
	<b>TABLA DE ANEXOS</b>	<b>123</b>
	A Anexo: Cuestionario de exploración de ideas previas	123
	B Anexo. Evidencias de conceptos previos	125
	C Anexo. Evidencias de representaciones coloreadas de la célula al gen	126
	D Anexo. Representación de estructura nuclear, elaborada con material reciclable	127
	E Anexo. Taller 1: Comparación entre los procesos de reproducción celular mitosis y meiosis	128
	F Anexo. Lectura: Polémica científica ante estudio chino que modificó el ADN en embriones humanos	130
	G Anexo. Evidencias de posturas de los estudiantes frente al dilema de modificación de embriones, con miras a la cura de la enfermedad de beta-talasemia	131

<b>H Anexo. Documentos de apoyos relacionados con asuntos socio-científicos acerca de los transgénicos</b>	<b>132</b>
<b>I Anexo. Evidencia de estudiantes preparando las carteleras sobre los transgénicos</b>	<b>134</b>
<b>J Anexo. Lectura: Riesgos y preocupaciones sobre los alimentos transgénicos y la salud humana</b>	<b>135</b>
<b>K Anexo. Práctica de laboratorio: Extracción de ADN</b>	<b>136</b>
<b>L Anexo. Documento de meiosis</b>	<b>140</b>

## Lista de figuras

<i>Ilustración 1. Respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿Cómo defines la célula? .....</i>	<i>42</i>
<i>Ilustración 2. Respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿Qué tienen las células por dentro?.....</i>	<i>44</i>
<i>Ilustración 3. Evidencias de los dibujos sobre la célula, presentados por los estudiantes donde se manifiestan sus saberes previos. ....</i>	<i>45</i>
<i>Ilustración 4. Respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿En qué estructura de la célula está ubicada la información hereditaria?.....</i>	<i>47</i>
<i>Ilustración 5. Respuestas de los estudiantes a la pregunta Respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿Qué parte de tu cuerpo lleva información hereditaria?.....</i>	<i>49</i>
<i>Ilustración 6. Respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿Si a un animal como un perrito, le cortan la cola, sus hijos van a nacer sin cola? .....</i>	<i>50</i>
<i>Ilustración 7. Respuesta de los estudiantes a la pregunta ¿Qué células del cuerpo poseen material genético? .....</i>	<i>51</i>
<i>Ilustración 8. Respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿Qué otros nombres tiene el material genético? 52</i>	
<i>Ilustración 9. Respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿Qué entiendes por reproducción sexual? .....</i>	<i>54</i>
<i>Ilustración 10. Respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿Existe la reproducción asexual? .....</i>	<i>55</i>
<i>Ilustración 11. Respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿Por qué existen familias de un mismo padre, con una misma madre, y todos sus hijos son diferentes? .....</i>	<i>57</i>
<i>Ilustración 12. Respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿Cómo se sana una herida?.....</i>	<i>58</i>
<i>Ilustración 13. Evidencias de los dibujos de los estudiantes de octavo uno, representando el proceso de ¿Cómo se sana una herida?.....</i>	<i>58</i>
<i>Ilustración 14. Respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿Tienen reproducción sexual las plantas?.....</i>	<i>59</i>
<i>Ilustración 15. Respuestas de los estudiantes, cuando se plantea la contra-pregunta acerca del espacio donde está contenida la información genética .....</i>	<i>61</i>
<i>Ilustración 16. Respuestas de los estudiantes cuando se les indica que señalen los organismos que están formados por células.....</i>	<i>62</i>

<i>Ilustración 17. Caballos de mar Imagen que ilustra la riqueza de la biodiversidad producto de la variabilidad como fundamento de la meiosis.....</i>	<i>66</i>
<i>Ilustración 18. Imagen que muestra el proceso de entrecruzamiento entre dos pares de cromosomas homólogos, como contribución a la variabilidad. ....</i>	<i>67</i>
<i>Ilustración 19. Etapas del Ciclo Didáctico.....</i>	<i>72</i>
<i>Ilustración 20. Descripción de las etapas del ciclo Didáctico y sus intencionalidades didácticas. ....</i>	<i>73</i>
<i>Ilustración 21. Portada película “Génesis”. ....</i>	<i>75</i>
<i>Ilustración 22. Las cuatro etapas del Ciclo Didáctico.....</i>	<i>81</i>
<i>Ilustración 23. Dibujos de meiosis de cuatro estudiantes .....</i>	<i>89</i>
<i>Ilustración 24. . Mapa conceptual estudiante A.....</i>	<i>96</i>
<i>Ilustración 25. Mapa conceptual estudiante B.....</i>	<i>97</i>
<i>Ilustración 26. Fotografía ilustra la extracción del ADN extendido.....</i>	<i>112</i>

## Lista de tablas

<i>Tabla 1. Conceptos histórico-epistemológicos de la reproducción celular, meiosis.....</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 2. Construcción de conceptos relativos a la meiosis como fundamento de la variabilidad .....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 3. Respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿Cómo defines la célula?.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 4. Respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿Qué tienen las células por dentro? .....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 5. Respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿En qué estructura de la célula está ubicada la información hereditaria?.....</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 6. Respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿Qué parte de tu cuerpo lleva información hereditaria? .....</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 7. Respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿Si a un animal como un perrito, le cortan la cola, sus hijos van a nacer sin cola?.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 8. Respuesta de los estudiantes a la pregunta ¿Qué células del cuerpo poseen material genético?....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 9. Respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿Qué otros nombres tiene el material genético? .....</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 10. Respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿Qué entiendes por reproducción sexual? .....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 11. Respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿Existe la reproducción asexual?.....</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 12. Respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿Por qué existen familias de un mismo padre, con una misma madre, y todos sus hijos son diferentes? .....</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 13. Respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿Cómo se sana una herida? .....</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 14. Respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿Tienen reproducción sexual las plantas? .....</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 15. Respuestas de los estudiantes sobre lo que entienden acerca de los conceptos básicos relacionados con la meiosis.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 16. Respuestas de los estudiantes, cuando se plantea la contra-pregunta acerca del espacio dónde está contenida la información genética.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 17. Respuestas de los estudiantes cuando se les indica que señalen los organismos que están formados por células.....</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 18. Actividades del Ciclo Didáctico .....</i>	<i>82</i>

<i>Tabla 19. Comparación entre mitosis y meiosis .....</i>	<i>92</i>
<i>Tabla 20. Algunas preguntas planteadas por los estudiantes frente al dilema "Polémica por estudio chino que modificó ADN en embriones humanos .....</i>	<i>102</i>
<i>Tabla 21. Aportaciones de los estudiantes sobre los dilemas socio-científicos .....</i>	<i>103</i>
<i>Tabla 22. Aportaciones de tipo positivo realizadas por los estudiantes, clasificadas teniendo en cuenta el carácter .....</i>	<i>104</i>

## Introducción

La meiosis como fundamento de la variabilidad: una propuesta de enseñanza como asunto socio-científico en los estudiantes del grado octavo de la Institución Educativa Santa Rosa de Lima de Medellín, pretende superar las prácticas de enseñanza basadas en metodologías tradicionales para trascender hacia propuestas de corte constructivista, y con ellas privilegiar la construcción de explicaciones y habilidades próximas a las científicas por parte de los estudiantes, desde una perspectiva de Aprendizaje Significativo y del desarrollo de habilidades socio-críticas.

Se diseña y realiza la intervención de una propuesta de enseñanza de las ciencias sobre la meiosis y la variabilidad, en la que se da prioridad al análisis de asuntos socio-científicos, ya que permiten la creación de espacios adecuados para el desarrollo de habilidades socio-críticas, posibilitan la toma consciente de posturas frente a los riesgos globales y facilitan la puesta en acción del pensamiento científico.

Los asuntos de connotación socio-científica a los que se alude en este estudio se concretan en eventos problemáticos que exigen decisiones con impacto en las vidas personales o en el contexto social de los estudiantes. En esta medida, si se logra con una propuesta de enseñanza dar herramientas al estudiante para la toma de decisiones informadas, atendiendo a consideraciones éticas, morales y políticas, se logra desarrollar pensamiento socio-crítico que redundará en el desarrollo social.

Al situar al estudiante frente a un dilema socio-científico, se le incentiva a tomar decisiones asertivas a partir de un abanico de posibilidades informadas, asumiendo un concepto de ciencia como una actividad dinámica, no lineal, indeterminista, y no como un

concepto de ciencia acabado, objetivo, de verdades absolutas e incuestionables. Así las cosas, son muchas las posibilidades formativas de la propuesta de enseñanza, pues desde su intencionalidad apunta hacia la formación de un ciudadano, crítico y propositivo.

Este trabajo se estructura en siete capítulos organizados así: en el capítulo uno, se presentan los aspectos preliminares como el planteamiento del problema, la justificación y los objetivos general y específicos. En el capítulo dos se despliega el marco referencial. En el capítulo tres, el diseño metodológico. Capítulo cuatro, se presenta el análisis de conceptos previos. En el capítulo cinco, se encuentra el diseño la Unidad Didáctica: “El salto del gen a la biodiversidad, un asunto en cuestión”. En el capítulo seis se hace referencia a los hallazgos de la intervención. Finalmente en el capítulo siete se presentan las conclusiones y recomendaciones.



# 1 ASPECTOS PRELIMINARES

## 1.1 Tema

La meiosis como fundamento de la variabilidad: Una propuesta de enseñanza desde asuntos socio-científicos.

## 1.2 Problema de Investigación

### 1.2.1 Descripción del problema de investigación

En la Institución Educativa Santa Rosa de Lima las prácticas pedagógicas distan de asumir el modelo pedagógico socio-crítico planteado en el Proyecto Educativo Institucional, por lo que urge una nueva forma de enseñar que permita superar las prácticas enciclopédicas. En la actualidad, se observan prácticas tradicionales de enseñanza memorística y de aprendizaje por recepción. Se hace necesario asumir un modelo cognitivo que permita significatividad del conocimiento para los estudiantes, por lo que se propone la perspectiva del Aprendizaje Significativo que propicie el desarrollo del pensamiento socio-crítico.

Casi siempre la enseñanza de las Ciencias Naturales se queda en impartir conocimientos como si fuesen verdades absolutas para que los estudiantes los memoricen y aprendan, además de considerar al docente, al texto y al referente teórico como los dueños del conocimiento; así lo corrobora Ruiz (2008), citado por Ruiz (2012, p. 9) cuando dice: “En el modelo tradicional los estudiantes son considerados como libros en blanco, los cuales hay que llenar y se da poca importancia a la forma en cómo se construye el conocimiento”.

Al realizar un análisis de las formas de enseñar en la Institución Educativa, se observa que no siempre el rol del docente es pasivo. En algunos profesores se presenta un rol activo que promueve en los estudiantes la resolución de problemas, la investigación en el aula y el análisis socio-crítico, pero éstos se abandonan y no se concluyen. También, se registran propuestas de inicios de investigación en el aula, las cuales no se sistematizan para identificar los aciertos de esta clase de práctica pedagógica de tal manera que posibilite el mejoramiento de la enseñanza.

Este contexto educativo no es el apropiado para los requerimientos de un mundo globalizado, que exige moverse por los senderos del desaprendizaje, la incertidumbre, la creatividad el desarrollo de altas competencias para aprender a aprender durante toda la vida; el mundo de hoy es cambiante, incierto, con grandes requerimientos de apropiación crítica de los conocimientos conceptuales, procedimentales y actitudinales, lo que obliga a modificar las formas de enseñar y de aprender.

Como las metodologías imperantes en la institución, proveen respuestas a preguntas que los estudiantes no se están haciendo en el momento, se genera descontento y desasosiego, alteración del clima de enseñanza y de aprendizaje y dificultad en el proceso de construcción de conocimientos, porque como lo plantea Freire (S.F., párr. 5) "Una educación bancaria puede despertar la reacción de los oprimidos, porque, aunque oculta, el conocimiento acumulado en los "depósitos" pone en evidencia las contradicciones".

De ahí que de acuerdo con Henao & Palacio (2013): Los asuntos socio-científicos proveen elementos para las nuevas formas de enseñanza que requiere la escuela del siglo XXI. Las autoras argumentan la necesidad de priorizar el rescate de asuntos socio-científicos que facultan la superación de dogmatismos y certezas, e incentivan el desarrollo del pensamiento socio-crítico y la autonomía intelectual, a la vez que permiten soportar las contradicciones y tensiones que genera la ciencia, día a día.

---

Estos argumentos fundamentan las necesidades de la Institución Educativa Santa Rosa de Lima, para la enseñanza de las ciencias, en términos de modificar las formas de enseñar y de aprender, de ahí la importancia de realizar esta propuesta didáctica.

La meiosis como fundamento de la variabilidad: Una propuesta de enseñanza de las ciencias en el grado octavo-1 de la Institución Educativa Santa Rosa de Lima, pretende contribuir a la superación de las necesidades planteadas en la descripción del problema y se constituye a su vez en un reto tanto para el docente investigador como para los otros pares que se dedican a la enseñanza de las ciencias.

### **1.2.2 Formulación de la pregunta**

¿Cómo enseñar la meiosis como fundamento de la variabilidad, desde asuntos socio-científicos a los estudiantes del grado octavo-1 de la Institución Educativa Santa Rosa de Lima de Medellín?

### **1.3 Antecedentes**

Para efectos de la dinámica de los antecedentes, se tendrán en cuenta primero los estudios que tienen relación con la disciplina que enmarca esta propuesta de enseñanza, tal es el caso de la genética de la meiosis y su relación con la variabilidad. En segundo lugar, se proseguirá con estudios relacionados con la metodología que se asumirá en el diseño e implementación de esta investigación de aula, en relación al desarrollo del Ciclo Didáctico y por último, pero no menos importante, se describirán los antecedentes relacionados con la discusión de problemas socio-científicos que permiten a los estudiantes asumir posiciones argumentadas y cercanas a las que toman los científicos desde posiciones más cercanas a las consideraciones científicas, desde una postura socio-crítica. Estos tres aspectos no se consideran lineales, ni secuenciales, están entrelazados de una forma sistémica dándole autenticidad y autonomía a la propuesta de enseñanza de la meiosis como fundamento de la variabilidad desde asuntos socio-científicos.

Teniendo en cuenta el desarrollo de los antecedentes disciplinares que sustentan esta propuesta de enseñanza, se parte de Iñiguez & Puigcerver (2013) quienes diseñan una propuesta para la enseñanza de la genética en la educación secundaria, mediante la ejecución de un estudio comparativo, entre el modelo tradicional y la enseñanza constructivista, en diecinueve grupos de instituciones cercanos a la ciudad de Barcelona, con estudiantes entre los quince y dieciséis años de edad, durante cuatro años. Estos autores estudian las preconcepciones de los estudiantes en torno a la genética discutiéndolas en grupo; realizan propuestas que generan conflicto cognitivo, usan modelos tridimensionales de la molécula de ADN, cromosomas y meiosis. Asumen planteamientos didácticos y actitudinales en torno a la biotecnología y desarrollan redes sistémicas con las respuestas de sus estudiantes llevándolas a procesos de análisis, aspectos que dan muchas luces a este estudio.

Caballero (2008), por su parte realiza un estudio sobre los conceptos previos en genética y las dificultades que presentan los estudiantes al abordar esta temática. Este estudio se lleva a cabo en la Universidad Complutense de Madrid, en el Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, sobre la didáctica de las leyes de Mendel. Determinan las ideas previas de los estudiantes en la educación secundaria en relación con algunos conceptos básicos de la genética y a partir de sus resultados logran establecer algunas problemáticas que pueden incidir en la comprensión, reconociendo que la genética es una de las ramas que más dificultad presenta para los estudiantes, tal como lo concibe esta investigación.

A nivel local, se retoma un estudio de López (2012) sobre la enseñanza de la genética, específicamente en reproducción celular y la herencia, el cual se apoya en los modelos cognitivos de Ayuso & Banet (2002) con sus respectivos esquemas, estos permiten analizar los problemas conceptuales que traen los estudiantes respecto al estudio de la genética, tal como lo asume el estudio de conceptos previos de esta propuesta didáctica.

Como antecedentes metodológicos, esta investigación parte de los trabajos de Jorba & Sanmartí (1994), quienes proponen el Ciclo Didáctico como estrategia de investigación dirigida; éste inicia indagando a cerca de los conceptos previos de los estudiantes,

---

plantea situaciones problemas o preguntas problematizadoras, construye conocimiento a partir de 4 fases no lineales, que van desde la introducción hasta la aplicación de conocimientos, transversalizado por una forma de evaluación como autorregulación, aspecto que rompe con las metodologías tradicionales, intención de esta investigación.

Benítez (2013), logra realizar una correlación entre los resultados escolares de dos grupos de una Institución Educativa del Municipio de Itagüí, uno experimental y otro de contraste, con el objetivo de comparar los avances conceptuales de los estudiantes en relación al modelo tradicional y el modelo constructivista; identifica en su investigación, que cuando se pone en conflicto al estudiante a partir de situaciones problema, se logra motivar para que asuma la construcción de su propio conocimiento; postula además que la enseñanza puede programarse y plantearse de antemano, con sumo juicio y criterio científico, determinando objetivos, contenido y métodos.

Recabando en los antecedentes que pueden dar luz a la temática de la enseñanza de la meiosis como causante de variabilidad, se selecciona el trabajo de Monsalve (2014), titulado la variabilidad genética de la persea americana. Trata del estudio sobre la enseñanza de la biología molecular desde el laboratorio en grado 10°, realizado en la Institución Educativa San Fernando de Amagá, cuyo objetivo se centra en reconocer la relación del laboratorio con el desarrollo de competencias científicas en todo el proceso de conceptualización de la variabilidad genética, aspecto que apoya esta investigación.

Con respecto a las propuestas sobre asuntos socio-científicos, se encuentran algunos estudios como el de Beltrán (2012), quien diseña una unidad didáctica sobre cuestiones socio-científicas en el área de la química, su objetivo es promover los procesos de argumentación científica y ética en el aula, a partir artículos informativos, procesos experimentales, análisis del contexto, puestas en común, entre otras; esta propuesta de enseñanza transversaliza el aspecto disciplinar de la meiosis y contextualiza algunas problemáticas de orden socio-científico, en aras de facilitar la comprensión.

Huertas, Ríos, Moreno & Nieto (2012) de la misma manera realizan un estudio sobre asuntos socio-científicos, a partir de la generación de controversias en un grupo de treinta estudiantes de un colegio de la ciudad de Medellín. El asunto que pone en escena

es sobre sí es válida o no la experimentación con animales, con el fin de permitir el avance de la ciencia. De igual manera, esta propuesta de investigación retoma situaciones problemáticas del contexto que permite contextualizar el saber.

## **1.4 Justificación**

En una sociedad globalizada, con múltiples desafíos económicos, políticos y culturales, en un mundo cambiante y expuesto a la incertidumbre, a la dinámica de la información, con retos tecnológicos y científicos, se hace necesario que los maestros repiensen las formas de enseñar. Urge hacerlo, porque como se dice siempre, las formas de enseñanza no han cambiado mucho, estas permanecen inmersas en la práctica pedagógica, lo que evidencia que se enseña, tal y como se aprendió, imitando a los mejores maestros que se tuvo.

El gran desafío que enfrenta el maestro, además de las exigencias externas del mundo de la vida, lo constituye la institucionalidad de la escuela donde tiene asiento este proyecto, La Institución Educativa Santa Rosa de Lima, igualmente se encuentra expuesta a los desafíos de una sociedad del conocimiento, mediada por la rapidez del cambio de paradigmas que la obligan a transformarse. Esta Institución presenta una esencia que reta a realizarle lectura crítica y a imprimirle acciones de mejora, una de ellas es la modificación de la forma de enseñanza, la cual se aborda con metodologías inadecuadas, se sustenta en los modelos tradicionales y con pocos cambios en los últimos años. Aunque desde el Proyecto Educativo Institucional (PEI., 2014) se encuentra inscrita en un modelo socio-crítico, aún se conservan muchos rasgos que se interpretan como huellas que dejan la impronta de lo que realmente es.

Esta propuesta de enseñanza se justifica por la necesidad que tienen los estudiantes de valorar el conocimiento como posibilidad que les permita tomar decisiones informadas sobre problemáticas con las que se enfrentan en su diario vivir. En tal sentido, propende por una educación en y para la civilidad, es decir, busca la formación de estudiantes críticos y autónomos, capaces de desarrollar estrategias de pensamiento divergente, que se cuestionen y traten de buscar la solución consensuada de problemáticas propias de su entorno.

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo General**

Diseñar y evaluar una propuesta de enseñanza de la meiosis como fundamento de variabilidad, desde asuntos socio-científicos, para los estudiantes del grado octavo-1 de la Institución Educativa Santa Rosa de Lima.

### **1.5.2 Objetivos Específicos**

- Diagnosticar el conocimiento que tienen los estudiantes de 8-1 sobre la meiosis como fundamento de la variabilidad.
- Diseñar e implementar una propuesta didáctica alternativa de enseñanza de la meiosis como fundamento de la variabilidad como asunto socio-científico.
- Valorar la propuesta de enseñanza de la meiosis como fundamento de variabilidad como asunto socio-científico.

## **2 MARCO REFERENCIAL**

### **2.1 Marco Teórico**

#### **2.1.1 Aportes disciplinares acerca de la meiosis**

Para lograr caracterizar el proceso de meiosis, en esta propuesta, se hace referencia a Solomon, Berg & Martín (2013, p. 227) quien la define: “Como un proceso de “división celular que reduce el número de cromosomas; el proceso significa –hacerlo más pequeño-””.

Se trata de un proceso de reproducción celular en términos de la reproducción sexual, pero hasta ahí no habría nada trascendente si no se adentra en la epistemología y significado del concepto para el mundo de la vida.

Igualmente es importante reconocer que para llegar a la construcción de un concepto, se requiere del aporte epistemológico de diferentes personajes, que a través de sus estudios lograron dar una caracterización a la estructura de la célula a nivel subcelular, y subnuclear, donde se sitúan los eventos que tienen significación sobre la comprensión del desarrollo del proceso meiótico. Estos aportes permiten re-contextualizar el lenguaje biológico que apoya la construcción de conceptos como: reproducción sexual, meiosis, gameto, célula, núcleo, cromosoma, ADN, gen, locus, recombinación genética, los cuales se referencian a continuación, y son asunto clave en la construcción de esta propuesta, ya que es la construcción de conceptos la que se considera como uno de los asuntos de mayor dificultad para que los estudiantes logren modificaciones cognitivas y formen redes conceptuales coherentes.



---

En la siguiente Tabla 1, se referencia la epistemología de la meiosis desde el origen y la evolución del concepto.

**Tabla 1. Conceptos histórico-epistemológicos de la reproducción celular, meiosis**

La meiosis es un proceso de reproducción celular de carácter especial ya que ocurre sólo en organismos eucarióticos; permite la producción de gametos reduciendo el número de cromosomas en cada célula; por ello se denomina meiosis, o meiosis, que significa reducción, o también “hacerlo más pequeño” Solomon et al. (2013, p. 227); en este proceso una célula diploide con dos juegos de cromosomas homólogos se transforma en una célula con uno de los cromosomas homólogos, recombinados genéticamente.

La descripción de este proceso es relativamente reciente, pero de amplio campo investigativo aplicado en los últimos años, aunque no tanto a nivel de la enseñanza. En lo que respecta al inicio de sus estudios experimentales, en Curtis (1992) se encuentra que fue descrito en el año 1876 por Oscar Hertwing, biólogo de origen alemán, cuyos resultados fueron descritos mientras estudiaba los huevos de los erizos de mar; pero el nombre de meiosis se le debe a Beneden, quien acuñó el término en relación a la reducción que observó.

Curtis (1992) también cita que August Weisman, también investigador de origen alemán, fue quien observó y describió las dos divisiones celulares que lograban reducir a la mitad el número de cromosomas, pasando de una célula diploide hasta llegar a haploide (un sólo cromosoma del juego homólogo, pero recombinado).

De acuerdo al análisis realizado se hace una recontextualización en la que se contrastan diferentes puntos de vista sobre el concepto de variabilidad, penetrando en el nivel subcelular, subnuclear y tocando el nivel molecular.

Debido a que uno de los problemas que tiene que abordar la enseñanza es la formación de conceptos biológicos, en relación a la construcción del lenguaje propio de la meiosis como división celular fundamento de la variabilidad, esta tabla se centra en retomar los conceptos y los autores que los construyen en coherencia con la representación que se quiere construir con los estudiantes.

**Tabla 2. Construcción de conceptos relativos a la meiosis como fundamento de la variabilidad**

CONCEPTOS	APORTES
<b>Meiosis</b>	"Proceso de reproducción celular que reduce el número de cromosomas a la mitad." Solomon et al. (2013, p. 227) describe el proceso de reproducción celular, en la reproducción sexual, como aquel donde se producen células especiales, denominadas gametos, con combinaciones genéticas únicas.
<b>Reproducción sexual</b>	"La reproducción sexual implica la unión de dos células sexuales, o gametos para formar una sola célula llamada cigoto. En general dos padres distintos contribuyen con los gametos, pero en algunos casos un solo padre aporta ambos gametos." Solomon et al. (2013, p. 226)
<b>Reproducción asexual o mitosis</b>	"En la reproducción asexual sólo se rompe, brota o fragmenta un solo progenitor para producir dos o más individuos mientras que en la reproducción asexual eucariota, todas las células son el resultado de divisiones mitóticas de manera que sus genes y rasgos heredados son semejantes a los del progenitor." Solomon et al. (2013, p. 226) Reconocer la diferencia entre los dos procesos de reproducción celular en términos de células hijas iguales y variables es un aspecto fundamental en el estudio de la meiosis.
<b>Recombinación genética</b>	Es un proceso de rotura enzimática que da lugar a una nueva unión de moléculas de ADN que permite que los cromosomas homólogos intercambien material genético y de ahí surja una nueva célula con material genético diverso al de sus predecesores.
<b>Entrecruzamiento</b>	El entrecruzamiento usualmente se produce en el par de cromosomas homólogos, "es un proceso en que las enzimas se rompen, y se unen las moléculas de ADN, permitiendo que los cromosomas apareados intercambien material genético." Solomon et al. (2013, p. 230) En otras palabras hace relación al proceso por el cual las cromátidas de cromosomas homólogos se aparean e intercambian secciones de su ADN durante la sinapsis. El entrecruzamiento de genes da lugar a la denominada recombinación genética.
<b>Variabilidad</b>	Solomon et al. (2013, p. 237) refiere que "La variación genética hace relación a las diferencias entre los progenitores y su descendencia o entre individuos de una población." Monsalve (2014) explica:  La variabilidad genética se ha concebido entonces como todos

---

aquellos cambios que se dan en el interior de los genomas de una población a causa de diferentes factores como aspectos mutagénicos, ambientales y, que se llevan a cabo gracias al intercambio de material genético en el momento de la reproducción. (p. 17)

Esta generalmente se produce, entre otros aspectos, por efectos del entrecruzamiento entre los cromosomas homólogos en la meiosis y hace relación a los alelos que codifican para un carácter, sobre el que puede actuar la selección natural.

**Cromosoma**

“Las estructuras presentes en el núcleo celular consisten de cromatina y tienen genes, su nombre proviene del griego croma: color y soma cuerpo.” Solomon et al. (2013, p. 230)

Los cromosomas hacen relación a la manera como estos cuerpos coloreados, empaquetados de cromatina, se hacen visibles al microscopio como estructuras bien definidas durante la división celular.

**Gen**

“Segmento de ADN que sirve como unidad de información hereditaria; incluye una secuencia de ADN que se transcribe (más las secuencias asociadas que regulan su transcripción) para producir una proteína o un producto de ARN con una función específica.” (Solomon et al., 2013. Glosario G-21.)

---

### 2.1.2 Perspectiva pedagógica y didáctica

En este segundo aspecto se discutirán las dos estrategias centrales asumidas para el diseño de esta propuesta de enseñanza, como son la secuenciación del aprendizaje por medio del ciclo didáctico y los asuntos socio-científicos (SCS), transversalizadas por la forma de enseñanza didactizada desde el Aprendizaje Significativo.

La propuesta de enseñanza se modela entonces, a partir del Ciclo Didáctico o Ciclo del aprendizaje, propuesto por Jorba y Sanmartí (1994), quienes proponen una secuencia de aprendizaje, el cual es caracterizado por Henao, Mejía, Jiménez & Aguilar (2007) como

Inscrita en la perspectiva o enfoque didáctico de la enseñanza como proceso de investigación dirigida. Estas investigaciones a modo de metodologías para la enseñanza se centran en problemas auténticos, esto es problemas que sean significativos e interesantes para los estudiantes. (p.83)

En el Ciclo Didáctico la secuencia didáctica se constituyen en el andamiaje que traduce los aspectos cognitivos, de corte constructivista y con desarrollo de habilidades de pensamiento científico como lo argumentan Henao et al. (2007)

En esta perspectiva, del Ciclo Didáctico no considera a los estudiantes como pequeños científicos. Se reconoce la profunda diferencia entre la investigación científica en sentido estricto y las indagaciones de clase, no obstante, se concibe al estudiante como constructor de explicaciones, en tanto está involucrado en procesos que requieren, por ejemplo, relacionar conclusiones con datos, leyes, principios, elaborar y testar hipótesis, es decir estar involucrado en procesos de orden epistémico (p.86)

El Ciclo Didáctico se reconoce como una herramienta didáctica que favorece el desarrollo conceptual, facilita la alfabetización científica y facilita la implementación de procesos investigativos en el aula, además de otras fortalezas que se han logrado implementar en otros espacios por esta estrategia.

Como se refirió anteriormente, el ciclo didáctico, está estructurado por varias fases no necesariamente secuenciales según propone Jorba y Sanmartí (1994), citado por Monsalve, C. (2014), que en últimas puede entenderse así:

- Fase de Indagación de ideas previas: en esta fase lo fundamental es reconocer las ideas previas de los estudiantes para poder utilizar los subsunsores y realizar la asimilación, ya que esta propuesta está estructurada sobre la formas de aprendizaje intencionadas desde la perspectiva del aprendizaje significativo; esta etapa permite al docente identificar puntos de partida, explicitar logros y competencias, identificar explicaciones alternativas, estrategias espontáneas, valores y actitudes, plantear el nivel de requisitos de los estudiantes y proponer nuevas estrategias que permitan la regulación y la cualificación de los aprendizajes.
- Fase de Introducción de nuevos conocimientos: búsqueda de nuevos modelos explicativos, procedimientos y actitudes. Esta etapa permite revisar, exponer, reconstruir para el estudiante los conceptos, teorías científicas, y el entramado conceptual, por medio de los cuales se construye el contenido científico correspondiente a la Unidad Didáctica propuesta desde la perspectiva del aprendizaje significativo. Se trata de trascender el aprendizaje mecánico e

---

introducir unas formas de aprendizaje que permitan aprender a partir de aquellos conceptos previos que los estudiantes traen al aula, seleccionando los organizadores previos a partir de los cuales se interaccionan con los nuevos conocimientos estableciendo relaciones con significados estables.

- Fase de estructuración y síntesis: en esta fase se asimila el conocimiento conceptual, procedimental y actitudinal. Es fundamental utilizar estrategias metacognitivas que permitan el desarrollo y afianzamiento de la comprensión, la búsqueda de explicaciones tradicionales y alternativas que pueden originarse provocando conflicto cognitivo. En esta fase se hace fundamental la generación del proceso de asimilación a partir de lo trabajado en las etapas anteriores, ya que aquí se establecen relaciones entre los conocimientos previos y los nuevos conocimientos de manera no arbitraria ni literal. Es en esta etapa, aunque no es la única donde se privilegian las ligazones, se establecen jerarquías conceptuales, se subordinan conocimientos, se supraordenan, se desarrollan procesos conceptuales de inclusión, aumentando la abarcabilidad y estabilidad de los conceptos con resultados de conocimientos más elaborados, estables y significativos.
- Fase de Aplicación de conocimientos a nuevas situaciones problemáticas: en esta fase se busca que los estudiantes pongan a prueba los conocimientos validados en las etapas anteriores. Se pueden plantear nuevas preguntas para que los estudiantes apliquen los conocimientos conceptuales, las formas de proceder y el desarrollo de actitudes ante los dilemas socio-científicos. Es aquí en esta etapa donde se espera como resultado, el que los estudiantes ya posean un marco conceptual estable que les permita asumir preguntas que privilegien procesos de indagación en el aula, desde manejo de información significativa, relacionable con los procesos conceptuales trabajados hasta aquí.

### **2.1.3 Los dilemas socio-científicos en el diseño de la propuesta de enseñanza de la meiosis**

Según Prieto (2009), citado por Beltrán (2012) define así las cuestiones socio-científicas:

Las cuestiones socio-científicas (CSC) son problemas abiertos, complejos y controvertidos, muchos de ellos sin respuestas definitivas, y cualquiera que sea la postura que el individuo o la sociedad tenga ante ellos, el debate no le va a ser ajeno, ya que la importancia del mismo va a ir en aumento a medida que prosiguen los avances de la ciencia y los problemas ambientales. Al ser reales y cercanos posibilitan el análisis de los problemas globales que caracterizan la situación actual del planeta y la consideración de posibles soluciones. (p. 32)

Las cuestiones socio-científicas se inscriben en el enfoque Ciencia, tecnología, sociedad (CTS). Este enfoque pretende que los estudiantes asuman posturas críticas que les permitan acercar el conocimiento cotidiano con el conocimiento científico, sentirse involucrados con sus propias construcciones conceptuales, procedimentales y también actitudinales. En otros términos, Zenteno, Mendoza & Garritz (2009), citado por Beltrán (2012) expresan: “CTS pretende relacionar aspectos sociales del mundo real que presentan un contenido importante de la ciencia con la enseñanza de esta”. (p. 9), aspecto central de esta propuesta de enseñanza.

### **2.1.4 Perspectiva de enseñanza desde el aprendizaje significativo**

Esta propuesta de enseñanza parte de entender el aprendizaje desde la construcción de sentidos y se fundamenta en la teoría del Aprendizaje significativo de Ausubel (1976), citado por Moreira (2000) y Moreira (2002) y en la teoría de Aprendizaje Significativo Crítico de Moreira (2010). Así las cosas y como se comprende que el aprendizaje no está desligado de las formas de enseñanza, ambos se articulan, desde la misma conceptualización. Para el caso, como lo refiere (Coll, 2001)

La significatividad del aprendizaje se refiere a la posibilidad de establecer vínculos sustantivos y no arbitrarios entre lo que hay que aprender -el nuevo contenido- y lo que ya se sabe, lo que se encuentra en la estructura cognitiva de la persona que aprende -sus conocimientos previos-. Aprender significativamente quiere decir poder atribuir significado al material objeto de aprendizaje; dicha atribución sólo puede efectuarse a partir de lo que ya se conoce, mediante la actualización de esquemas de conocimiento pertinentes para la situación de que se trate. (Párr. 5)

Se quiere superar el aprendizaje memorístico y repetitivo, que dificulta la construcción de subsunores válidos y relevantes para realizar relaciones y conexiones sustantivas con el nuevo conocimiento, como lo dejaron ver los estudios de los conceptos previos analizados en esta propuesta de enseñanza, que aunque vistos en el grado anterior, no se constituyeron en subsumidores que facilitara la asimilación.

---

Al utilizar la estrategia de análisis de dilemas socio-científicos desde otras formas de producir variabilidad de maneras artificiales, como en el caso de producción de transgénicos y de búsqueda de la cura de una enfermedad como la beta-talasemia modificando embriones humanos, se está permitiendo a los estudiantes acceder a otras situaciones donde pueden encontrar la búsqueda de sentido y de significados, si lograron anteriormente la comprensión y versatilidad del lenguaje científico “Cuanto más rica, en elementos y relaciones, es la estructura cognitiva de una persona, más posibilidades tiene de atribuir significado a materiales y situaciones novedosos y, por lo tanto, más posibilidades tiene de aprender significativamente nuevos contenidos”. (Coll, 2001) (Coll & Solé, 2001, párr. 5)

El aprendizaje significativo está referido como una teoría de aprendizaje que permite superar el aprendizaje por repetición, donde se memoriza y se aprende para el momento pero no se establecen relaciones significativas de los conceptos, las representaciones y las proposiciones. Cuando se trata de un aprendizaje acumulativo, que no logra transferencia, se hace necesario utilizar nuevas formas de aprender y de enseñar, como lo sustenta la Teoría del Aprendizaje Significativo. Estas formas de aprendizaje sirven para aplicar lo aprendido a nuevas situaciones problema ya que se supera el aprendizaje mecanicista y enciclopédico.

Este es el caso propuesto en la Unidad didáctica: “El salto del gen a la biodiversidad un asunto en cuestión”, desde donde el lenguaje básico de la meiosis favorece la comprensión, la asimilación y permite la correlación con distintas situaciones que causan tensiones desde el punto de vista de los efectos de algunos desarrollos científicos y facilitan al estudiante tomar postura informada para su vida.

## **2.2 Marco Legal**

El marco legal que fundamenta esta propuesta parte de la Constitución Política de Colombia de 1991, La Ley General de Educación 115 de 1994 (Congreso de la Republica de Colombia, 1994), los Lineamientos Curriculares de Ciencias Naturales del Ministerio de Educación Nacional (MEN) (Ministerio de Educación Nacional, 2007), los Estándares

Básicos de Competencias de Ciencias Naturales (2007), y el proyecto educativo institucional (PEI) de la institución Educativa Santa Rosa de Lima de Medellín (2014).

De acuerdo con los estándares se proponen tres niveles: entorno vivo, entorno físico y ciencia, tecnología y sociedad (CTS). Según los estándares curriculares (2007) p. 115, de competencia en las ciencias naturales, el entorno vivo se refiere a los procesos biológicos mientras que el entorno físico se refiere a los procesos físicos y químicos. Es así como se busca facilitar la comprensión y diferenciación de los problemas específicos relacionados con los contenidos.

### **2.2.1 Rediseñando la educación científica para el siglo XXI**

Al respecto de la educación científica que el país necesita para afrontar los retos que el siglo XXI le impone, se retoman los planteamientos de Lemke (2006), quien propone algunas reflexiones para los educadores en ciencias naturales.

Así, el autor considera que las nuevas tecnologías pueden ayudar a mostrar a los estudiantes, numerosas maneras de aprender, desde múltiples entornos de aprendizaje. La investigación puede ayudar a entender como aprenden los estudiantes para no quedar en deuda con ellos; se requiere motivar, enseñarles no sólo las leyes y las teorías sino los compromisos sociales y tener en cuenta las preocupaciones de los estudiantes, para que sientan que lo que aprenden les sirve para mejorar sus vidas y las vidas de los demás.

La educación científica necesita más asombro, honestidad, humildad y más valor real para muchos estudiantes; con los niños se requiere incentivar todavía más el desarrollo del asombro, que genere mayores motivaciones y con los más jóvenes se requiere de la presentación de una imagen más honesta tanto de los perjuicios como de los beneficios de la ciencia. Se deberían desarrollar habilidades de pensamiento crítico, desde el uso de diversos entornos de aprendizaje para que vean el mundo desde otras perspectivas. Se necesita prestar atención al aprendizaje que genere múltiples representaciones en nuestro nuevo mundo multimedial.



---

Necesitamos enfocar nuestras prácticas pedagógicas atinando a todo aquello que produzca una mejor sociedad, una vida mejor para todas las personas llevando al estudiante a usar sus talentos en beneficio propio, de su entorno y del ecosistema terrestre. La educación estrictamente de corte cuantitativa y con carácter técnico-científica no nos favorece a todos; no sólo nos podemos preparar para ser consumidores de una economía global que solo beneficia a las multinacionales, sino que se hace necesario tomar partido por todos aquellos aspectos que nos lleven a analizar y a criticar los aspectos favorables o desfavorables de la ciencia, para todos, como es la esencia de esta propuesta de enseñanza.

### **2.3 Contexto espacial**

La institución educativa Santa Rosa de Lima posee tres sedes, separada geográficamente, en dos sectores diferentes, donde funcionan dos escuelas primarias que alimentan la población de la institución. Este proyecto se desarrolla en la sede central, ubicada en los alrededores del parque de la Floresta, en el perímetro urbano del municipio de Medellín, en la comuna N° 12, en el barrio la Floresta.

Actualmente, la institución cuenta con un edificio rodeado de zonas verdes, con buena distribución de aulas, espacio para los laboratorios y dos salas de sistemas; atiende tres jornadas mañana, tarde y nocturna, con matrículas desde preescolar a undécimo en la mañana y en la tarde y en la noche bachillerato completo, semestralizado, por ciclos. Cuenta con una población de alrededor de 2.800 estudiantes distribuidos en las tres sedes mencionadas.

Según el PEI de la institución y la propia experiencia la población estudiantil que asiste a la institución Educativa Santa Rosa de Lima, presenta cierto margen de vulnerabilidad, ya que procede de un ambiente social que en mayor o menor escala enfrenta problemáticas relacionadas con la satisfacción de necesidades básicas, (estrato socioeconómico, 0, 1, 2 y 3) consistente en informalidad laboral o desempleo, hogares mono-parentales, violencia intrafamiliar, familias extensas con diferentes formas de autoridad, en general, bajo nivel educativo, crianza autoritaria; esto aunado a las problemáticas de la zona barrial: presencia de actores del conflicto armado que incluyen

dinámicas de uso de drogas y alcoholismo, presencia de plazas de vicio, fronteras invisibles, formación de combos, desplazamientos, entre otros aspectos. Estas son características de la comuna 13 de Medellín desde donde procede el 70% de la población estudiantil objeto de este estudio.

A la vez, este panorama contrasta con una población joven alegre, con deseos de aprender, inquieta, pero con argumentos, que hace falta refinar. Hay estudiantes colaboradores, respetuosos, de buen nivel académico, y otros con buenas posibilidades para el aprendizaje, esperanzados en ser unos profesionales que quieren hacer las cosas de mejor manera cada vez, proponiendo nuevas maneras de aprender.

---

## 3 DISEÑO METODOLÓGICO

### 3.1 Del paradigma investigativo, el enfoque y la estrategia metodológica de este trabajo

El interés práctico, según Habermas, da origen a las ciencias histórico hermenéuticas de naturaleza cualitativa; esto implica una racionalidad distinta a la concepción estrictamente cuantitativa de contraposición de variables, al entender que es miope interpretar fenómenos desde planos ajenos al contexto. Cisterna (2005), citado por Barra & Mora (2013) indica que: “Investigar desde una racionalidad hermenéutica significa una forma de abordar, estudiar, entender, analizar y construir conocimiento a partir de procesos de interpretación, donde la validez y confiabilidad del conocimiento descansa en última instancia en el rigor del investigador”. (p.6)

De igual manera, la investigación cualitativa es de carácter subjetivo, pues se apoya en las relaciones dialógicas, construidas a través del lenguaje.

Se puede entender entonces que el paradigma cualitativo está ligado a la dialéctica, a la construcción e interpretación del discurso y los significados que lo componen. De allí que una mirada crítica del contexto permite la toma de decisiones más acertadas y coherentes con las circunstancias y necesidades del estudiante.

Moreira (1999) considera que la investigación cualitativa es apropiada para dar cuenta de las particularidades de los procesos de enseñanza y de aprendizaje en un aula, dado que los seres humanos comparten significados aprendidos muy propios de ellos. Sin embargo si se quieren obtener resultados replicables es necesario reconocer las particularidades, lo que se consigue con el estudio de caso analizándolo según la

perspectiva de los actores a través de sus vivencias, significados y experiencias. El investigador interpreta, documenta y establece regularidades, cual es el caso de esta investigación, que con su enfoque descriptivo e Interpretativo, busca privilegiar las nociones de comprensión, significación y acción por encima de explicación, predicción y control propios de un paradigma positivista.

La estrategia metodológica de este trabajo retoma a Stake (1999), quien aborda el concepto de estudio de caso desde la observación de una realidad concreta para descomponerla en sus partes o categorías en busca de un análisis sistematizado; en este sentido el caso puede ser un estudiante, un grupo, o una institución educativa. Para este proyecto, el caso es la propuesta de enseñanza “La meiosis como fundamento de la variabilidad: una propuesta de enseñanza desde asuntos socio-científicos”, puesta en acción en el aula de clase mediante la unidad didáctica “El salto del gen a la biodiversidad: un asunto en cuestión” en el grado Octavo-1 de la Institución Educativa Santa Rosa de Lima de Medellín.

El propósito de este esfuerzo pedagógico es evaluar el diseño de una propuesta de enseñanza de la meiosis desde la relación con dilemas y asuntos socio-científicos para que ayude a los estudiantes a aprehender los conceptos de tipo disciplinar, base de una buena formación científica y les facilite asumir posturas críticas frente a los desafíos tecnológicos y científicos del mundo de hoy.

### **3.2 Participantes y criterios de selección**

Analizando las listas Institucionales de los estudiantes se realizó el siguiente análisis; el grupo al que va dirigida esta propuesta es el grado octavo-1 de 2015 de la Institución Educativa Santa Rosa de Lima del municipio de Medellín, compuesto por 37 estudiantes de todos los géneros, aun cuando prima el masculino<sup>1</sup>. Sus edades oscilan entre los 13 y 16 años pero el 75% está ubicado en un rango de edad de 13 y 14 años edad prevista para este año lectivo. No obstante ello, el grupo tiene 15 estudiantes en extra-edad<sup>2</sup> a

---

<sup>1</sup> Se privilegia el número de hombres con respecto al número de mujeres. El 75% del grupo es masculino y sólo el 25 % es femenino.

<sup>2</sup> Mayores de quince (15) años.

---

quienes no los cubren los auxilios económicos del gobierno, pero que se les recibe y atiende como si fueran de edad escolar. La mayoría del grupo oscila en estratos uno a tres, con mayor concentración en el dos.

Se seleccionó este grupo porque los conceptos disciplinares señalados por los estándares curriculares y la planeación anual lo ubican en este grado. De igual manera, el tiempo en que se programó la unidad didáctica corresponde con lo propuesto en el cronograma.

Este proyecto se delimita desde varios aspectos. Primero desde el enfoque disciplinar que sólo asume la fase de meiosis donde ocurre el proceso de entrecruzamiento a nivel subcelular en el campo del gen. No retoma la variabilidad orgánica ni ambiental, de carácter evolutivo. En segundo lugar, con respecto al análisis de dilemas sólo asume dos asuntos problemáticos y no profundiza ni plantea la forma de comprender ni enseñar la estructura argumentativa en sí misma. Toma los aportes de los estudiantes tal y como los expresan para posterior análisis; en tercer lugar no profundiza a nivel molecular, para expresar el proceso de la meiosis, sólo lo deja en un escenario estructural explicado por el lenguaje y la molécula de ADN.

### **3.3 Instrumentos para recoger la información**

En este trabajo de investigación se privilegian dos instrumentos de recolección de la información:

Fuentes primarias:

- Actividad diagnóstico: su intencionalidad es identificar lo que saben los estudiantes frente al tema, para ello se diseñó un cuestionario de indagación de conocimientos previos, que los estudiantes realizaron de forma individual y por escrito.
- Actividades de aprendizaje y registros fotográfico: son necesarios para recoger las diferentes producciones escriturales de los estudiante al igual que los

ambientes de aprendizaje, tales como: cuadernos de los estudiantes, dibujos, carteleras, mapas conceptuales, talleres, exposiciones, observaciones escritas y orales de la profesora y otros.

### **3.4 Procedimiento para el análisis de la información**

Debido a que la investigación cualitativa se mueve en un volumen de datos muy grande se hace necesario ordenarlos, agrupándolos por tópicos que respondan a los objetivos que pueden ser cambiantes a medida que se va obteniendo la información. Las categorías se pueden constituir utilizando un criterio unificador, teniendo presente no hacer interpretaciones previas y ceñirse a la información recogida. Al respecto entonces se utilizó el análisis categorial.

El procedimiento implica inicialmente el análisis de la actividad diagnóstica que tiene como propósito indagar acerca de lo que los estudiantes saben con respecto al tema de la unidad didáctica, posterior a la aplicación de la misma se recogen los datos producto de las diversas actividades que realizan los estudiantes. Cada una de las actividades se analiza y sistematiza, se recopila una descripción inicial, acto seguido se realiza la triangulación entre las diferentes actividades con miras a dar cuenta de los objetivos propuestos.

---

## 4 ANÁLISIS DE CONCEPTOS PREVIOS

El análisis de las ideas previas expuestas por los estudiantes de grado octavo – 1, de la Institución Educativa Santa Rosa de Lima, sobre la noción de meiosis y su red conceptual se realiza a partir de los presupuestos de la Teoría de Aprendizaje Significativo en la cual se fundamenta esta propuesta de enseñanza.

Este trabajo presenta un breve ejercicio de estudio de los conceptos previos de los estudiantes, en torno al eje temático que la Unidad Didáctica aborda: la meiosis y la variabilidad. Para ello parte del principio fundamental del Aprendizaje Significativo que Ausubel plantea, y dice así:

Si tuviera que reducir toda la psicología educativa a un solo principio, diría lo siguiente: el factor aislado más importante que influye en el aprendizaje, es aquello que el aprendiz ya sabe. Averígüese esto y enséñese de acuerdo con ello. (Ausubel, 1976, p. 78 citado por Moreira (2000))

Parfraseando a Moreira (2000), cuando explica la no simplicidad de este proceso y argumenta que cuando se dice “aquello que el estudiante ya sabe”, Ausubel se refiere a la “estructura cognitiva”, o sea al contenido total y la organización de sus ideas en un área particular de conocimientos, desde la posibilidad de su mapeamiento, algo que no se consigue tan fácilmente a través de test convencionales. Moreira también explica que este proceso no es fácil de llevarlo a término final, por la complejidad que tiene la estructura cognitiva.

Cuando se asume un trabajo de este estilo, el profesor se maravilla por los tesoros que se hallan, cuando en forma quizá más ordenada y objetiva, revisa los subsunsores de los estudiantes relacionados con la temática que se aborda. Se compara con la alegría que puede experimentar un minero cuando encuentra su veta de oro, con la que

se encuentra un profesor de ciencias cuando halla el espacio donde están las posibilidades para lograr un aprendizaje a través de formas creativas y constructivas.

A continuación, se exponen los hallazgos encontrados en el grupo objeto de esta investigación, los que dan cuenta de las ideas previas sobre el concepto de meiosis y su red conceptual, presentes en la estructura cognitiva de los estudiantes. Para ello se aplica un cuestionario de indagación sobre la Teoría Celular y los conceptos necesarios para abordar el estudio de la meiosis.

Este trabajo se realiza con 37 estudiantes del grupo octavo - 1, los cuales responden en forma individual, las 16 preguntas relacionadas en el cuestionario: "Indagación de conceptos previos" (ver en el A Anexo: Cuestionario de exploración de ideas previas).

Las respuestas obtenidas se describen, se enumeran, se tabulan y se grafican para posterior análisis, teniendo en cuenta la frecuencia, de acuerdo con la población universo. Debido a las aproximaciones matemáticas, el porcentaje total no da como resultado un 100%.

## **4.1 ¿Qué saben los estudiantes sobre el tema?**

### **4.1.1 Célula, partes, estructuras y funciones**

Con respecto a las preguntas relacionadas con la célula, partes, estructuras y funciones, se logra evidenciar que el 42%, correspondiente a 16 estudiantes, tienen el concepto de pequeñez, lo señalan como partícula denotando su carácter microscópico, pero no van más allá en referencia a su tamaño. Sólo algunos estudiantes lo relacionan como microscópico, refiriéndose a una dimensión no perceptible a simple vista.

Un 29% menciona la célula como unidad funcional, un 10% como unidad estructural y sólo un 5% como unidad de origen y genético. El 10% manifiesta que las plantas no tienen células, lo cual permite inferir que hay poca o ninguna claridad sobre la relación de los conceptos de célula y vida. Lo anterior da cuenta de que el concepto de célula que



---

poseen los estudiantes de octavo uno es reduccionista, pues sólo se afirma que forma parte de los seres vivos, que es pequeña y son múltiples. No relacionan la célula con sus funciones fisiológicas (nutrición, relación, secreción, excreción ni crecimiento, reproducción, origen y demás).

A su vez, los estudiantes que mencionan que la célula es la unidad estructural y funcional de los seres vivos, no amplían ni justifican por qué lo saben, se trata de un conocimiento de memoria ya que no se atreven a plantear explicaciones con argumentos, y algunos estudiantes, simplemente lo han consultado en forma rápida en sus celulares, lo cual no da cuenta de sus saberes previos.

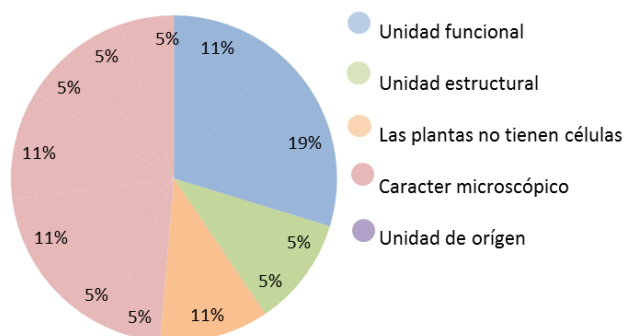
Se evidencia un aprendizaje memorístico, que no logra realizar argumentaciones con proposiciones que respalden los principios de la Teoría Celular. Utilizan algunos conceptos, pero no logran conectarlos en proposiciones que respalden sus apropiaciones conceptuales.

Algunos de los conceptos generales expresados por los estudiantes son: “La célula es pequeña, está conformando los cuerpos en especial los humanos”, sólo un pequeño porcentaje de ellos, expresa: “Las células forman parte de los vegetales”. Según este hallazgo la teoría celular se tiene que fundamentar desde sus cuatro principios: la célula como unidad estructural, funcional, de origen y unidad genética, ya que es allí donde ocurre la reproducción tanto asexual como sexual, vértice de este estudio.

En la Tabla 3 y la Ilustración 1, se relacionan las respuestas dadas por los estudiantes a la pregunta ¿Cómo defines la célula?

**Tabla 3. Respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿Cómo defines la célula?**

1. ¿Cómo defines la célula?		
Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
Unidad funcional	4	11%
Unidad funcional de los seres vivos	7	19%
Están en todo nuestro cuerpo	2	5%
Es lo que conforma la mayoría del cuerpo	2	5%
Las plantas no tiene células	4	11%
Una cosa chiquita	2	5%
Como un microorganismo	2	5%
Parte más pequeña del cuerpo	4	11%
Elementos microscópicos, que constituyen las unidades morfológicas de los seres vivos	4	11%
Muchos seres vivos pequeños interconectados	2	5%
Esta compuesta por átomos y partículas	2	5%
Donde comienza la vida, una cosa pequeña	2	5%
<b>Total</b>	<b>37</b>	<b>100%</b>

**Ilustración 1. Respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿Cómo defines la célula?****1. ¿Cómo defines la célula?**

Con respecto a la pregunta sobre ¿Qué tiene la célula por dentro? se observa que el 95%, equivalente a 35 estudiantes del curso, comprende que dentro de la célula se encuentra el núcleo. No describen cuando las células poseen núcleo con membrana definida (células eucarióticas), ni células sin membrana definida (procarióticas). Pareciera que para los estudiantes todas las células deben tener núcleo definido; así es como lo

---

dejan ver en los dibujos, relacionados en la Tabla 4. Respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿Qué tienen las células por dentro?

El 65%, equivalente a 24 estudiantes muestran que la célula tiene membrana celular. Un 22%, correspondiente a 8 estudiantes expresan que la célula tiene pared celular. No se evidencia que se refieran a una célula vegetal, sólo el 8% correspondiente a 2 estudiantes afirma que las células poseen Cloroplasto. Así que no se encuentra mucha relación, entre los conceptos para considerar la célula vegetal.

Con respecto al citoplasma se observa que el 65% correspondiente a 24 estudiantes conciben la célula como poseedora del citoplasma; existe una relación de un 30% de los estudiantes que concibe la célula con presencia de núcleo pero sin citoplasma, es decir, que para 9 estudiantes, la célula posee núcleo, pero no posee citoplasma, ni membrana celular.

Así es como el 65% del grupo, concibe la célula como estructura conformada por membrana celular, citoplasma y 95% por núcleo. En cuanto a las organelas, se evidencia que el 65% (24) estudiantes, reconocen la presencia de las mitocondrias, organela fundamental para la respiración y funcionalidad de la vida. El 5% (2) de los estudiantes evidencian la pared celular. Expresan indistintamente las organelas de la célula vegetal y la animal. Cuando se les indica realizar esta tarea, no preguntan de qué tipo de célula se trata para que describan y en su ejercicio, enumeran tanto organelas vegetales como organelas animales indistintamente, esto evidencia que los estudiantes presentan confusión entre las dos estructuras celulares: vegetal y animal. La Ilustración 2, da cuenta de los dibujos de células realizadas por los estudiantes, se observa que todas las células tienen núcleo definido, ninguna se ve como procariótica.

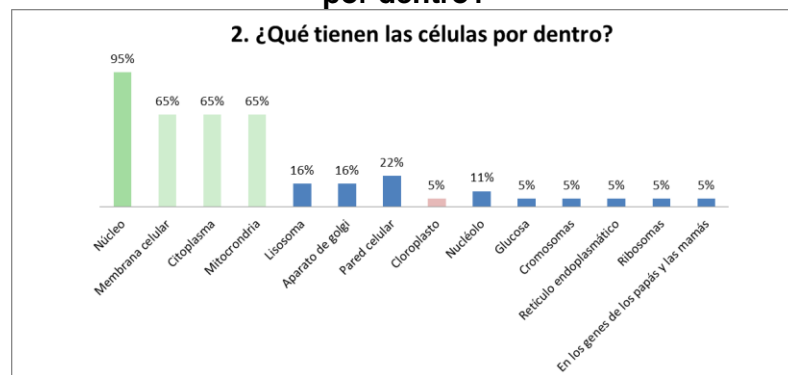
En diálogo con los estudiantes, algunos manifiestan que recuerdan el nombre de estas estructuras, pero no su función, ni donde están localizadas. Esta información se cruza con los dibujos que ellos realizan sobre la célula y sus partes, los cuales se presentan a continuación en la Ilustración 3, evidencias de dibujos sobre las células.

A continuación se muestra la Tabla 4 y la Ilustración 2, donde se pueden observar los conocimientos que tienen los estudiantes sobre lo que conforma la célula.

**Tabla 4. Respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿Qué tienen las células por dentro?**

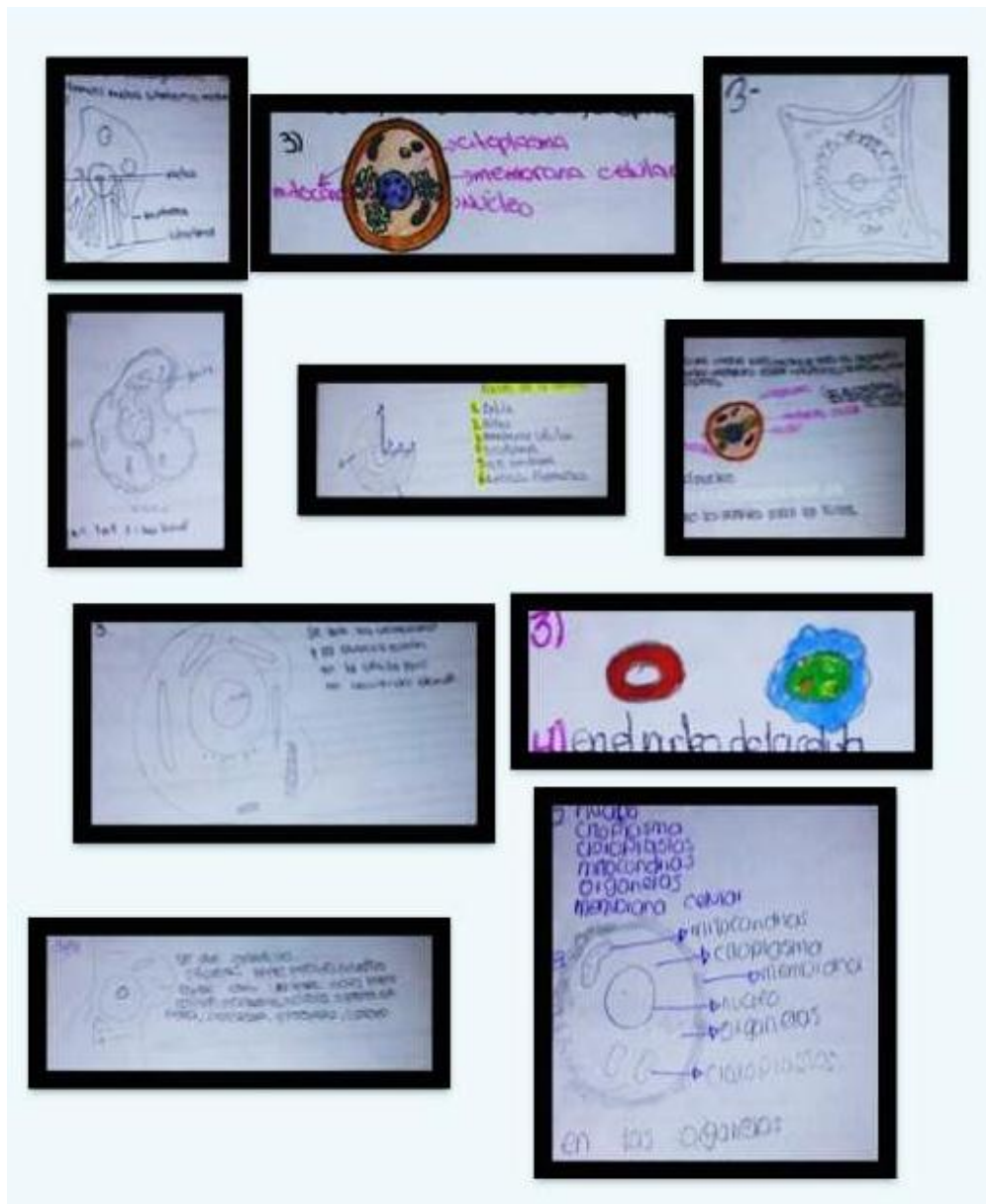
2. ¿Qué tienen las células por dentro?			
Respuesta	Frecuencia	Porcentaje	
Núcleo	35	95%	
Membrana celular	24	65%	
Citoplasma	24	65%	
Mitocrondría	24	65%	
Lisosoma	6	16%	
Aparato de golgi	6	16%	
Pared celular	8	22%	
Cloroplasto	2	5%	
Nucléolo	4	11%	
Glucosa	2	5%	
Cromosomas	2	5%	
Reticulo endoplasmático	2	5%	
Ribosomas	2	5%	
En los genes de los papás y las mamás	2	5%	
No responde	2	5%	
<b>Alumnos del curso</b>	<b>37</b>	<b>100%</b>	

**Ilustración 2. Respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿Qué tienen las células por dentro?**



Ante las orientaciones para que dibujen la célula, se encuentra en estas primeras representaciones elaboradas por los estudiantes, la poca claridad sobre lo que ellos saben con respecto a la estructura celular, concepto que se enseña en la básica primaria y secundaria, ciclos 1, 2, 3 y 4.

**Ilustración 3. Evidencias de los dibujos sobre la célula, presentados por los estudiantes donde se manifiestan sus saberes previos.**



En los dibujos se observan las células con sus tres estructuras fundamentales: membrana, citoplasma y núcleo. Los estudiantes no realizan preguntas sobre si dibujan la célula vegetal o la animal. Ellos enuncian algunas organelas de la célula animal donde priorizan la presencia de las mitocondrias. Aunque en el punto anterior, el 5% (2) de los estudiantes, reconocieron la pared celular, en los dibujos no evidencian la pared celular. Aparecen células con cloroplastos sin relacionarlos con la pared celular.

Cabe recordar que el diez por ciento de los estudiantes expresan que las plantas no poseen células, lo que fundamenta mucho más la necesidad de instalar la teoría celular como piso de la unidad didáctica que se propone.

#### **4.1.2 Conocimientos sobre la herencia y la genética**

Con respecto a estos conceptos y ante la pregunta ¿En qué estructura de la célula se encuentra la información genética? se observa que sólo el 50% de los estudiantes manifiestan que la ubicación del material genético está en el núcleo celular, ya que se asume que cuando dicen centro, tal vez se estén refiriendo también al núcleo. Aunque este porcentaje es interesante el otro 50% de los estudiantes no especifica, (tal vez debido a la formulación de la pregunta), acerca de la ubicación del material genético, ya que dan respuestas, como que, el material genético se encuentra, a nivel celular, en las organelas, pero no especifican cuales, como el cloroplasto, ni la mitocondria y a nivel de los órganos sólo mencionan el cerebro y a nivel organísmico expresan que en gran parte del cuerpo humano, sin especificar donde.

Mientras que el 8% no tiene claridad sobre dónde se encuentra. Sorprende el hecho de que respondan que en la sangre: 11% (4) estudiantes, o en el cerebro 8% (3) estudiantes. Es de extrañar esta clase de respuestas que dan los estudiantes, cuando la sangre y el cerebro no son organelas celulares y el cerebro es un órgano multicelular de gran tamaño, además los estudiantes de octavo reconocen el cerebro, saben de su ubicación y estudian el tipo de células que lo conforman.

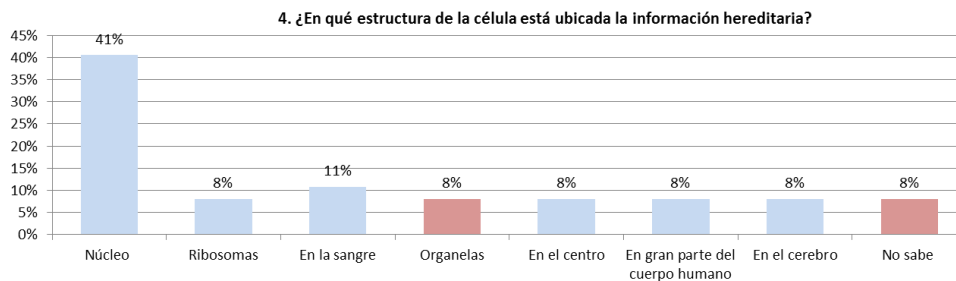
No hablan aquí de cromatina, de ADN ni de genes. Se sospecha que no tienen conceptos con los cuales relacionar la pregunta que se les hace, y aunque en otras preguntas cruzadas mencionan estas estructuras, en otras muy semejantes no las tienen en cuenta, lo que permite concluir que no las relacionan.

Profundizando en la Teoría Celular, se inquiriere lo que saben los estudiantes acerca de las estructuras celulares donde se encuentra la información hereditaria; esto se observa en la Tabla 5 y la Ilustración 4, relacionados a continuación.

**Tabla 5. Respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿En qué estructura de la célula está ubicada la información hereditaria?**

4. ¿En que estructura de la célula está ubicada la información hereditaria?		
Respuestas	Frecuencia	Porcentaje (%)
Núcleo	15	41%
Ribosomas	3	8%
En la sangre	4	11%
Organelas	3	8%
En el centro	3	8%
En gran parte del cuerpo humano	3	8%
En el cerebro	3	8%
No sabe	3	8%
<b>Total</b>	<b>37</b>	<b>100%</b>

**Ilustración 4. Respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿En qué estructura de la célula está ubicada la información hereditaria?**



Ante la pregunta por la parte del cuerpo que lleva información hereditaria, el 32% correspondiente a 12 estudiantes específica que la parte del cuerpo que lleva la información hereditaria está incluida en el colon (5%), en el cerebro (11%), en los ojos (11%), en las células madre (5%), lo que excluye las demás células. Sin embargo un 11% correspondiente a 4 estudiantes, si expresa que está en las células, aunque no especifica donde; el 37% (14) estudiantes sí especifica que la información hereditaria se encuentra en el núcleo, en los cromosomas, ADN y genes, considerando estructuras, más específicas, dentro de la célula, como portadoras de información genética.

Algunos especifican que esa información está ubicada en los cromosomas, específicamente en los genes y que tienen relación con los rasgos físicos, pero sus porcentajes no superaron el 15 %; el 9% expresa que en el ADN, mientras que el 5% dice que en los cromosomas y el 16 % que en los genes. Este porcentaje sigue considerándose bajo, ya que en el punto 4 cuando se les solicita responder ¿En qué estructura está ubicada la información hereditaria? no mencionaron estas estructuras subcelulares.

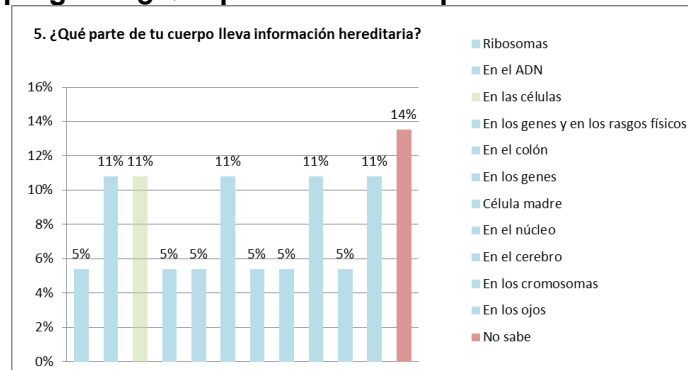
A continuación, en la Tabla 6 y la Ilustración 5, se presentan los saberes de los estudiantes a cerca de la pregunta sobre qué parte del cuerpo lleva la información hereditaria.

**Tabla 6. Respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿Qué parte de tu cuerpo lleva información hereditaria?**

5. ¿Qué parte de tu cuerpo lleva información hereditaria?		
Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
Ribosomas	2	5%
En el ADN	4	11%
En las células	4	11%
En los genes y en los rasgos físicos	2	5%
En el colón	2	5%
En los genes	4	11%
Célula madre	2	5%
En el núcleo	2	5%
En el cerebro	4	11%
En los cromosomas	2	5%
En los ojos	4	11%
No sabe	5	14%
<b>Total</b>	<b>37</b>	<b>100%</b>



**Ilustración 5. Respuestas de los estudiantes a la pregunta Respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿Qué parte de tu cuerpo lleva información hereditaria?**



Igualmente se les preguntó a los estudiantes: ¿Si a un animal como un perrito, le cortan la cola, sus hijos van a nacer sin cola? Se evidencia, que el 20% (9) de los estudiantes cree que modificaciones corporales en etapa de crecimiento y desarrollo afectan la información genética. De la misma manera, creen que si se está en embarazo, y ocurren modificaciones corporales, se podrían transmitir a sus hijos, según lo expresan en diálogos de clase, cuando narran que sus ojos son azules porque cuando su madre estaba en embarazo miraba mucho un artista que tenía los ojos azules, para que su hijo también los tuviera y así fue.

Vale considerar que el 80%, afirma con claridad que si le cortan la cola a un perrito este carácter no se transmite a sus hijos. No se alcanza a reconocer porque no se transmite, cuál es la consideración que los estudiantes tienen sobre cómo opera la transmisión de caracteres hereditarios y sobre qué estructuras genéticas específicas se transmite. No hacen alusión a un carácter hereditario o a uno adquirido.

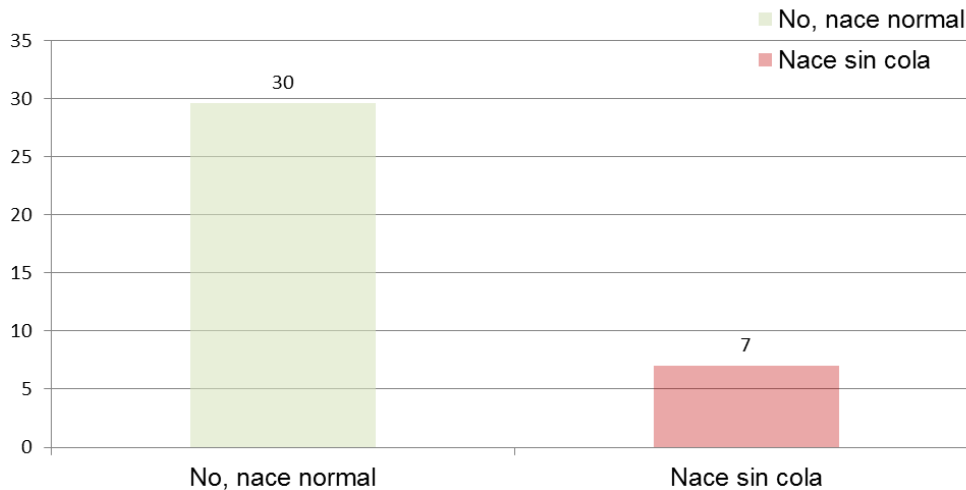
Se referencia a continuación en la Tabla 7 y la Ilustración 6, las respuestas de los estudiantes frente a la modificación o no que puede sufrir el material hereditario si se aplican cambios externos a un organismo.

**Tabla 7. Respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿Si a un animal como un perrito, le cortan la cola, sus hijos van a nacer sin cola?**

6. ¿Si a un animal como un perrito le cortan la cola, sus hijos van a nacer sin cola?		
Respuestas	Frecuencia	Procentaje
No, nace normal	30	80%
Nace sin cola	7	20%
<b>Total</b>	<b>37</b>	<b>100%</b>

**Ilustración 6. Respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿Si a un animal como un perrito, le cortan la cola, sus hijos van a nacer sin cola?**

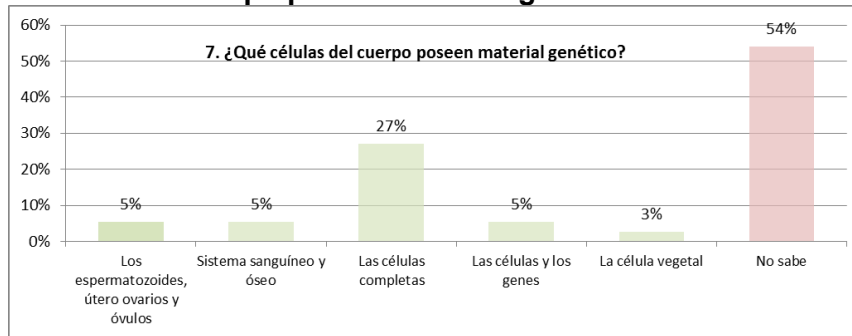
6. ¿Si a un animal como un perrito le cortan la cola, sus hijos van a nacer sin cola?



Se continúa con el análisis de las respuestas de los estudiantes a la pregunta sobre ¿Cuáles células del cuerpo poseen material hereditario?, estas se relacionan en la Tabla 8 y la Ilustración 7. Se realizan preguntas y contra preguntas para que los estudiantes encuentren diferentes maneras de expresar lo que saben y de alguna manera se espera que posibilite establecer relaciones.

**Tabla 8. Respuesta de los estudiantes a la pregunta ¿Qué células del cuerpo poseen material genético?**

7. ¿Qué células del cuerpo poseen material genético?		
Respuestas	Frecuencia	Porcentaje
Los espermatozoides, útero ovarios y óvulos	2	5%
Sistema sanguíneo y óseo	2	5%
Las células completas	10	27%
Las células y los genes	2	5%
La célula vegetal	1	3%
No sabe	20	54%
<b>Total</b>	<b>37</b>	<b>100%</b>

**Ilustración 7. Respuesta de los estudiantes a la pregunta ¿Qué células del cuerpo poseen material genético?**

Aunque un gran porcentaje (54%) equivalente a 20 estudiantes, expresa que no saben en qué células del cuerpo está ubicado el material genético, el 46% restante dice que el material genético está en las células, incluyendo la célula vegetal (5%), el sistema sanguíneo y óseo (5%), los espermatozoides, útero, ovarios y óvulos 5%. Aquí también se observa, que pareciera que se excluyen un tipo de células al priorizar que sólo existe en estas.

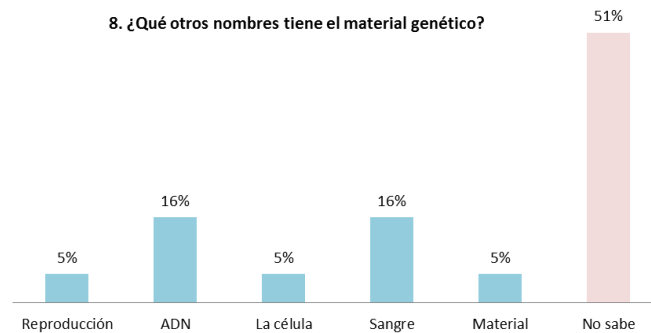
El 27% (10) estudiantes tiene claridad que el material genético está en todas las células, pero no se especificó en las preguntas cuales son las células encargadas de transmitir los caracteres hereditarios.

Seguidamente se relacionan las respuestas de los estudiantes a la pregunta sobre los otros nombres que tiene el material genético, estos se detallan en la Tabla 9 y en la Ilustración 8.

**Tabla 9. Respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿Qué otros nombres tiene el material genético?**

8. ¿Qué otros nombres tiene el material genético?		
Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
Reproducción	2	5%
ADN	6	16%
La célula	2	5%
Sangre	6	16%
Material	2	5%
No sabe	19	51%
<b>Total</b>	<b>37</b>	<b>100%</b>

**Ilustración 8. Respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿Qué otros nombres tiene el material genético?**



El 51% de los estudiantes no reconoce el lenguaje genético, mientras que al 49% restante tampoco le es muy claro, de éstos, sólo el 16% (6) estudiantes lo ejemplifican en el ADN. No se evidencia otros conceptos que relacionen otras estructuras.

Preguntados de otra manera sobre la información genética, se responde que en el ADN, 16%, pero no se mencionan los cromosomas, ni los genes.

Sorprende que en varias respuestas aparezca la sangre relacionándose con estructuras que de alguna manera están implicadas en la reproducción de los organismos.

### 4.1.3 Reproducción sexual y asexual

Se observa que el 54% (20) de los estudiantes expresa que la reproducción sexual es tener hijos, tener relaciones sexuales, entre el hombre y la mujer. El 46% (17) estudiantes manifiesta no saber, un porcentaje muy alto teniendo en cuenta el grado de escolaridad en la que se aplica esta pregunta, o sea, octavo. Los estudiantes no hacen referencia a la reproducción sexual a nivel de los animales, los microorganismos, ni de los hongos, ni de las plantas. No hacen relación a la fertilización de células sexuales o gametos para formar el cigoto. No tienen en cuenta el proceso de meiosis con sus productos (células hijas recombinadas), para expresar, que la reproducción sexual, es el producto de la unión de gametos recombinados, generando variabilidad.

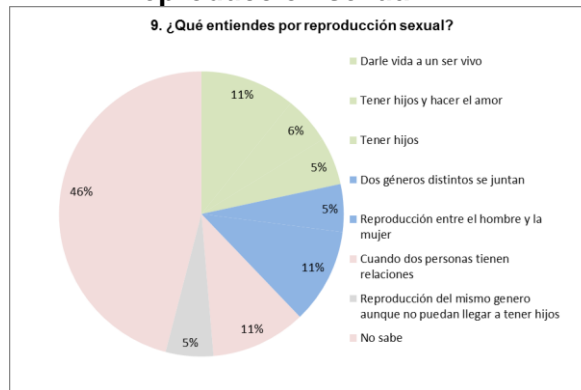
No relacionan la reproducción sexual con su función de variabilidad, estos hallazgos evidencian un concepto reduccionista acerca del objeto de la reproducción sexual. También se excluye la reproducción sexual en las plantas y demás organismos superiores.

En la Tabla 10 y la Ilustración 9, muestran las respuestas de los estudiantes cuando se les pregunta acerca de lo que saben o entienden de la reproducción sexual, ésta se detalla a continuación.

**Tabla 10. Respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿Qué entiendes por reproducción sexual?**

9. ¿Qué entiendes por reproducción sexual?		
Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
Darle vida a un ser vivo	4	11%
Tener hijos y hacer el amor	2	5%
Tener hijos	2	5%
Dos géneros distintos se juntan	2	5%
Reproducción entre el hombre y la mujer	4	11%
Cuando dos personas tienen relaciones	4	11%
Reproducción del mismo genero aunque no puedan llegar a tener hijos	2	5%
No sabe	17	46%
<b>Total</b>	<b>37</b>	<b>100%</b>

**Ilustración 9. Respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿Qué entiendes por reproducción sexual?**



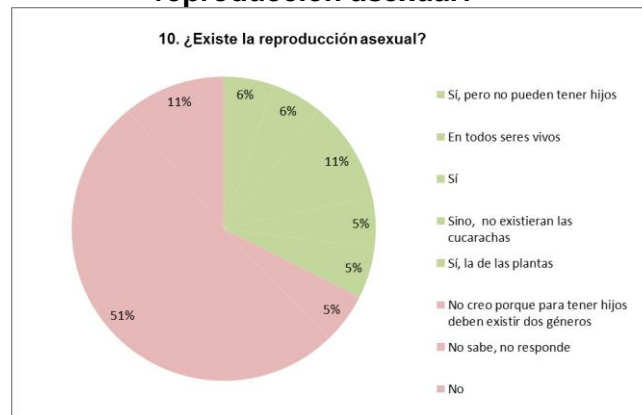
Con respecto a la pregunta ¿si existe la reproducción asexual? el 51% (19) estudiantes, expresa no tener claridad sobre el concepto de reproducción asexual, en ningún momento expresan que se trata de un solo progenitor, que sus hijos son semejantes a sus padres, que no presenta el fenómeno de la variabilidad, no mencionan en ningún momento el fenómeno de la mitosis, no muestran el concepto de clon.

Los estudiantes no tienen claridad sobre el concepto de reproducción sexual, se evidencia un concepto reduccionista, que obedece solo a tener hijos, tener relaciones sexuales. La reproducción sexual la adjudican a la especie humana, en ningún momento se refieren a fenómenos de reproducción animal. En cuanto a los vegetales, consideran que su forma de reproducción es asexual, como lo han dejado ver en varios de sus interrogatorios, pero no ejemplifican cómo es este proceso; no consideran en ningún momento la variabilidad de los vegetales; tampoco en hongos y microorganismos. No diferencian organismos procarióticos de eucarióticos. La Tabla 11 y la Ilustración 10 que se presentan a continuación, detallan las respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿Existe la reproducción asexual?

**Tabla 11. Respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿Existe la reproducción asexual?**

10. ¿Existe la reproducción asexual?		
Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
Sí, pero no pueden tener hijos	2	5%
En todos seres vivos	2	5%
Sí	4	11%
Sino, no existieran las cucarachas	2	5%
Sí, la de las plantas	2	5%
No creo porque para tener hijos deben existir dos géneros	2	5%
No sabe, no responde	19	51%
No	4	11%
<b>Total</b>	<b>37</b>	<b>100%</b>

**Ilustración 10. Respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿Existe la reproducción asexual?**



Cuando se les pregunta sobre ¿Por qué existen familias de un mismo padre, con una misma madre, y todos sus hijos son diferentes? Se observa que 9 estudiantes (24%), expresan que no saben o no responden, el 71% restante, 26 estudiantes evidencian de alguna manera ciertos conocimientos de la genética; 2 estudiantes que corresponden al 5%, expresan que nadie nace igual al papá o a la mamá, de la misma manera como otros 4 estudiantes 11%, afirman también que todos los seres humanos son diferentes. Esto se relaciona con el concepto de reproducción sexual atribuido por los estudiantes a la especie humana, aunque no se fundamente con argumentos desde el campo disciplinar.

Cuando expresan 4 estudiantes (11%), que eso va en la genética, de alguna manera están reconociendo que es a este campo disciplinar a quien le corresponde fundamentar el porqué de las variaciones en la especie. Cuando 4 estudiantes (11%) expresan que los

espermatozoides no son iguales, de alguna manera están evidenciando que son productos variables, aunque no expliquen que son producto de la meiosis. El 5% correspondiente a 2 estudiantes no hace alusión a la pregunta, o no se comprende lo que se quiere decir.

Continuando con el análisis, 4 estudiantes (11%) responden que se transmiten por herencia algunas cosas y otras no, están evidenciando leyes de la herencia, pero desde un conocimiento común al que le hace falta fundamentar el conocimiento científico. Cuando el 11% habla de diferentes rasgos, está reconociendo que muchas veces se transmiten a los hijos, por separado, generando múltiples variaciones.

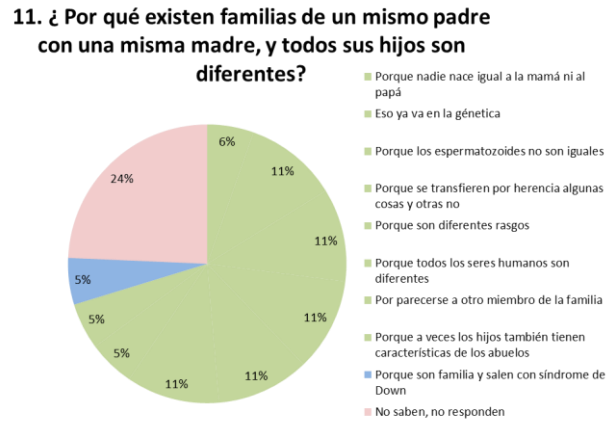
A continuación se relacionan en la Tabla 12 y la Ilustración 11, las respuestas de los estudiantes cuando se les pregunta sobre la diversidad de caracteres hereditarios en una misma familia.

**Tabla 12. Respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿Por qué existen familias de un mismo padre, con una misma madre, y todos sus hijos son diferentes?**

11. ¿ Por qué existen familias de un mismo padre con una misma madre, y todos sus hijos son diferentes?		
Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
Porque nadie nace igual a la mamá ni al papá	2	5%
Eso ya va en la genética	4	11%
Porque los espermatozoides no son iguales	4	11%
Porque se transfieren por herencia algunas cosas y otras no	4	11%
Porque son diferentes rasgos	4	11%
Porque todos los seres humanos son diferentes	4	11%
Por parecerse a otro miembro de la familia	2	5%
Porque a veces los hijos también tienen características de los abuelos	2	5%
Porque son familia y salen con síndrome de Down	2	5%
No saben, no responden	9	24%
<b>Total</b>	<b>37</b>	<b>100%</b>



### Ilustración 11. Respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿Por qué existen familias de un mismo padre, con una misma madre, y todos sus hijos son diferentes?



Con respecto a la pregunta: ¿Cómo se sana una herida? ninguna de las respuestas de los estudiantes hace alusión a la mitosis, sus fases, sus productos. Cabe anotar que este proceso fue estudiado en el grado anterior. En el dibujo B, en el numeral 4, expresan que las células se reconstruyen, como efectivamente ocurre, pero no se sabe hasta qué punto se comprende el concepto. No aclara, si las células hijas son producto de la célula madre o de dónde surge la célula hija. No queda claro si esa reconstrucción de la que hablan produce células haploides, diploides, clones o células variables.

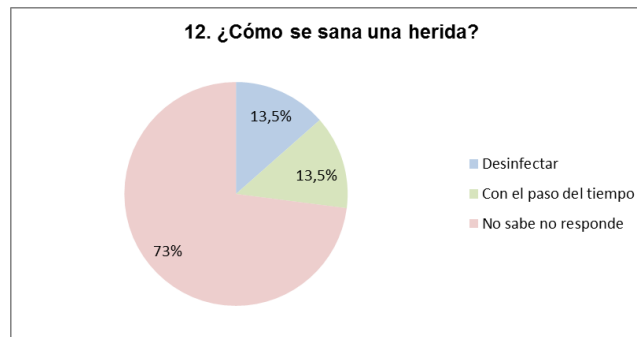
La explicación de cómo sana una herida, más que fundamentarla en el conocimiento científico, se argumenta desde el conocimiento cotidiano, conocimiento común, como desinfectar una herida. En este punto, realmente sorprende que el conocimiento científico, no se transfiera a otros contextos, como la sanación de una herida. Aquí es fundamental tener en cuenta que el 73% (27 estudiantes), aceptan no reconocer el proceso, lo que de alguna manera evidencia que se puede interrogar sobre el cómo es que ocurre este proceso a nivel celular.

En la Tabla 13, Ilustración 12 e Ilustración 13, se relacionan las respuestas y evidencias de los estudiantes a la pregunta acerca del proceso de sanación de una herida.

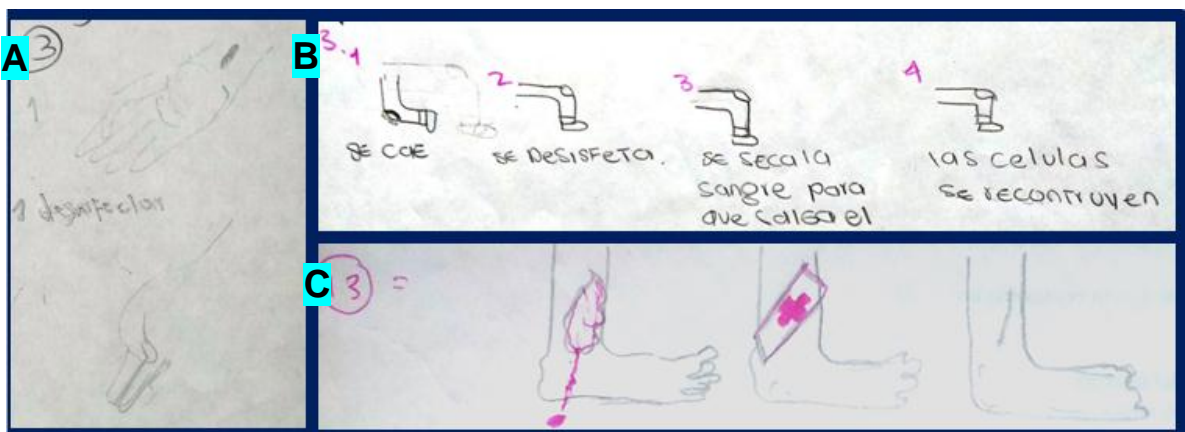
**Tabla 13. Respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿Cómo se sana una herida?**

12. ¿Cómo se sana una herida? Dibuja el proceso de sanamiento de una herida, coloréalo. Escribe los nombres de lo que dibujes. Realiza anotaciones y explicaciones.		
Respuesta	Cantidad	Porcentaje
Desinfectar	5	13,5%
Con el paso del tiempo	5	13,5%
No sabe no responde	27	73,0%
<b>Total</b>	<b>37</b>	<b>100%</b>

**Ilustración 12. Respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿Cómo se sana una herida?**



**Ilustración 13. Evidencias de los dibujos de los estudiantes de octavo uno, representando el proceso de ¿Cómo se sana una herida?**



Ahora, ante la pregunta por si tienen reproducción sexual las plantas, se encontró que: el 73%, equivalente a 27 estudiantes, responde que las plantas no poseen reproducción

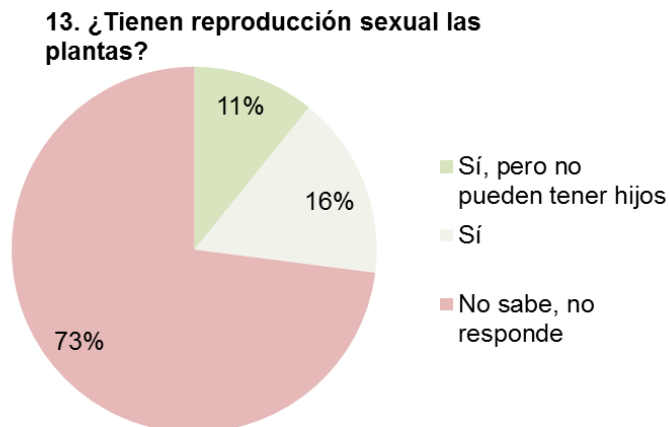
sexual, ya que han dejado evidenciado este concepto, como cópula, como generación de hijos, como relación entre dos géneros masculino, femenino, desde donde se denota que no se reconoce el carácter dioico y monoico de las plantas, sus formas de reproducción sexual, y sus características de variabilidad. No se reconoce que las plantas también producen gametos generadores de variabilidad.

En la Tabla 14 y la Ilustración 14, se relacionan las respuestas de los estudiantes a la pregunta sobre si las plantas presentan reproducción sexual.

**Tabla 14. Respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿Tienen reproducción sexual las plantas?**

13. ¿Tienen reproducción sexual las plantas?		
Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
Sí, pero no pueden tener hijos	4	11%
Sí	6	16%
No sabe, no responde	27	73%
<b>Total</b>	<b>37</b>	<b>100%</b>

**Ilustración 14. Respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿Tienen reproducción sexual las plantas?**



A continuación en la tabla 15 se relacionan las respuestas que dan los estudiantes cuando se les solicita que escriban lo que entienden frente a los conceptos: herencia, cromosoma, gen, cromátides, gameto, meiosis, mitosis, ADN y genoma.

**Tabla 15. Respuestas de los estudiantes sobre lo que entienden acerca de los conceptos básicos relacionados con la meiosis**

**14. Escribe lo que entiendes por los siguientes conceptos:**

Conceptos	Respuesta	Porcentaje	No sabe no responde
Herencia	Personas que dejan dinero, tierras	4%	96%
Cromosoma		0%	100%
Gen	Los rasgos	4%	96%
Cromátide		0%	100%
Gameto		0%	100%
Meiosis		0%	100%
Mitosis	Son partes de la célula	4%	96%
ADN		0%	100%
Genoma		0%	100%

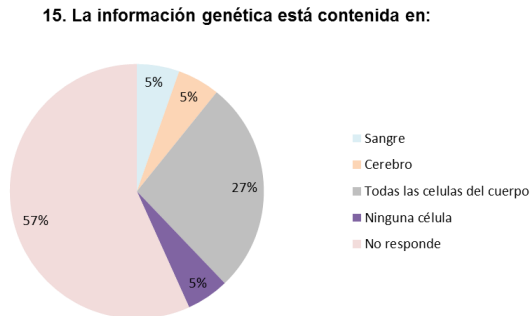
Las respuestas de los estudiantes evidencian que no manejan el lenguaje básico de la genética, llevan el concepto a otro campo como el social, pero no el campo de la Biología. Se concluye entonces, que se requiere formación disciplinar, fundamental para comprender el proceso de la meiosis como objeto de variabilidad. Se hace necesario implementar una estrategia didáctica como organizador previo que permita introducir el lenguaje que fundamente el estudio de la meiosis.

Continuando con la exploración de ideas previas de los estudiantes, se presenta un contra-pregunta acerca del espacio donde está contenida la información genética, las evidencias se detallan en la tabla 16 y en la ilustración 15, que se muestran a continuación.

**Tabla 16. Respuestas de los estudiantes, cuando se plantea la contra-pregunta acerca del espacio dónde está contenida la información genética**

15. La información genética está contenida en:		
Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
Sangre	2	5%
Cerebro	2	5%
Todas las células del cuerpo	10	27%
Ninguna célula	2	5%
No responde	21	57%
<b>TOTAL</b>	<b>37</b>	<b>100%</b>

### Ilustración 15. Respuestas de los estudiantes, cuando se plantea la contra-pregunta acerca del espacio donde está contenida la información genética



Las respuestas dan cuenta que el 27% (10) de los estudiantes, responden que la ubicación de la información genética se encuentra en todas las células del cuerpo humano, pero no hacen alusión a que las células que transmiten esa información son los gametos; el 57% dice no saber ni responder, lo que permite ver la necesidad de implementar esta Unidad Didáctica. De nuevo aparecen la sangre y el cerebro relacionados con la ubicación de la información genética. Esto evidencia que requiere construir conocimiento alrededor de estas creencias, que de alguna manera se pueden convertir en obstáculo epistemológico. Una vez más se evidencia que es necesario construir el lenguaje que fundamente la red conceptual que se requiere para anclar el concepto de meiosis.

De la misma manera la Tabla 17 y la Ilustración 16, detallan las respuestas de los estudiantes a la indicación que se les hace de señalar los organismos que están formados por células.

**Tabla 17. Respuestas de los estudiantes cuando se les indica que señalen los organismos que están formados por células**

16. Señale los organismos que están formados por células		
Respuesta	Frecuencia	Porcentaje
Un colibrí	6	16%
Una planta	6	16%
Una mesa	0	0%
Una persona	11	30%
Un coral marino	5	14%
No responde	9	24%
<b>TOTAL</b>	<b>37</b>	<b>100%</b>

### Ilustración 16. Respuestas de los estudiantes cuando se les indica que señalen los organismos que están formados por células



Así entonces, aunque un 24% (9) de estudiantes, no responde a una pregunta tal vez obvia para este grado octavo, si se tiene en cuenta que la teoría celular se trabajó en el grado séptimo. Reconocen las células en las personas, los colibríes y las plantas y sólo un 14% en los corales; una mesa, la madera no la visualizan como parte de un ser vivo. Para comprender el proceso de variabilidad, es fundamental reconocer la teoría celular y sus principios, en este caso la célula como unidad estructural.

Sorprende que el 30% (11 estudiantes) reconocen que las personas están formadas por células, porque quizás los fenómenos biológicos se han relacionado un poco más con la fisiología de las personas, que con las plantas y los animales.

## 4.2 Hallazgos de los conceptos previos y problemáticas encontradas que se constituyen en obstáculos epistemológicos para el aprendizaje de la meiosis

El análisis de los conceptos previos explicitados por los estudiantes de grado octavo uno, encuentra que el concepto de célula no corresponde a la diversidad vegetal y animal, ello evidencia la presencia de un concepto reducido que no diferencia los dos tipos de células y dificulta la comprensión del primer principio de la teoría celular, que se refiere a la célula como unidad estructural. Tampoco se encuentra información que dé

---

cuenta de la célula como unidad funcional, alguna escasa relación a la célula como unidad de origen y como unidad genética.

En cuanto al lenguaje, se encuentra que los estudiantes mencionan algunos conceptos en una pregunta y luego preguntado de otra manera no hacen alusión a los conceptos, pareciera que no se establecen relaciones entre ellos.

Los estudiantes no diferencian entre reproducción sexual y asexual, ni diferencian entre mitosis y meiosis. Cuando se les pregunta cómo sanan las heridas, aluden más bien al lenguaje cotidiano que al lenguaje validado por la comunidad científica, para argumentar en torno al fenómeno en cuestión el de la meiosis y la variabilidad.

En síntesis, el lenguaje que se encontró en los conceptos previos, no constituye subsumidor válido ni relevante para aprender de modo significativo el concepto de meiosis y su red conceptual. Por lo tanto, se requiere estructurar las representaciones, conceptos y proposiciones que sirvan de puente, permitiendo relacionar y modificar los nuevos conceptos para facilitar la asimilación y por ende el Aprendizaje Significativo.

Uno de los grandes problemas en la enseñanza de la genética es la apropiación del lenguaje, para que los estudiantes logren la comprensión de procesos como la meiosis y la reproducción celular, como lo afirman Stewart & Dale (1989); Kindfield (1994); Ibáñez & Martínez (2005), citado por Iñiguez & Puigcerver, (2005), cuando dicen: “La meiosis supone una importante dificultad durante el proceso de enseñanza aprendizaje de la herencia biológica y los estudiantes no la relacionan con el proceso de formación de gametos ni con la resolución de problemas de genética” (p.308)

Este argumento fundamenta la necesidad de estudiar las dificultades que presentan los estudiantes para el aprendizaje de la meiosis en diferentes contextos y que se desarrollen y valoren estrategias didácticas que aminoren esta problemática ya probada en otros espacios.

En cuanto al problema del lenguaje básico de la genética, Iñiguez & Puigcerver (2005), expresan que los estudiantes no relacionan la estructura del material hereditario:

genes, cromosomas y ADN (Iñiguez & Puigcerver, 2001; Caballero, 2008), pues el hecho de tener algunos conceptos, algunas representaciones y no relacionarlas, no garantiza la asimilación ni llegar a la meta del Aprendizaje significativo, de tal forma que cada concepto se vuelva cada vez más estable y abarcador, propósito que se espera lograr con el diseño e intervención de la Unidad Didáctica.

Volviendo a la problemática de la construcción de representaciones requeridas para asumir esta Unidad Didáctica sobre la enseñanza de la meiosis y la variabilidad desde asuntos socio-científicos, se observó que los estudiantes que ya habían estudiado el lenguaje en el grado séptimo, no lograron establecer un aprendizaje significativo que permitiera establecer relaciones y formación de redes conceptuales estables y aprender para largo tiempo, retener los conceptos, apropiarse del lenguaje, mejorar las representaciones y las proposiciones que les permitan argumentar desde asuntos socio-científicos.

Se reafirma lo expuesto en el párrafo anterior al evidenciar en las producciones de los estudiantes que tienen poca o ninguna claridad sobre los conceptos básicos de la localización de la información hereditaria: cromosoma, ADN, gen y las relaciones que existen entre estos. Para este estudio de caso, es fundamental el reconocimiento de cada escenario, célula, núcleo, cromosoma, ADN, gen, si se tiene en cuenta que es en el gen donde ocurre el proceso de recombinación genética.

Estas formas de enseñanza memorísticas y lineales, generan una inadecuada formación conceptual de la cual se desprenden explicaciones poco precisas y distintas a las proporcionadas por la ciencia, en relación con algunos fenómenos cotidianos; como ejemplo, cuando se pregunta porque todos los hermanos son diferentes, para lo que en este caso, se responde, que porque nacen con síndrome de Down, estableciendo diferencias, sólo cuando se refiere a mutaciones como la mencionada respuesta, que se aleja de la que tendría lugar si fuese dada desde una relación conceptual basada en la disciplina de la biología desde referentes conceptuales, relativos a la variabilidad. (Ayuso, 2002)



Se requiere instalar en la estructura cognitiva de los estudiantes de octavo uno, los subsumidores válidos y relevantes para que sirvan de puente en el proceso de asimilación, en la vía de lograr Aprendizaje Significativo.

Como se puede concluir, después de darle una mirada final y en contexto a estos conceptos previos, es pertinente construir los subsunsores válidos y relevantes, con el fin de lograr aprendizaje significativo, que permita dinamizar sus principios la diferenciación progresiva y la reconciliación integradora, a través de un aprendizaje combinatorio, que facilite la comprensión del proceso de la meiosis y la variabilidad.

Finalmente, se debe planear, diseñar y realizar la intervención con una Unidad Didáctica, a partir de los resultados obtenidos en la exploración y análisis de los conceptos previos, y luego transferir a la discusión de dilemas socio-científicos, que permitan al estudiante asumir una postura socio-crítica de la ciencia. Esto lo lleva a comprender los procesos disciplinares implicados, porque se entiende el lenguaje con el que se construyen estos dilemas, pasando de un proceso de aprendizaje memorístico a uno constructivista, desde donde se mejore la comprensión conceptual, tengan estabilidad y sentido real los conceptos con los que se argumenta en ciencias.

Se debe desarrollar una propuesta intervenida donde el diálogo favorezca la interacción entre profesor-lenguaje de la genética, estudiante-lenguaje, estudiante-estudiante, estudiante-profesor, profesor-grupo, estudiante-grupo, estudiante-material potencialmente significativo.

## 5 UNIDAD DIDÁCTICA: “EL SALTO DEL GEN A LA BIODIVERSIDAD, UN ASUNTO EN CUESTIÓN”

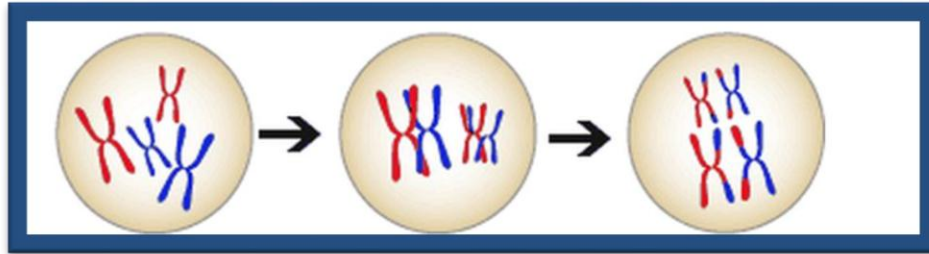
**Ilustración 17. Caballos de mar. Imagen que ilustra la riqueza de la biodiversidad producto de la variabilidad como fundamento de la meiosis**



Recuperado el 12 de agosto de 2015 en [http://opencage.info/pics/Hippocampus\\_abdominalis.asp](http://opencage.info/pics/Hippocampus_abdominalis.asp)

### La recombinación genética es una fuente de variabilidad

**Ilustración 18.** Imagen que muestra el proceso de entrecruzamiento entre dos pares de cromosomas homólogos, como contribución a la variabilidad



Recuperado el 12 de agosto de 2015 en

<http://www.sesbe.org/evosite/evo101/IIICGeneticvariation.shtml.html>

## 5.1 Contexto de la experiencia

La unidad didáctica: “El salto del gen a la biodiversidad, un asunto en cuestión”, está sustentada en un aspecto disciplinar que tiene como propósito explicar el significado de la meiosis, en términos del incremento de la variabilidad, sus formas naturales e inducidas desde la biotecnología (Los transgénicos y la modificación genética de embriones), desde donde se generan tensiones que permiten que el estudiante tome posturas informadas y asuma un concepto de ciencia como una actividad. Las ilustraciones 17 y 18 muestran, la primera, la riqueza de la biodiversidad producto de la variabilidad como fundamento de la meiosis y la segunda, el proceso de entrecruzamiento entre los dos pares de cromosomas homólogos como contribución a la variabilidad.

En otras palabras, se pretende ayudar a los estudiantes a construir y seguir construyendo su modelo de variabilidad natural desde la meiosis y algunas formas de variabilidad inducida. Los estudiantes traen al aula muchas ideas y las seguirán reconstruyendo a lo largo del tiempo y con la persistencia intencionada del docente y a partir de propuestas de intervención con materiales potencialmente significativos; no se busca que sea un modelo acabado, sino que se asimilen algunas ideas significativas para ellos, y obviamente relacionadas con el modelo en cuestión.

Esta unidad didáctica se perfila en la búsqueda de lograr mejores resultados en las prácticas de enseñanza y aprendizaje de los estudiantes a quienes va dirigida. Se diseña, se construye y se interviene en el segundo semestre del año 2015 en la Institución Educativa Santa Rosa de Lima en el grado octavo-1. Pretende que los jóvenes generen explicaciones cercanas a las científicas sencillas, sobre discusiones de asuntos socio-científicos que los inviten a argumentar desde un lenguaje científico.

Este último aspecto, genera serias dificultades para los estudiantes debido a su complejidad conceptual, además porque es un proceso que ocurre en la molécula de ADN, de alto grado de abstracción y a un nivel de escala molecular, que dificulta la construcción de representaciones, ya que es poco lo que el grupo ha avanzado a nivel de la química. En este orden de ideas requiere situar al estudiante en el campo de los materiales concretos, para que ubique el fenómeno, lo represente y lo lleve a la lógica de la escala donde ocurre y de los escenarios que permea. Para la modelización del fenómeno, se aprovecha la introducción motivadora de la discusión de dilemas socio-científicos, que faciliten la construcción de explicaciones científicas desde la apropiación del lenguaje genético requerido para ahondar alrededor del fenómeno de la recombinación genética producto de la variabilidad.

El fenómeno objeto de enseñanza contempla múltiples miradas y escenarios pero no pretende llevarlo al tema de la evolución ni propiamente a la reproducción en general, sino fundamentalmente a la génesis del fenómeno, de la variabilidad, esto es, sólo teniendo a la meiosis como foco, en el aspecto de la recombinación genética.

En primer lugar tiene como pretensión que los estudiantes organicen sus ideas apoyados en el lenguaje situacional de célula, núcleo, cromatina, cromosoma, ADN, gen, locus; como lenguaje adicional, centra los conceptos de célula, célula animal, célula vegetal, célula somática, reproducción sexual, reproducción asexual, célula sexual, célula eucariótica, célula procariótica, reproducción celular, mitosis, meiosis, profase, entrecruzamiento, cromosoma homólogo, sinapsis, gen, locus, célula haploide, diploide, entre otros conceptos, para comprender así el proceso de la meiosis.

---

En segundo lugar, pretende reconocer todo gameto como una posibilidad de variabilidad, ya que al producirse se dota de una individualidad desde las miles de posibilidades genéticas que comporta, con respecto a la variabilidad de sus genes después de recombinarse. De la misma manera aumenta su proceso aleatorio, desde las posibilidades variantes de fecundación, pero este proyecto no pretende ampliar sus límites más allá de la meiosis y sus efectos aleatorios, en la sinapsis

En tercer lugar, retoma las actividades de modelización del ADN, los cromosomas y sus clases, su estructura, la estructura del ADN, sus polinucleótidos, sus nucleótidos, la variabilidad en el orden de las bases nitrogenadas, sus implicaciones en la variabilidad. Logra la extracción del ADN, para verlo manipularlo y reconocer que es allí en esa molécula donde ocurre la recombinación genética al formarse el gameto diferenciado, con el fin de situar la molécula en el campo de lo concreto y ponerla a escala, el modelo de ADN con sus diferentes secuencias de bases nitrogenadas producto de la variabilidad.

Retoma todos los procesos de reproducción celular: mitosis y meiosis, desde sus eventos, sus fases, procesos y productos comparando las diferencias entre una forma de reproducción asexual y sexual, transversalizado por la base teórica del lenguaje básico de la meiosis.

Al pasar por procesos experimentales como la extracción de ADN, se logra que los estudiantes concreten los modelos abstractos que hasta ahora han estado construyendo. De esta manera, se logra comparar la estructura del ADN, con las representaciones que hasta el momento hayan construido, para mejorar las representaciones y lograr mejores explicaciones científicas sobre las estructuras y sus relaciones combinatorias, en los espacios biológicos donde tiene lugar la recombinación genética.

Alrededor del lenguaje de la meiosis y sus productos como formas naturales de inducir variabilidad, se toman otras maneras, las producidas por la biotecnología, específicamente, con los transgénicos y la modificación de embriones. Se trata de que los estudiantes se sitúen frente a diversas tensiones que genera el fenómeno para que

ellos apropiados de un lenguaje que les genera comprensión asuman diversas posturas, permitiéndose criticar la ciencia y sus sesgos intencionados.

En cuarto lugar, toda esta construcción se moviliza y se cierra desde la discusión de dilemas socio-científicos, desde donde se amarran los entramados conceptuales, se genera motivación, se le cambia la estructura a una secuencia didáctica lineal, se le permite al estudiante tomar partido sobre la forma como se construye la ciencia, a la vez que asume posturas socio-críticas y éticas con respecto a los productos de la ciencia, su formas de consumo, y las formas de bienestar o malestar a la sociedad. Permite introducir conocimientos a partir de las necesidades conceptuales que genera, por lo que motiva a conocer y a desarrollar estructuras conceptuales intencionadas, esto es permite la alfabetización científica desde las necesidades de conocer.

En quinto y último lugar, y como aplicación de los conocimientos asume la contextualización ambiental del reconocimiento de la enorme riqueza en biodiversidad de nuestro país, (producto de la variabilidad) como una de las regiones más megadiversas del mundo, primero en riqueza de biodiversidad de anfibios, segunda en aves, segunda en plantas, tercera en reptiles, quinto en mamíferos, primero en colibríes.

La intencionalidad es que los estudiantes reconozcan parte del origen de esta megadiversidad que nos ha correspondido a los colombianos desde este espacio geográfico, ubicado entre dos océanos, para desarrollar de alguna manera compromisos de conservación; se tiene en cuenta el lema: “se conserva si se conoce”.

Y para contextualizar un poco más, la biodiversidad se valora si se comprende su génesis. Se quiere que toda la temática se cierre desde el campo de la conservación ambiental, necesidad urgente, del ciudadano de hoy frente a la escasez de recursos debido al mal manejo de estos, frente a un consumismo exagerado.

En este orden de ideas, después de explicar las respuestas que responden a la pregunta del qué y cómo se construye esta Unidad Didáctica, se expone la normatividad relativa a los estándares a la que obedece dicha propuesta y su intervención. Se concibe como una propuesta curricular que responde a los estándares curriculares planteados

---

por el ministerio de Educación nacional de Colombia (MEN). El estándar que pretende desarrollar esta unidad didáctica y que se requiere que sea conocido de antemano por los estudiantes es según el MEN (Ministerio de Educación Nacional, 2007) “Justifico la importancia de la reproducción sexual en el mantenimiento de la variabilidad”, el cual se amplía con los estándares: “Reconozco la importancia del modelo de la doble hélice para la explicación del almacenamiento y transmisión del material hereditario” y “Establezco relaciones entre los genes, las proteínas y las funciones celulares.” (p. 138)

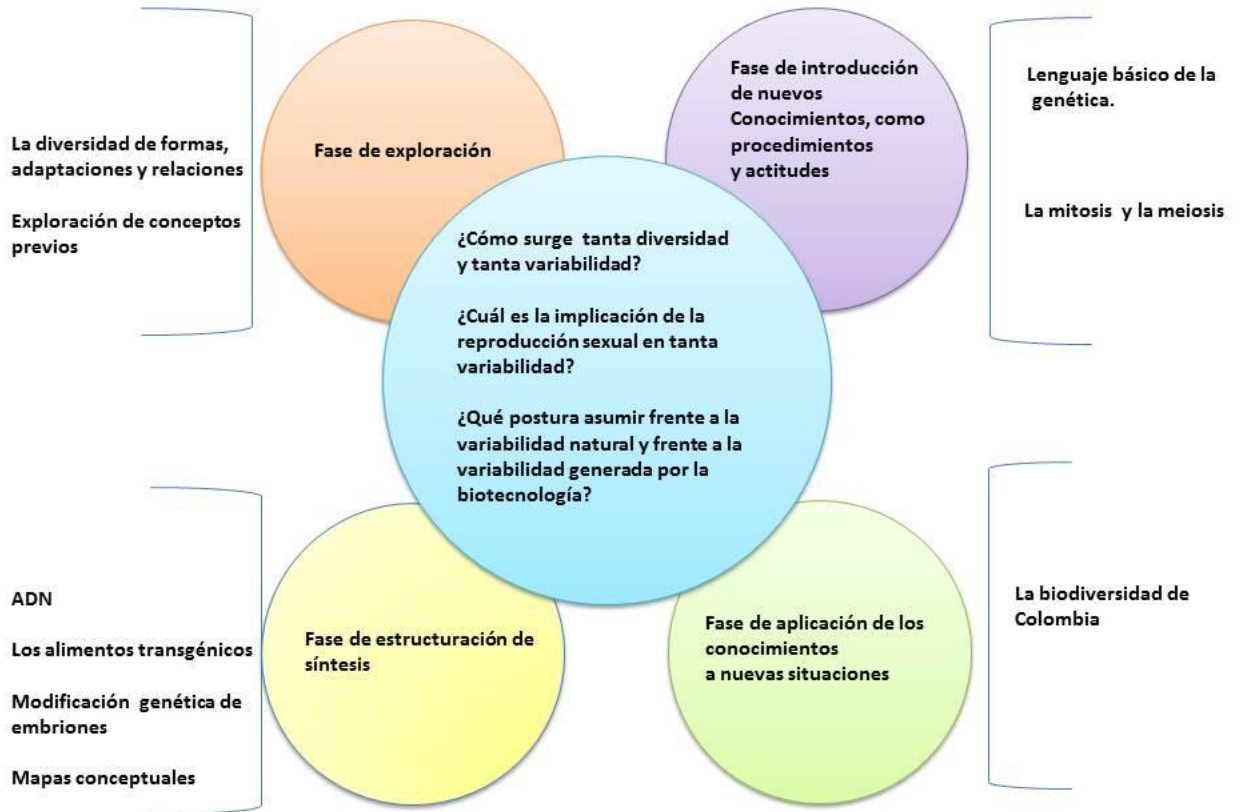
Ahora, desde otro punto de vista, esta propuesta de enseñanza consignada en la Unidad didáctica: “El salto del gen a la biodiversidad, un asunto en cuestión” con la intención de lograr estos propósitos parte de las preguntas: ¿Cómo surge tanta diversidad, tanta variabilidad? ¿Cuál es la implicación de la meiosis en tanta variabilidad? ¿Qué posturas asumir frente a la variabilidad inducida por la biotecnología? ¿Qué postura asumir frente a la variabilidad natural y frente a la variabilidad generada por la biotecnología?

Como desarrollo de estas preguntas se tiende a plantear un proceso curricular que poco a poco va avanzando hasta responder a ellas y llevarlo a otros espacios de construcción de explicaciones.

Los diversos escenarios que permiten conocer la complejidad del fenómeno presentan varias escalas que poco a poco van aclarando y enriqueciendo el fenómeno meiótico desde la recombinación de genes, para luego ser transversalizado desde la variabilidad inducida.

Las etapas del ciclo didáctico, con la relación de contenidos, se observan en la Ilustración 19 que fundamenta esta propuesta desde la investigación dirigida. No se pretende llevar a los estudiantes a que se consideren propiamente como científicos, sino como constructores de explicaciones desde los referentes validados por la comunidad científica de las ciencias naturales.

### Ilustración 19. Etapas del Ciclo Didáctico



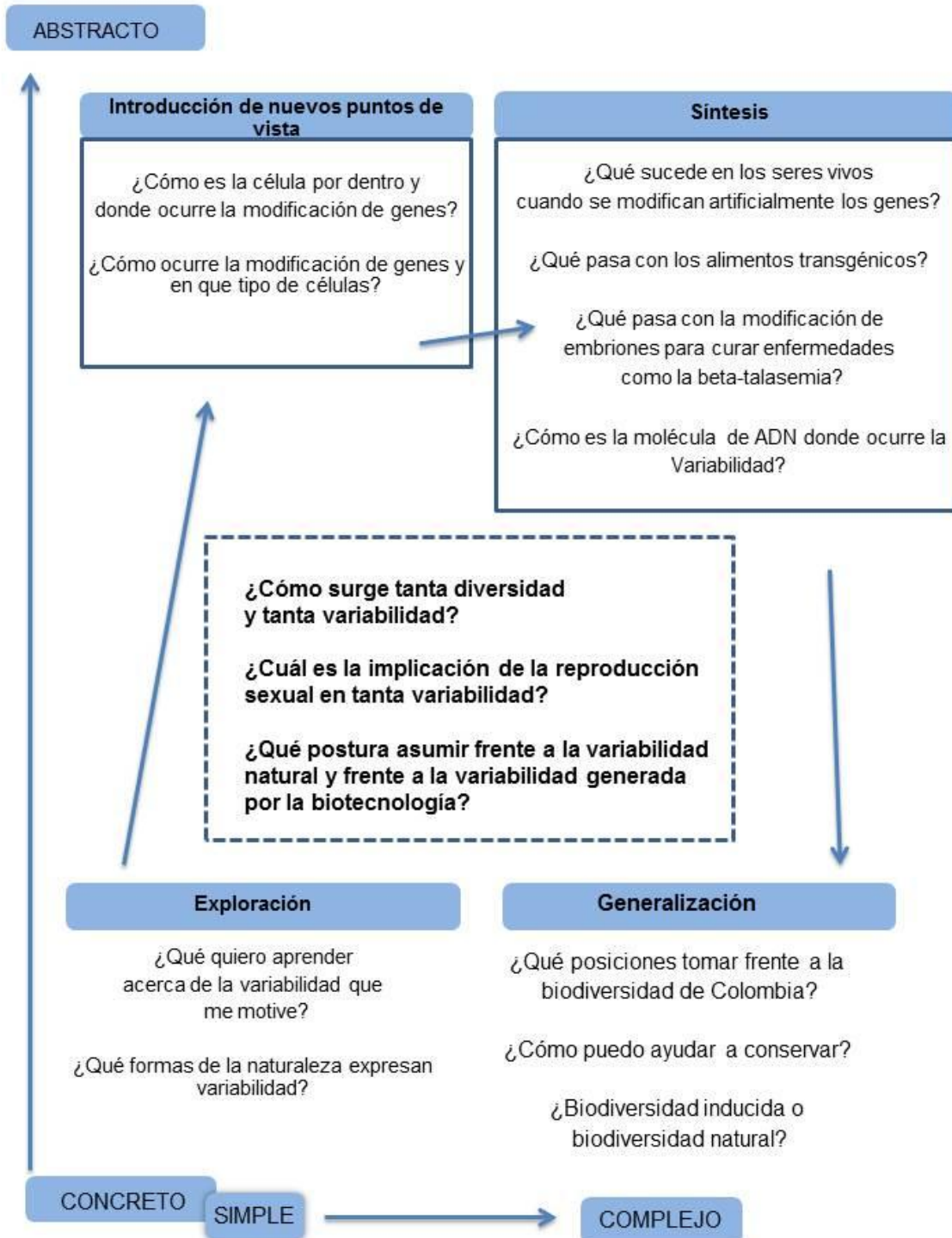
Fuente Propia. Adaptado del Ciclo Didáctico de Jorba & Sanmartí (1994)

En cada uno de los ciclos, se desarrollan aspectos formativos que secuenciados llevan al cumplimiento de los propósitos y de las intencionalidades, tal y como se describen en la Ilustración 20. En éste, cada una de las etapas del Ciclo Didáctico tiene su entramado y unos propósitos que juntos conllevan al desarrollo de los objetivos de esta propuesta de enseñanza.

En términos de la descripción de las etapas, se inicia con la fase de exploración luego sigue la introducción de los nuevos conceptos, después la estructuración y síntesis del nuevo conocimiento y por último la aplicación a situaciones nuevas.



**Ilustración 20. Descripción de las etapas del ciclo Didáctico y sus intencionalidades didácticas**



## **5.2 Procedimiento metodológico**

### **5.2.1 Actividades de exploración**

En esta fase es donde el docente asume la exploración de conceptos previos, aunque aparece capitulada antes de la descripción de la Unidad Didáctica, esto, obedece más, al desarrollo de los objetivos de la propuesta de enseñanza, que a la no correspondencia de esta fase.

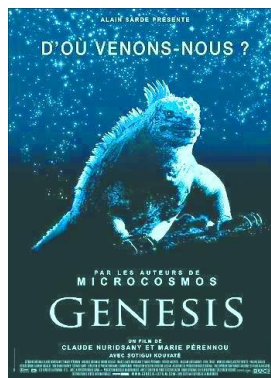
Se comienza, motivando a los estudiantes frente a la diversidad de vida del planeta, sus formas, su origen, sus adaptaciones, su biodiversidad. Para ello se selecciona la película "Génesis", para que permita el planteamiento de la pregunta por la variabilidad y para ahondar en la búsqueda de conocimiento, desde lo sensible y no sólo desde la razón.

En este punto, se trata de contextualizar la experiencia y sentar el punto de partida, reconocer lo que se puede aprender, lo que se sabe y lo que no se sabe, además, pretende motivar la secuencia de contenidos a partir de los subsunsores válidos y relevantes hallados en los conceptos previos.

Esta primera etapa tiene la finalidad de contextualizar la experiencia. Para ello se utiliza como recurso una película titulada "Génesis", donde los estudiantes tienen la oportunidad de maravillarse con las diferentes formas, relaciones, adaptaciones de los organismos en diferentes hábitats, con la intencionalidad de que de allí partan las preguntas de lo que se quiere aprender acerca de la variabilidad de la vida. De igual forma, en esta etapa se realiza un análisis de los conceptos previos de los estudiantes, qué es lo que saben y lo que no saben; en cierta medida, esta es una invitación para aprender. Además de ello, en esta fase se elaboraron cuestionarios (ver D Anexo. Representación de estructura nuclear, elaborada con material reciclable-Conceptos previos), elaboración de dibujos de célula, estructura nuclear, descripción del núcleo de la célula, en su estructura a escala, entre otros.

Como ya se mencionó, como complemento de esta fase de exploración se plantea la estrategia de la observación y contextualización de la película documental “Génesis”, del año 2005. De hermosa fotografía como esta de la portada de la película, en la ilustración 21, donde muestra el origen del universo de las estrellas, del planeta y de la vida. Confluyen los conceptos de materia, nacimiento, amor y muerte desde un lenguaje evocador desde el mito y la fábula, narrada por un griot africano, encarnado por el genial artista de Mali, Sotigui Kouyate, quien acompaña esta singular historia.

### Ilustración 21. Portada película “Génesis”



Fuente: Película Génesis (2005)

En este documental, un griot (Sotigui Kouyaté), es decir, un africano responsable de mantener la tradición oral de la historia, narra la creación del universo, las primeras especies biológicas que habitan la tierra y su transformación. Con su especial musicalización, muestra las escenas de la reproducción, todo desde una fascinación por la vida, la belleza, la diversidad, la biodiversidad y la variabilidad. Los realizadores Claude Nuridsany y Marie Pérennou, se embarcan en un viaje desde el origen de la vida, pasando por la reproducción y sus relaciones, narrado a través de leyendas y tradiciones.

Estos argumentos permitieron seleccionar y proponer esta película documental, recurso y estrategia para motivar a construir conocimiento, desde la fascinación por la belleza de la variabilidad y la biodiversidad. Los siguientes textos tomados como comentarios de la película, ejemplifican la intención de su escogencia para estos fines didácticos.

La vida es el crecimiento ordenado, constructivo, diverso que genera millones de formas. Formas tan increíbles como la de los caballitos de mar o tan volátiles y efímeras como la de las transparentes medusas.

Queríamos compartir la belleza que nos rodea, una belleza que para nosotros es una fuente inagotable de admiración y asombro que nos ayuda a vivir. (terra.org, 2005)

La película se proyecta al grupo, se comenta y se pregunta a los estudiantes: ¿Qué les llamó la atención? ¿Qué frases recuerdan? Después del análisis, ellos realizan dibujos sobre las diversas formas de vida, sus adaptaciones, sus relaciones, sus formas de reproducción. Posteriormente, escriben acrósticos y poemas. Finalmente, se les pregunta a los estudiantes sobre la intención del realizador, los aprendizajes, motivaciones y sentimientos que despierta. Acto seguido, se motiva a los estudiantes para que planteen preguntas e inquietudes. Para finalizar esta etapa de exploración, se retoman algunas imágenes, esquemas y dibujos de los estudiantes y se les plantea la siguiente pregunta: ¿Cómo surge tanta diversidad, tanta variabilidad? ¿Cuál es la implicación de la meiosis en tanta variabilidad? ¿Qué posturas asumir frente a la variabilidad inducida por la biotecnología?

Con base en esta pregunta y a partir de la secuencia didáctica, se da paso al desarrollo de las demás etapas del Ciclo Didáctico, teniendo en cuenta que no se consideran lineales.

### **5.2.2 Actividades de introducción de nuevos conocimientos**

Desde la fase de introducción de nuevos conocimientos procedimientos y actitudes, se construyen los diferentes tipos de reproducción asexual y sexual, la mitosis y la meiosis, y desde allí el proceso de recombinación genética fundamento de la variabilidad, (aunque no es el único fenómeno que genera variabilidad), pero centra esta gran implicación en la producción de gametos diferenciados por la reproducción sexual, desde la meiosis y su recombinación genética en el proceso de entrecruzamiento, y demás lenguaje que motiva la red conceptual de la meiosis y que ya se ha relatado en el contexto.

Como el proceso de meiosis requiere un lenguaje suficientemente instalado se desarrollan cuatro actividades para fundamentar el proceso, se parte de un video que permita contextualizar el proceso, acto seguido, en otra clase se desarrolla un taller que

---

permita asentarse sobre cada proceso y sus detalles. Cuando se evidencia que haya suficiente claridad se desarrolla una estrategia de carácter evaluativo para revisar el proceso total de construcción de la meiosis. Así que se elabora un dibujo que tiene como inicio un tipo de célula, con una dotación cromosómica para llegar al producto final, en términos de número de cromosomas, gametos variables y demás, pasando por todo el proceso.

Se espera que los estudiantes tengan los subsumidores para abordar la meiosis y su proceso de recombinación, de una manera significativa, desde el mejoramiento de las representaciones, construcción de conceptos y proposiciones en relación a la red conceptual de la meiosis. Se permite y se induce para que los estudiantes dialoguen sobre las estructuras, construyan dibujos, realicen inferencias, formulen preguntas, transfieran conocimiento relacionado, por ejemplo cuando se está hablando de la pared celular de la célula vegetal, también se habla de los plasmodesmos y su función de hidratación en las plantas, entre otras.

### **5.2.3 Actividades de estructuración y síntesis**

A partir de este marco se pasa a otra fase, donde se busca estructurar el conocimiento: fase de estructuración y síntesis. En la primera parte de esta fase se construyen modelos a escala de la molécula de ADN, con su estructura de polinucleótidos y de cada nucleótido con su azúcar, su base nitrogenada y la especificidad de sus bases nitrogenadas. Se trabaja con materiales reciclables y la intención es reducir la complejidad de la molécula de ADN, asentándola en una estrategia de materiales concretos, que permitan percibirla y ahondar sobre su estructura y las modificaciones que se pueden lograr en la recombinación genética. Se discuten las diversas formas de ordenamiento de las bases nitrogenadas lo que permite la variabilidad, y que en últimas es lo que ocurre en la recombinación genética de la meiosis, en la fase de entrecruzamiento.

En la segunda parte de la estructuración, se realiza la extracción de ADN, para demostrar que es ahí donde ocurre la recombinación de genes en la profase de meiosis I. De igual forma, en este proceso experimental se aprovecha para estructurar conceptos,

porque parte de tejidos vivos formados por células, a las cuales hay que romper en busca del ADN; aquí se relacionan los conceptos básicos de la red conceptual: célula, membrana, citoplasma, organelas, cuáles de ellas poseen o no ADN, composición química, entre otras.

En un tercer momento, en este escenario, se asume la discusión de dilemas socio-científicos desde una mirada de la variabilidad, pero ya no natural sino inducida por el ser humano, desde la biotecnología. Allí los estudiantes tienen la oportunidad de utilizar las representaciones que han logrado construir, utilizar los conceptos para volverlos más abarcativos y estables, de tal forma que faciliten la comprensión. Esta fase permite la asimilación, porque lleva los conceptos y representaciones a nuevos contextos que obligan a los estudiantes a buscar la significatividad de los conceptos, en las relaciones que asumen.

Como se trata de un fenómeno que ocurre en los genes, se requiere de todo un abanico de conceptos en forma derivativa, pero también en forma combinatoria, supraordinaria y correlativa. Este es un juego de conceptos que permiten facilitar la comprensión del fenómeno de intercambio de genes, que ocurre en los cromosomas, éstos en el núcleo celular y a su vez en las células ya sean de tipo vegetal o animal. También, se tienen en cuenta otros conceptos para relacionar los fenómenos de variabilidad inducida como célula, membrana celular, gametos, ADN, cromatina, gen, entre otros, ya mencionados.

Las dos formas de variabilidad inducida, asunto de esta fase, son la modificación genética de embriones y los alimentos transgénicos. Para ello se presentan diversos documentos de lectura y análisis, para que los estudiantes tengan la opción de ampliar su mirada del fenómeno y por lo tanto, dicho sea de paso, tomar postura, discutir y argumentar.

Además, se ponen en consideración diversos artículos, algunos de ellos seleccionados y compartidos por los mismos estudiantes y otros por la profesora, como: ¿Qué es un transgénico?, ¿Cómo se logra desde la biotecnología?, Cuáles son sus ventajas y desventajas visto desde varios autores, la relación entre la agricultura, el

---

comercio, la salud, y los alimentos transgénicos. ¿Qué alimentos colombianos se cree que tienen transgénicos?, ¿Cuál es la finalidad de las empresas como Monsanto en la introducción y comercialización de los alimentos transgénicos, ¿qué efectos se cree que tiene el consumo de transgénicos a corto, mediano plazo y largo plazo entre otras temáticas?.

Se trata, de promover en los estudiantes, procesos de comprensión de las transformaciones biotecnológicas que ocurren en la producción de los transgénicos. Acto seguido, después de contar con un espectro conceptual, ellos asuman posturas bioéticas y críticas, desde decisiones más informadas y cercanas a su contexto para hacer lectura de la publicidad, enfrentar la variedad de productos que presentan los supermercados, cuidar su salud y el medio ambiente.

La metodología que se utiliza en el análisis de asuntos socio-científicos es la de un trabajo cooperativo, en equipos. Cada uno recibe un documento diferente, se analiza, se seleccionan las ideas principales que presenta el autor. Cada grupo señala los aspectos positivos, negativos e interesantes, en una estrategia de elaboración de carteleras, como se puede evidenciar en el I Anexo. Evidencia de estudiantes preparando las carteleras sobre los transgénicos.

Luego, se realiza la discusión, recogiendo aportes de los demás equipos que de hecho ya tienen sus fundamentos teóricos organizados, se recogen los aportes de los estudiantes desde la concepción de ciencia que estos dejan ver. Una ciencia de carácter humano, con tendencias y sesgos, con pretensiones y que permite que se cuestione desde nuestros propios escenarios personales, en el aula. Además permite que los estudiantes logren construir explicaciones científicas de acuerdo con las necesidades creadas para la argumentación de sus temáticas, entre otros muchos factores positivos que genera esta metodología.

En un cuarto momento, se aplica otra estrategia, que permite construir un dilema socio-científico: la manipulación de embriones, hecho que se dio por parte de los chinos este año, con el fin de curar una enfermedad denominada la Beta-talasemia, desde donde los estudiantes toman postura para observar los aspectos positivos, negativos e

interesantes y los exponen para discutir aspectos contradictorios o no, desarrollar argumentos y criticar la ciencia, desde sus objetivos, para este caso.

En quinto lugar y como última estrategia de esta fase se realiza un juego conceptual, el cual tiene como propósito integrar el conocimiento del que se supone que disponen los estudiantes. Para ello se entregan 15 fichas donde los estudiantes reciben diez conceptos para que los relacionen en un mapa conceptual. Los conceptos son: reproducción celular, mitosis, meiosis, ADN, variabilidad, gameto, entrecruzamiento, gen sinapsis, profase. Las demás fichas son para usar libremente, si los estudiantes creen que les faltan conceptos que puedan enlazarse en red con los otros conceptos dados previamente.

Se motiva para que seleccionen el concepto más abarcador y desde allí se vayan subordinando los demás en una relación significativa. Se explica la técnica para elaborar el mapa conceptual, teniendo en cuenta el concepto principal, las proposiciones (palabras para unir los conceptos en busca de sentido y forma significativa y las palabras enlazantes que sirven para relacionar los conceptos).

#### **5.2.4 Actividades de aplicación a nuevos contextos (generalización)**

Por último, se entra a la fase de generalización: aplicación de los conocimientos a nuevas situaciones problémicas. Aquí se trabaja con un video que muestra la riqueza de la biodiversidad de Colombia: “Colombia un país megadiverso”<sup>3</sup>. Se relaciona esa inmensa riqueza con los aportes realizados por los procesos de recombinación genética en la meiosis, que antecedió miles de millones de veces cada especie.

Después, se ubica a los estudiantes en diferentes niveles de discusión socio-crítica planteando preguntas como: ¿Cuáles son los caminos que debe seguir el hombre frente al avance de la ciencia, conservar, desarrollar?, ó ¿Cuál otro que sí mejore los niveles de

---

<sup>3</sup> Video Colombia un país Megadiverso. Recuperado en abril 1 de 2015 de <https://www.youtube.com/watch?v=kjqrC2du9cw>



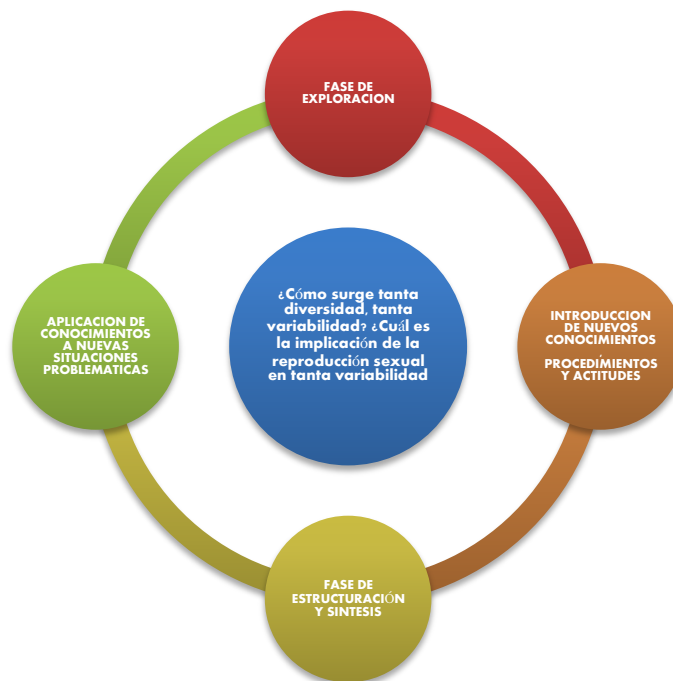
vida del ecosistema vivo? ¿Todo se vale? ¿Que siga avanzando la ciencia sin importar cómo? o ¿Qué hacer, qué proponer?

Los estudiantes deben entregar sus producciones en un portafolio el cual va a ayudar a extraer los aportes que van a ser insumo de discusión y construcción de más explicaciones científicas en torno a la variabilidad natural o inducida desde dilemas socio-científicos.

### 5.3 Las cuatro etapas del diseño de la unidad didáctica

Para su mayor comprensión, se explicitan en la Ilustración 22 las cuatro etapas del Ciclo Didáctico de Jorba & Sanmartí (1994), adaptado para el diseño de esta propuesta didáctica, este da cuenta del proceso de enseñanza-aprendizaje que se lleva a cabo en esta Unidad Didáctica.

**Ilustración 22. Las cuatro etapas del Ciclo Didáctico**



## 5.4 Descripción de las actividades

En la siguiente tabla se describen las actividades, los propósitos, recursos y estrategias utilizadas en esta secuencia de aprendizaje, además se tienen en cuenta no sólo los contenidos conceptuales sino los procedimentales y los actitudinales. También se propicia el hecho de desarrollar posturas bioéticas a partir de la discusión de dilemas socio-científicos, desde el fenómeno de la variabilidad inducida.

**Tabla 18. Actividades del Ciclo Didáctico  
Actividad Nº 1**

<b>Actividad</b>	<b>Ante la variabilidad de la vida</b>
<b>Propósito</b>	Motivar a los estudiantes de la diversidad de formas, relaciones, adaptaciones de los seres vivos para plantear también a partir de este punto la pregunta por el origen de tanta variabilidad.
<b>Tiempo</b>	2 horas
<b>Recursos</b>	•Película Génesis, Video beam, equipo de sonido, recortes de papel para escribir acrósticos, papel para dibujar, colores.
<b>Evaluación</b>	Los estudiantes disfrutaron de la actividad y logran relacionar diversas adaptaciones, relaciones de los seres vivos en diversos hábitats. Se escriben acrósticos, poemas y relatos sobre la belleza que se induce a partir de la variabilidad de formas de la vida.
<b>Observaciones</b>	Se plantearon las preguntas sobre el origen de la variabilidad.

### **Actividad Nº 2**

<b>Actividad</b>	<b>Exploración de conceptos previos</b>
<b>Propósito</b>	Identificar conceptos previos o en su defecto concepciones alternativas, con el fin de encontrar debilidades y fortalezas, que permitan plantear situaciones de enseñanza- aprendizaje.
<b>Tiempo</b>	1 hora
<b>Recursos</b>	Fotocopia: Exploración de Conceptos, lapiceros.
<b>Evaluación</b>	Se encontró que hace falta mejorar las representaciones ya que no se dispone de la teoría celular y del lenguaje básico de la meiosis, por lo cual se tiene que desarrollar la Unidad Didáctica para construir los organizadores previos.
<b>Observaciones</b>	Los estudiantes lograron elaborar el cuestionario sobre conceptos previos. Algunos, intentaban usar el celular, pero no se permitió esta práctica. Los estudiantes creen que lo fundamental es buscar información para presentarla, así no se aprenda. Se reflexionó sobre esta práctica. Se recogieron las evidencias de los conceptos previos para estructurar a partir de allí la Unidad Didáctica.

**Actividad Nº 3**

<b>Actividad</b>	<b>Actividades de la Fase de introducción de nuevos conocimientos procedimientos y actitudes. Reconociendo el lenguaje de la genética de la meiosis.</b>
<b>Propósito</b>	Construir el lenguaje básico de la reproducción celular, para fundamentar el proceso de la meiosis.
<b>Tiempo</b>	6 Horas
<b>Recursos</b>	Fotocopia de ejercicio para establecer relaciones semejanzas y diferencias entre la célula animal y vegetal. Colores. Materiales reciclables para elaborar modelo de núcleo celular. Textos de apoyo con la estructura del núcleo celular. Fotocopia del núcleo celular, fotocopia de la cromatina, fotocopia de los cromosomas y su estructura y sus clases, plastilina para elaborar los modelos de cromosomas, fotocopia del ADN, fotocopia del gen, textos y documentos de apoyo con definiciones de cada estructura. Dispositivos electrónicos con datos para consultar acerca de la estructura de las organelas celulares, moléculas y estructuras vistas. Fotocopia de célula animal y vegetal.
<b>Evaluación</b>	Los estudiantes y la profesora logran que circule un dialogo de aspectos conceptuales acerca de las estructuras de la célula, del núcleo y estructuras subcelulares. Manejo de textos de apoyo. Aclaraciones preguntas y contrapreguntas.
<b>Observaciones</b>	Se realiza un ejercicio de identificación de estructuras a través de la relación de la estructura, la función y la forma con el color. Los diálogos entre la profesora y los estudiantes mediados por el material, permiten reconocer estructuras y funciones de la estructura del material genético. También se relaciona la presencia de material genético en los cloroplastos, las mitocondrias y los centros organizadores de centriolos o microtúbulos (si los poseen) con respecto a las células eucarióticas y en las células procarióticas se encuentra disperso en el citoplasma, mientras que los virus lo poseen en la cápside.

**Actividad Nº 4**

<b>Actividad</b>	<b>Descripción de los procesos de mitosis y meiosis</b>
<b>Propósito</b>	Correlacionar los procesos de la mitosis y la meiosis describiendo sus fases, procesos y productos y enfatizando en el fenómeno de la variabilidad.
<b>Tiempo</b>	6 horas
<b>Recursos</b>	Video que relaciona los procesos de mitosis y meiosis, Video beam, plantillas, colores, hojas reciclables, lápiz, borrador y cuaderno de notas.
<b>Evaluación</b>	Aquí se realizan varias actividades debido a la complejidad e interés del tema que enfoca la Unidad Didáctica. Se desarrolla a partir de video, taller, dibujo y juego lúdico de preguntas y contra-preguntas.

<b>Observaciones</b>	Se analizan los objetos de los dos procesos de reproducción celular, ya que se prioriza sobre el objeto más que en el proceso y sus fases. Relacionado el objeto se tiene en cuenta el estudio del proceso, sus fases sus productos. Pero también se centra en los procesos fundamentales: sinapsis, donde ocurre la separación de cromosomas y de cromátides, donde se continúa con la misma dotación genética y donde cambia los productos celulares; origen de esa diferencia de productos. Aquí se realizan varias actividades debido a la complejidad e interés del tema, que enfoca la Unidad Didáctica. Se desarrollan, video, taller, dibujo y juego lúdico de preguntas y contra-preguntas con base en los procesos de reproducción celular: diferencia entre las formas de reproducción sexual y asexual.
----------------------	---

### Actividad Nº 5

<b>Actividad</b>	<b>Elaboración del modelo de ADN</b>
<b>Propósito</b>	Construir a escala un modelo de ácido nucleico (ADN) que logre relacionar su estructura con los cambios en las tripletas de bases nitrogenadas como producto de mutaciones o cambios.
<b>Tiempo</b>	2 Horas
<b>Recursos</b>	Cartulinas de diferentes colores, alambres, palillos, pegamento.
<b>Evaluación</b>	A partir del dialogo circulante entre los estudiantes, los estudiantes y la profesora, los estudiantes y el material potencialmente significativo, se logra un acercamiento al modelo de Watson y Crick, reconociendo su estructura.
<b>Observaciones</b>	El modelo se elabora a escala partiendo de dos cadenas, que se simulan con alambre de diferente color. El modelo se asemeja a una escalera con largueros móviles, cada poli nucleótido está formado de azúcar, bases nitrogenadas y grupo fosfato. El orden de las bases nitrogenadas determina la individualidad de cada fragmento de ADN.

### Actividad Nº 6

<b>Actividad</b>	<b>Extracción de ADN</b>
<b>Propósito</b>	Extraer una muestra de ADN, de diversos materiales vivos, tanto animales como vegetales, con el fin de concretizar la molécula de ADN, estructura que da lugar a la recombinación genética.
<b>Tiempo</b>	2 Horas
<b>Recursos</b>	Zumo de piña y/o papaya, Solución lavavajilla, licuadora, agua destilada, cebolla de huevo, tomate, fresa, hígado de pollo, espinaca, sal de cocina ( cloruro de sodio) filtro de café, tubos de ensayo, gradilla, varilla de alambre, vasos desechables, alcohol al 95%.
<b>Evaluación</b>	Se valora la relación entre la molécula y el modelo a escala de ADN.
<b>Observaciones</b>	Como se utilizaron diferentes muestras de materiales vivos, para extraer el ADN, las muestras fueron también variadas. Los estudiantes se maravillan de sus hallazgos. Se motiva a relacionar la muestra con el modelo a escala, como si tratara de un zoom.

**Actividad Nº 7**

<b>Actividad</b>	<b>Análisis del documento modificación genética de embriones. Una forma de variabilidad inducida desde la generación de un asunto socio-científico</b>
<b>Propósito</b>	Tomar postura ante un dilema socio-científico, en términos de analizar una variabilidad inducida.
<b>Tiempo</b>	3 Horas
<b>Recursos</b>	La profesora entrega una copia del documento: “Polémica científica ante estudio chino que modificó el ADN en embriones humanos”, (EFE, 2015) a grupos de a tres estudiantes para que ellos lo lean y comprendan muy bien, el fenómeno que está en cuestión y posteriormente argumenten acerca de los aspectos positivos, negativos e interesantes, en relación al fenómeno.
<b>Evaluación</b>	Los estudiantes realizan muchas preguntas interesantes que se refieren en los hallazgos y de las cuales se nota que ellos están comprendiendo y ampliando el panorama que muestra el estudio.
<b>Observaciones</b>	Se socializan los aportes y se observa que lo que para un estudiante era positivo en algunos casos, para otro no lo era, llamando al respeto de posturas de parte de la profesora, ya que cada uno tenemos derecho a expresar nuestros puntos de vista y a respetar los de los demás.

**Actividad Nº 8**

<b>Actividad</b>	<b>Alimentos transgénicos: otra forma de variabilidad inducida</b>
<b>Propósito</b>	Tomar postura ante un dilema socio-científico, en términos de analizar una variabilidad inducida “Los alimentos transgénicos y la salud”.
<b>Tiempo</b>	3 Horas
<b>Recursos</b>	Documentos del Anexo H. Documentos de apoyos relacionados con asuntos socio-científicos acerca de los transgénicos, en relación con los transgénicos. Materiales para elaboración de carteleros como cartulinas, marcadores, colores, lápices, tijeras, colbón, láminas, vinilos.
<b>Evaluación</b>	Producir preguntas de comprensión acerca del documento. Producir argumentos, en torno al fenómeno del uso de los alimentos transgénicos, desde los campos positivo, negativo e interesante. Exponer las carteleros y discutir en forma respetuosa.
<b>Observaciones</b>	En forma cooperativa se consensuar posturas para exponer, sus puntos de vista, se elaboran carteleros las que sirven como base para la exposición. respetar las posturas de los demás compañeros y a construir respuestas informadas, lo mismo que a construir explicaciones científicas.

**Actividad Nº 9**

<b>Actividad</b>	<b>Elaboración de mapas conceptuales</b>
<b>Propósito</b>	Relacionar los conceptos en forma subordinada demostrando los principios del aprendizaje significativo.
<b>Tiempo</b>	2 Horas

<b>Recursos</b>	Papel Bond, cartulina, marcadores, fichas para escribir los conceptos.
<b>Evaluación</b>	Evaluar la forma como se relacionan los conceptos aprendidos en el lenguaje de la genética básica. Observar los procesos de subordinación, combinación de los conceptos. Se evidencia que los estudiantes conocen el lenguaje, esto, a partir de los productos como los mapas conceptuales.
<b>Observaciones</b>	Los estudiantes logran realizar los mapas conceptuales, tiene en cuenta los conceptos dados, e introducen algunos conceptos nuevos, utilizan las palabras enlazantes, lo mismo que las palabras con las que elaboran preposiciones. Logran realizar subordinaciones igualmente combinaciones.

### Actividad N° 10

<b>Actividad</b>	<b>La biodiversidad en Colombia: un asunto de variabilidad</b>
<b>Propósito</b>	Valorar la riqueza biodiversa de Colombia a través de la observación de un video: "Colombiva, Colombia, biodiversidad y vida".
<b>Tiempo</b>	3 Horas
<b>Recursos</b>	Video Colombiva, Colombia biodiversidad y vida: ( <a href="https://www.youtube.com/watch?v=xAFZw02JhGk">https://www.youtube.com/watch?v=xAFZw02JhGk</a> ).
<b>Evaluación</b>	Asumir posturas de reconocimiento y valoración de la biodiversidad Colombiana. Construcción de situaciones de conservación de especies, como la evitación de la comercialización, tenencia de especies en cautiverio, entre otras.
<b>Observaciones</b>	Los estudiantes disfrutaron de la belleza del documental y reconocen haber aprendido acerca de la riqueza de la biodiversidad colombiana. Se comprometen a adoptar acciones de conservación y protección a la biodiversidad.

Fuente propia

## 6 HALLAZGOS

Los hallazgos se organizan para su estudio en tres categorías, relacionadas con los tipos de conocimientos que se enseñan pero que también se busca que a través de la propuesta los estudiantes aprendan, son entonces los contenidos: conceptuales, actitudinales y procedimentales.

### 6.1 Contenidos conceptuales

Con este análisis se pretende dar cuenta de la construcción de conocimiento logrado alrededor del concepto de meiosis y su red conceptual, a través de la descripción del proceso, lo mismo que de la diferenciación entre células haploides y diploides, además de la comparación entre los conceptos de reproducción sexual y asexual, transversalizado por la descripción del lenguaje puesto en acción.

Debido a que el núcleo de este trabajo está en el campo disciplinar y que su foco está en la meiosis y su variabilidad, las siguientes actividades que se referencian a continuación dan cuenta del proceso conceptual vértice del trabajo.

En primer lugar es pertinente resaltar que los conceptos previos presentes en los estudiantes, no eran los adecuados y pertinentes para abordar el concepto de meiosis, entonces se hizo necesario introducir nuevos conceptos clave para fortalecer el sustento de la red conceptual necesaria para soportar el anclaje de los nuevos conocimientos (la meiosis).

En segundo lugar, para lograr superar los obstáculos epistemológicos hallados, se trabajó el lenguaje básico de la meiosis mediante la utilización de diversos esquemas

iniciando con dibujos en blanco y negro, los cuales se fueron coloreando y en esa medida se iba dialogando de modo que se pusieran en acción los conceptos, instalándolos en la estructura cognitiva de cada estudiante y ampliando su red conceptual (Ver Anexo C. Evidencias de representaciones coloreadas de la célula al gen).

Se inició con el estudio de la célula para entrar al concepto de gen. Los estudiantes lograron ver como se adentraba en el núcleo, luego a la cromatina, de ésta al ADN, después a los cromosomas hasta llegar al gen, reconociendo que el gen es el concepto fundamental para la comprensión de recombinación genética causa de la variabilidad.

En tercer lugar, se realizó un diálogo sobre el video, de mitosis y meiosis, que dio origen a preguntas y contra-preguntas, se llegaron a consensos, disensos, se respondieron las preguntas y se aclararon algunos conceptos que presentaban confusión, como los que ocurren en cada fase de la mitosis y los conceptos como haploide, diploide, cromosoma, cromátide y cromatina.

En cuarto lugar, y para dar respuestas a las dificultades planteadas en torno al lenguaje puesto en acción, se realizó un taller a partir del documento tomado del libro Genética (Standfield, 1978), (ver Anexo E. Taller 1: Comparación entre los procesos de reproducción celular mitosis y meiosis). Este se desarrolló durante dos horas clase, se dialogó en equipos y en grupo. Los estudiantes realizaron preguntas de comprensión y la profesora las aclaró en voz alta para que aquellos estudiantes que tenían la misma duda logaran mejorar sus representaciones.

Así se resolvió el taller haciendo énfasis en el lenguaje específico y los procesos de la meiosis, su objeto, sus fases, su entramado y sus repercusiones. El trabajo de aula se centró en demostrar las diferencias entre mitosis y meiosis y su fundamento la variabilidad.

En quinto lugar, después del estudio de la célula y de la teoría celular y a modo de evaluación, y de haber entrado en el plano de la meiosis a través de la realización de un video y un taller, se elaboró un dibujo del proceso de meiosis, donde se utilizaron dos colores para ubicar los cromosomas homólogos, tanto los paternos como los maternos.

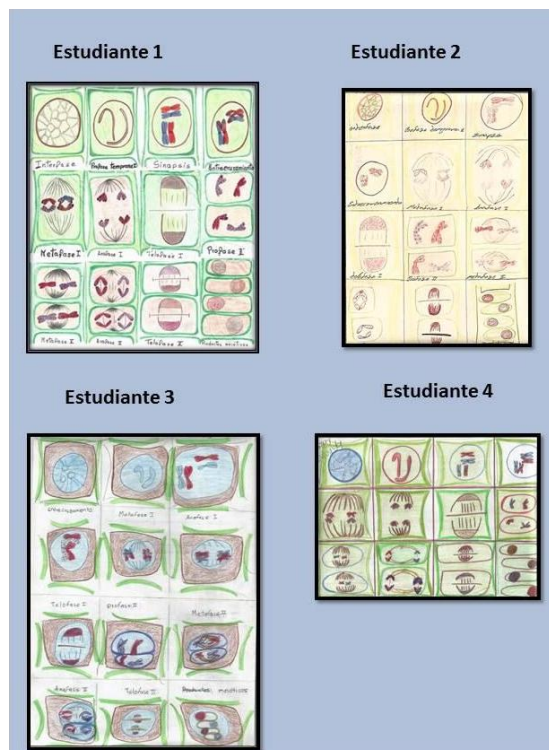


Después, los entrecruzan y juegan con los colores mostrando cómo los cromosomas tanto del padre y como de la madre se intercambian genes de una manera aleatoria, desde donde se producen cuatro gametos diferenciados totalmente. En la ilustración 23 se observa el producto de cuatro dibujos de estudiantes de octavo uno, donde se evidencia el proceso de entrecruzamiento y sus productos recombinados.

En sexto y último lugar desarrollando la fase de introducción de nuevos conocimientos, se realizó un concurso grupal sobre unas categorías descritas (ver Tabla 19. Comparación entre mitosis y meiosis). Como recursos, los estudiantes podían utilizar el celular, sus cuadernos de notas de clase, libros de texto, y otros materiales que les sirvieran de apoyo, para encontrar la información de una forma rápida realizando un uso apropiado de la misma.

A continuación, se muestra el resultado de las apropiaciones que lograron los estudiantes en cada categoría, a nivel de discusión grupal (ver Ilustración 23).

**Ilustración 23. Dibujos de meiosis de cuatro estudiantes**



Fuente propia

Estas cuatro representaciones de los estudiantes permiten evidenciar parte del aprendizaje logrado por los ellos en torno a la meiosis, sus productos, su variabilidad y el lenguaje utilizado en el contexto; como primera medida, se observa que los estudiantes comprenden el concepto de cromosoma homólogo, utilizan un color diferente por cada cromosoma, uno para materno y otro para paterno; además, se observa que se dibujan semejantes en forma y tamaño, formando parejas. Se evidencia el entrecruzamiento, la fase en la que ocurre, el efecto producido. Los estudiantes mantienen el uso de los dos colores para los dos tipos de cromosomas homólogos, se observa también el intercambio de genes entre un cromosoma homólogo y su par.

En esta representación se observa la sinapsis, en cada par de homólogos o bivalente (consistente en cuatro hilos cromáticos o tétradas) que intercambian genes. En diálogo con los estudiantes se logró comprender el concepto de quiasma (puntos de intercambio o zona sobrepuesta).

Se evidencia en qué fase hay división de centrómero y donde migran diadas y donde migran cromátides. Se observa también que se parte de una célula diploide de cuatro cromosomas, para producir cuatro células haploides de dos cromosomas cada una. Esto se pregunta y contrapregunta a los estudiantes utilizando células de diferentes especies para referirse al número de cromosomas. Se presentan dudas en algunos estudiantes que luego son corregidas por sus compañeros demostrando un aprendizaje de carácter cooperativo, en las relaciones estudiante-estudiante, docente-estudiante, docente- material potencialmente significativo y recepción no literal y no arbitraria.

Toda la secuencia de actividades planteada en este trabajo conduce a que los conceptos, proposiciones y representaciones sean significativas para los estudiantes; por ello, para enseñar un concepto se parte de una diversidad de actividades con propósitos muy semejantes que conducen a relacionar los conocimientos, para que sean relevantes, inclusivos, estén disponibles en la mente de los estudiantes y funcionen de forma que estén anclando el nuevo conocimiento en formas combinatorias, subordinadas, superordinadas y correlativas.

---

Durante la actividad del dibujo es fundamental el discurso que se entrecruza entre el profesor y los estudiantes, para ir aclarando asuntos de procesos, del lenguaje, como de resultados y de hacer conscientes los errores para aprender de ellos. El recorrer un camino didáctico desde los tres escenarios. célula, núcleo y gen, abriendo la perspectiva desde los niveles celular (macroscópico), pasando por el núcleo (microscópico), hasta el gen, modelizado éste a nivel representacional, para lograr la apropiación de un concepto tan abstracto como la meiosis.

Se evidencia además, que los estudiantes logran reconocer la diferencia entre mitosis y meiosis cuando recrean sus productos, cuatro desde la meiosis y de carácter recombinado y dos desde la mitosis y semejantes a los de la célula madre.

Para concluir, como lo expresan Ausubel (1978) referenciado por Moreira (2000), con una única actividad no es posible lograr niveles de apropiación conceptual suficiente, por tal motivo se hace necesario recurrir a cuatro actividades secuenciadas y en orden de complejidad, referenciadas anteriormente. En primer lugar, la observación del video de comparación entre mitosis y meiosis, en segundo lugar el taller de mitosis y meiosis, para llegar al punto de la elaboración del dibujo, donde se relacionaron otros conceptos que amplían la red conceptual: el concepto de célula, núcleo, cromatina, cromosoma, estructura de un cromosoma, ADN, gen, huso acromático, membrana nuclear, centriolo, placa ecuatorial, diadas cromátides, tétradas, bivalentes, entre otros. Por último, se realizó un juego de concurso para comparar mitosis y meiosis, resaltando los fundamentos de la meiosis. Con esta actividad, también se logran aclarar dudas y se ponen a prueba los conocimientos en forma cooperativa.

Se observa que los estudiantes logran reconocer el proceso de la meiosis, cuando pasa de ser una célula de carácter diploide a una de carácter haploide (con cuatro productos meióticos diferenciados), además, cuando esos cuatro productos son genéticamente diferentes, producto del entrecruzamiento entre ellos.

El aprendizaje de los estudiantes se evidencia también cuando, después de realizar la introducción del lenguaje científico, comparan el proceso de mitosis y meiosis y realizan el taller a cerca de estos procesos. Después, ellos participan de un concurso por puntos

teniendo en cuenta las categorías del cuadro que se muestra a continuación. Para la realización del concurso, los estudiantes utilizan los cuadernos, libros, celulares y cualquier material que sirva de soporte para resolver los cuestionamientos que se realizan en un tiempo dado. Las preguntas se pueden responder por parejas diferentes, pero a cada estudiante se le contabilizan sus puntos. En este juego, se arman dos círculos donde uno de los dos estudiantes rota para buscar al otro, que va a ser su compañero a quien le va a preguntar. La dinámica se hace competitiva y aunque a algunos estudiantes les produce un poco de estrés, al final lo evalúan como muy dinámico, lúdico, productivo y como un buen proceso de aprendizaje y que sirve para aclarar las dudas. A continuación en la Tabla 19 se pueden observar los resultados de cada una de las categorías después de haber sido preguntados los 36 estudiantes, con preguntas cerradas.

**Tabla 19. Comparación entre mitosis y meiosis**

Comparación entre mitosis y meiosis				
Ítem	Característica	Mitosis	Meiosis	N° Respuestas acertadas
1	Concepto	Reparto equitativo de ADN	Es un proceso de división celular donde se forman los gametos con la mitad del número de cromosomas de la célula somática de origen es decir células haploides	27/35
2	Células implicadas	Se producen en las células somáticas.	Sólo se produce en las células madre de los gametos.	26/35
		Puede ocurrir tanto en las células haploides como en las células diploides ya que los cromosomas homólogos no están emparejados.	Se produce sólo en células diploides ya que los cromosomas homólogos están emparejados.	26/35
3	Número de divisiones	Una sola división celular	Dos divisiones celulares: meiosis I y meiosis II	25/35
4	Función	Reproducción asexual, crecimiento de organismo, regeneración y reemplazo de células, continuidad genética de una célula a otra	Producción de gametos para el proceso de reproducción sexual en general mantiene la especie, fomenta la variación	29/35

5	Entrecruzamiento	No se produce	En la primera división se separan pares de cromosomas homólogos. En la segunda división se separan cromátides	26/35
6	Juegos cromosómicos	Se conservan todos	Se conserva sólo la mitad	28/35
7	División del núcleo	Una vez	Dos veces	28/35
8	En anafase ocurre	Separación de cromátides	Separación de cromosomas	30/35
9	División del citoplasma	Una sola división del citoplasma	Dos divisiones del citoplasma	30/35
10	Reproducción	Asexual	Sexual	28/35
11	Ocurrencia	Tiene lugar en las células somáticas (n ó 2n)	Tiene lugar en las células germinales. Ocurre en las células madre 2n (gónadas)	30/35
12	Mutación	Menor posibilidad de mutación	Mayor posibilidad de mutación	26/35
13	Sinapsis	No hay sinapsis	Ocurre sinapsia	
14	Objeto	Regenerar tejidos o biomasa	Origina gametos	26/35
15	Duración	Corta	Larga	30/35
16	Número de cromosomas	Se mantiene el número de cromosomas	Se divide de diploide a monoploide	30/35
17	Fases	Profase, metafase, anafase y telofase	Duplicación de los cromosomas. Meiosis 1, meiosis 2 (profase, metafase, anafase, telofase)	30/35
18	Tipos de organismo	Especies unicelulares	Especies pluricelulares	27/35
19	Resultado	Las células hijas son idénticas entre sí y a la célula madre	Las células hijas tienen combinaciones variadas de genes y no son idénticas a la célula madre, en dotación genética	30/35
20	Da origen	Dos células idénticas	Cuatro células diferentes a la célula madre y entre sí	27/35
21	Ploidía	Mantiene diploidía	Origina células haploides	30/35

22	Ventajas	La especie se reproduce con facilidad	La reproducción es más lenta	30/35
23	Desventajas	La especie no varía	Se gasta mayor energía	30/35
24	Errores	Sus errores son fatales para el organismo porque el descendiente futuro de la célula madre defectuosa asumirá su misma anomalía	Sus errores son responsables de las principales anomalías cromosómicas	30/35
25	Intercambio genético	No hay intercambio genético	Hay intercambio genético	26/35
26	Objetivo	Crecimiento y reparación (pluricelulares), reproducción asexual pluricelulares	Reproducción sexual	28/35
27	¿Hay recombinación?	No	Sí	29/35
28	¿Aporta variabilidad genética?	No	Sí	29/35
29	Variabilidad	No la produce	Si produce variabilidad	26/35
30	¿Permite biodiversidad?	No	Si a largo plazo	30/35

Fuente propia

Aunque las preguntas del cuestionario se presentan cerradas en un principio, se transforman en preguntas abiertas mediante el diálogo entre los estudiantes y de éstos con la profesora, a través del discurso, los acuerdos, disensos y consensos que se logran y la corresponsabilidad de los compañeros jurados cuando evalúan. Así las cosas, se logran aprendizajes considerados como significativos que permiten consolidar los aprendizajes desde un modelo de recombinación de la meiosis que forma cuatro productos diferenciados.

Se evidencia el logro de un aprendizaje combinatorio y subordinado, desde la célula hasta el gen y desde el gen hasta la célula, que aplica los dos principios del aprendizaje significativo: la diferenciación progresiva y la reconciliación integradora. El material que se utiliza es potencialmente significativo, así como el discurso entre la docente y los

---

estudiantes, porque es relacionable e incorporable a la estructura cognitiva de los aprendices, de manera no arbitraria y no literal. Los estudiantes consideran que logran un buen aprendizaje porque la actividad fue recreativa y aportó retroalimentación permanente.

### **6.1.1 Análisis de la estrategia mapas conceptuales**

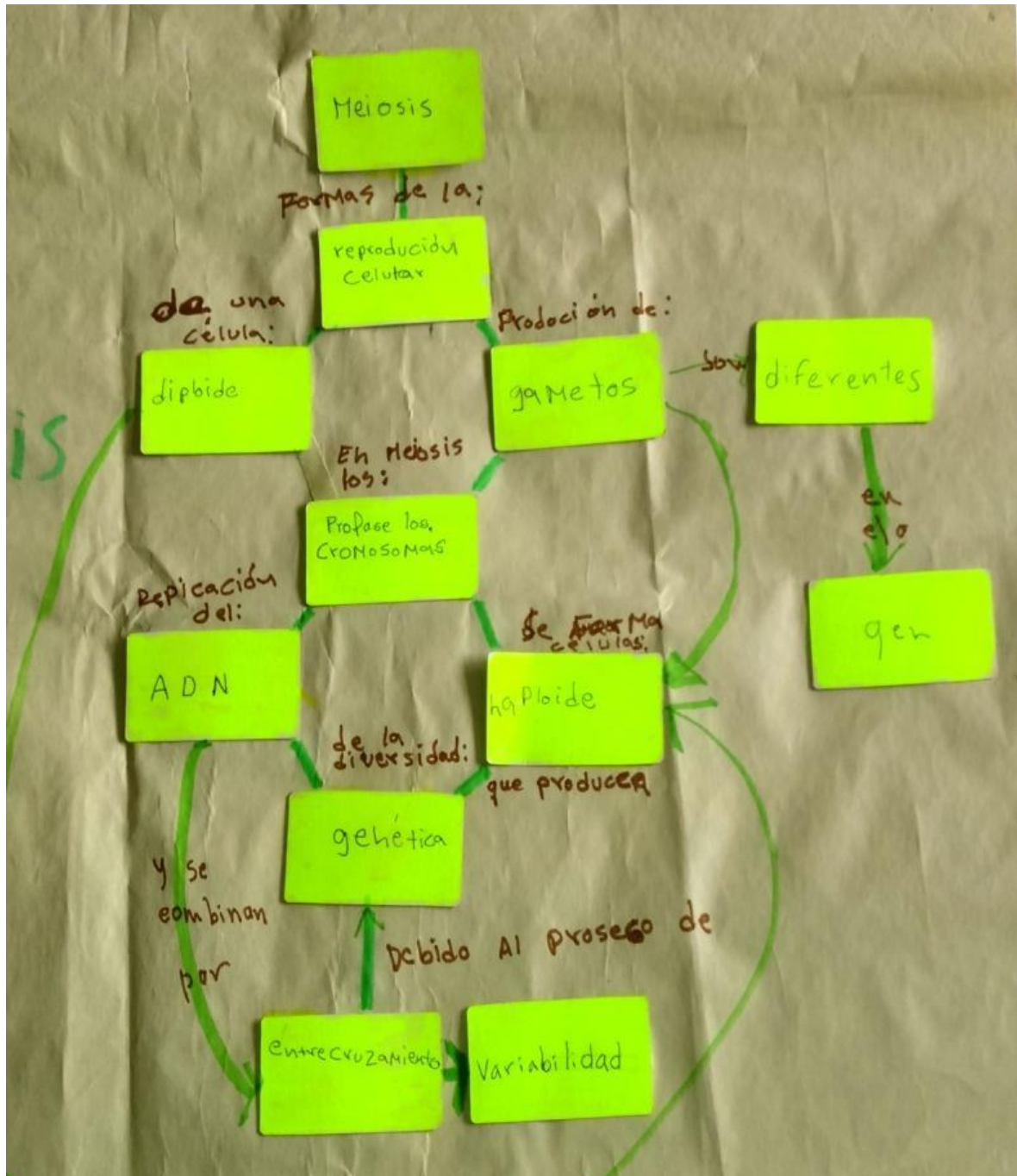
De igual forma, se realiza una actividad haciendo uso de la estrategia de mapas conceptuales, los cuales se evidencian en las ilustraciones 24 y 25; para asumirlo se retoman algunos conceptos que fundamentan su elección. Se comienza por definirlo, se dice primero lo que no es, los mapas conceptuales no se refieren a organigramas, tampoco a cuadros sinópticos. Son elaboraciones metacognitivas acerca de un concepto generador. Se priorizan las relaciones de combinación a las de subordinación, en otras palabras son integraciones constructivas del saber que invitan a promover la metacognición.

Después de tener claridad sobre algunos argumentos del porque se selecciona esta estrategia de aprendizaje metacognitiva, se explica la instrucción para realizar el ejercicio de elaboración de mapas conceptuales. Se entrega un documento corto, (Anexo L. Documento de meiosis), se explica el propósito de la actividad, la cual se refiere a relacionar los conceptos de la lectura con todos los que se han aprehendido durante el desarrollo de la Unidad Didáctica.

Además se entregan las siguientes instrucciones por escrito: a partir de la lectura “La meiosis”, elabore una lista de diez conceptos, seleccione los conceptos más importantes que logre identificar. De todos ellos, seleccione el concepto más general e importante y ubíquelo en la parte superior, resaltándolo de alguna manera. Ordene los que se desprendan de él. Utilice flechas para establecer relaciones entre los conceptos más generales y los que se desprendan de él; lo mismo que para las relaciones cruzadas entre los conceptos, es decir relaciones verticales y horizontales. Escoja las palabras de enlace, que le sirvan para relacionar un concepto con otro, en forma vertical u horizontal, colocándola sobre la flecha. Recuerde, que un aspecto importante del mapa son

las relaciones entre conceptos o entre palabras, éstas sirven para relacionar los conceptos, hasta obtener nuevos significados, a partir de lo que ya se sabe.

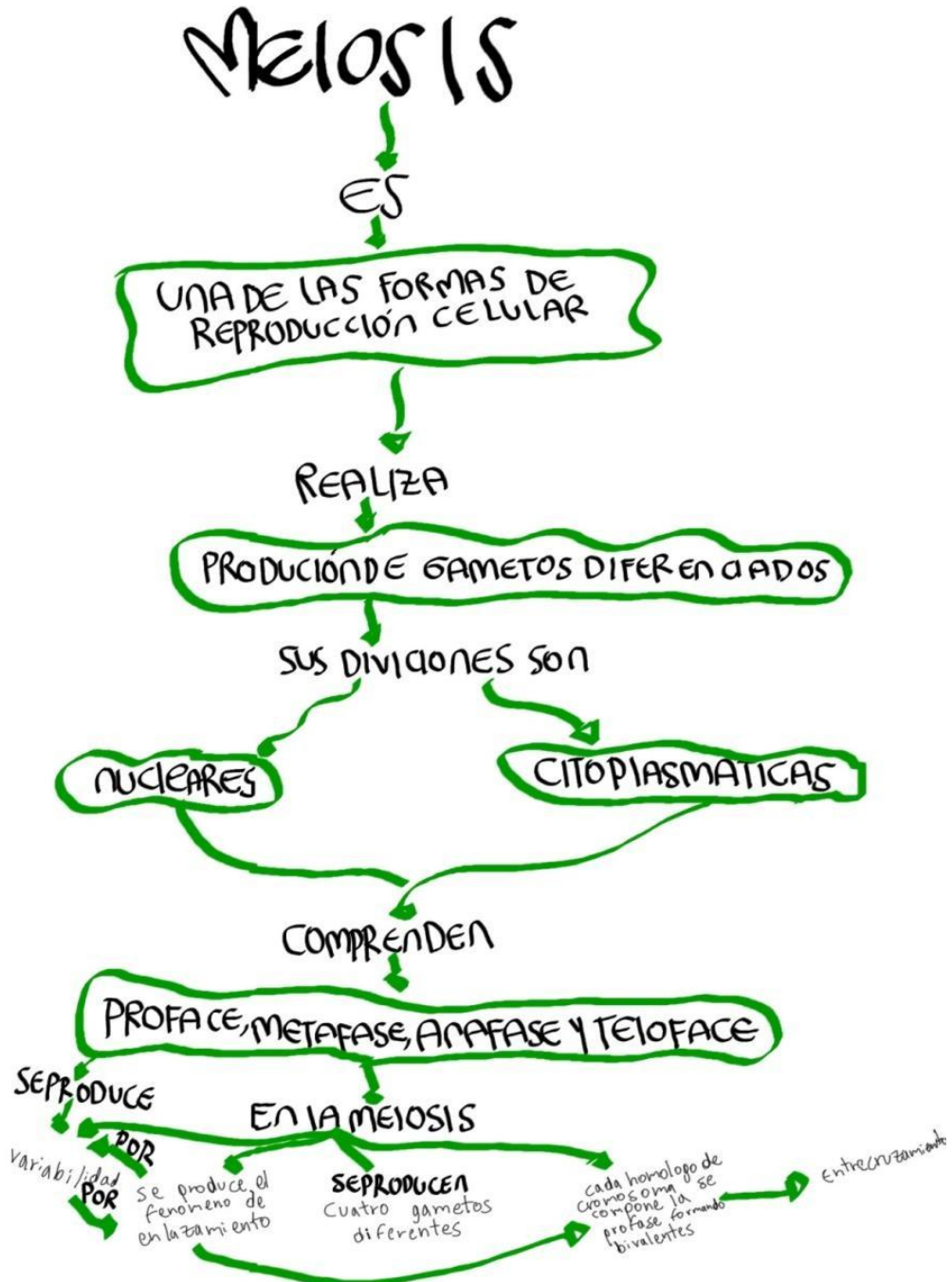
Ilustración 24. Mapa conceptual estudiante A



Fuente propia



Ilustración 25. Mapa conceptual estudiante B



Fuente propia

Se evidencia entonces en los mapas conceptuales que los estudiantes seleccionaron los conceptos pertinentes, escogieron la palabra meiosis como concepto central, en ambos mapas. Se realizaron enlaces verticales, horizontales y cruzados, lo que implica que no solo se subordinan conceptos sino que también se combinan.

Se encuentran palabras de ligazón aunque no en todas las formas conceptuales. Se agregan más conceptos que no están presentes en el documento. En el mapa A se retoma el concepto de meiosis y se escribe como un enlace en la jerarquía tres, donde sólo se escribe palabra de enlace. Durante la discusión, el estudiante A, cuando explica la relación conceptual se introdujo en colaboración con otro compañero, al concepto de profase, donde están los cromosomas, de este modo se muestra las diferentes maneras como todas las personas tienen de organizar el conocimiento.

El mapa A, no deja ver con claridad el proceso de entrecruzamiento, por parte de los cromosomas homólogos, pero si se evidencia como fundamento de la variabilidad y de la biodiversidad. El mapa B, asume de una vez el objeto de la meiosis, cual es la producción de gametos diferenciados. Al finalizar el mapa se viene a explicar el por qué se producen los gametos diferenciados; se comete un error al hablar de “enlazamiento” el cual es corregido por los compañeros, escribiendo de nuevo el proceso de entrecruzamiento, pero lo amplía diciendo que ocurre en los cromosomas homólogos. Durante la discusión de los mapas se complementan las relaciones cruzadas, motivadas por el diálogo entre los compañeros del grupo. Los dos mapas tienen en cuenta el concepto de variabilidad y de entrecruzamiento, que se obvian desde una intencionalidad pedagógica por la docente, sin embargo los estudiantes los usan y establecen relaciones conceptuales adecuadas para el concepto de meiosis, cuando realizan sus mapas, eso evidencia el logro de aprendizaje significativo.

Se llegó al concepto de diversidad a través del entrecruzamiento y de este a la variabilidad, esto permite inferir que se cumple con el propósito de la propuesta de enseñanza. Se considera que el mapa es una herramienta de aprendizaje y de evaluación adecuada, porque mientras que se realiza, los estudiantes dialogan, preguntan, analizan hasta llegar a consensos válidos, se establecen discusiones

---

interesantes que permiten clarificar conceptos, al mismo tiempo que se facilita la construcción de relaciones de combinación.

Se valora que cuando se usa el mapa conceptual no se memorizan conceptos, por ello descarta el enciclopedismo y se facilita la relación entre conceptos. Se reafirma así, que el mapa conceptual es una técnica no tradicional de evaluación, que busca relaciones entre conceptos claves, además de informaciones entre los significados. Se selecciona como estrategia para esta propuesta de enseñanza por el sentido didáctico que permite y porque facilita la evaluación formativa y cualitativa del aprendizaje.

## **6.2 Contenidos Actitudinales**

En la fase de estructuración y síntesis expuesta en la Unidad Didáctica “El salto del gen a la biodiversidad, un asunto en cuestión” se presenta una nueva estrategia de enseñanza que transversaliza la meiosis, ésta es la de asuntos socio-científicos, fundamentada en la comprensión y análisis de dos dilemas que son leídos, analizados, dialogados y criticados por los estudiantes, esto favorece la apropiación del lenguaje propio de la meiosis y su red conceptual, la argumentación en ciencias y la toma de postura crítica frente a la ciencia y el desarrollo tecnológico.

Para dar inicio al desarrollo de la estrategia de asuntos socio-científicos, se presenta un material potencialmente significativo, el artículo titulado “Polémica por estudio chino que modificó ADN en embriones humanos”. (EFE, 2015), (ver F Anexo. Lectura: Polémica científica ante estudio chino que modificó el ADN en embriones humanos).

Con él, se realiza en primer lugar una actividad de lectura y análisis del documento; en segundo lugar y para profundizar en la comprensión, se pide a los estudiantes que elaboren preguntas acerca del texto en mención. Las preguntas no deben tener respuesta inmediata, o no tenerla por lo menos en el documento. En tercer lugar, se pide a los estudiantes seleccionar aquellos aspectos que les parecen positivos, negativos e interesantes frente al foco de este tipo de investigación, en este caso la polémica por el estudio chino por modificar embriones humanos.

El objetivo de esta primera estrategia, es observar las posturas de los estudiantes frente a estos desarrollos científicos, contextualizar el conocimiento y pretender apropiarse el lenguaje científico desde la necesidad de comprender el fenómeno en cuestión.

Durante el desarrollo de la actividad se evidencia la presencia de aportaciones, afirmaciones, aseveraciones y argumentos de varias clases. Como se trata de un primer ejercicio, los aportes hechos por los estudiantes son de gran valor. Para el análisis del dilema socio científico, se selecciona la estrategia PNI (Positivo, Negativo, Interesante), porque se considera que facilita el proceso de aprender a pensar. Esta estrategia, propuesta por Edward Debono genera un sinnúmero de ideas sobre un evento, acontecimiento, hecho, fenómeno u observación, para el caso, sobre la polémica generada por los chinos ocasionada por la modificación del ADN en embriones humanos. Al realizarlo, los estudiantes seleccionan primero los aspectos positivos, luego los negativos y por último los interesantes. (Debono, 1987)

Las preguntas que se logran concretar entre los estudiantes y la profesora se presentan a continuación:

- ¿Cómo modificaron el ADN de los embriones?
- ¿Qué es la beta-talasemia?
- ¿De qué manera la beta-talasemia produce varias clases de anemia?
- Se dice que la beta-talasemia puede ser mortal, es decir no todas las personas que la padecen mueren, entonces ¿Sí es ético someterse a estos riesgos de modificación de embriones creándose otros problemas y peligros de muerte?
- ¿Varía el número de genes que producen la beta-talasemia haciendo más fuerte o más benévola la enfermedad?
- ¿Le puede pasar algo a la madre cuando le modifican los genes al embrión?
- ¿Las madres se prestaron voluntariamente ó las obligaron?
- ¿A los chinos les preocupa o no que se les mueran sus embriones debido a la superpoblación que tienen?
- ¿Qué efectos puede tener la modificación de los genes?

- 
- ¿Se puede conocer los efectos de la modificación de los genes o pueden ocurrir otros que aún desconoce la ciencia y que pueden llegar a futuro?
  - ¿Las críticas que realizan los científicos americanos tendrán que ver con el hecho de que los chinos se están adelantando en los avances científicos de este tipo, dado que el conocimiento muchas veces genera poder?
  - ¿Podrían generar estos estudios conocimiento, poder y dinero, adelantándose un país a otro?
  - ¿Existirá la competencia por el conocimiento, el poder y el manejo de recursos económicos entre un país y otro con respecto a este tipo de estudios?
  - En realidad los embriones que los chinos utilizaron no eran viables, ¿Por qué de ellos, según el artículo, 71 sobrevivieron?
  - ¿La sobrevivencia de estos embriones se debió a la modificación del ADN, ó no tuvo nada que ver con ello?
  - Los investigadores americanos dijeron que la práctica de modificación de embriones que realizaron los chinos eran peligrosa, prematura y suscita cuestiones éticas. ¿En qué argumentos se basaron para expresar esto a la comunidad internacional?
  - Según lo expresa el artículo, los investigadores chinos utilizaron 86 embriones no viables de los cuales, 71 sobrevivieron y en 28 la modificación del ADN funcionó. Según ello, ¿La experimentación e investigación no se consideraría un fracaso?, ya que de 86 embriones sobreviven 71 y en 28 la modificación del ADN funcionó.
  - ¿En qué consiste la técnica CRISPR/Cas9 de modificación del ADN?
  - ¿Por qué argumentan los científicos americanos que las investigaciones en cuestión de los chinos son prematuras. ¿Cuáles son sus riesgos?
  - ¿Por qué razón este tipo de práctica puede ser peligrosa, llegando a introducir potencialmente por error una nueva enfermedad que se herede de generación en generación? ¿Se puede prever esto o es muy poco controlable?
  - Hoy en día se están construyendo ya los bebés de diseño y es poco lo que lo dejan conocer por cuestiones éticas. ¿Se relaciona esto con la intención que tenía Hitler de tener en su país una súper raza alemana?
  - Un país desearían tener sus superdeportistas, sus superinvestigadores, sus superpolicías confiables y fuertes ¿Estaremos lejos de estos intentos de diseño?

- ¿Vale la pena arriesgar embriones, aunque se consideren supuestamente no viables para este tipo de ensayos genéticos, con riesgo de muerte o de introducción de genes no controlados?

Las preguntas son ajustadas por la profesora, se trata de interpretar las ideas de los estudiantes. Al realizar estas preguntas de comprensión del texto, se logra trascender el carácter interdisciplinar, éstas tocan aspectos sociales, económicos, políticos, éticos, morales, disciplinares, sentimientos, creencias, conocimiento disciplinar y conocimiento común, entre otros. La Tabla 20 muestra a modo de ejemplo, algunas de las preguntas planteadas por los estudiantes frente al dilema “Polémica por estudio chino que modificó ADN en embriones humanos” categorizadas en diversos aspectos para su estudio.

**Tabla 20. Algunas preguntas planteadas por los estudiantes frente al dilema “Polémica por estudio chino que modificó ADN en embriones humanos”**

Aspectos	Preguntas tomadas de los estudiantes
<b>Conceptuales</b>	¿Cómo modificaron el ADN de los embriones?, ¿Qué es la beta-talasemia? ¿En qué consiste la técnica CRISPR/Cas9 de modificación del ADN?
<b>Actitudinales (Éticos)</b>	¿Vale la pena arriesgar embriones aunque se consideren supuestamente no viables, para este tipo de ensayos genéticos, con riesgo de muerte o de introducción de genes no controlados?
<b>Sociales</b>	¿A los chinos les preocupa o no que se les mueran sus embriones dada a la superpoblación que poseen?
<b>Políticas</b>	Hoy en día se están construyendo ya los bebés de diseño y es poco lo que los dejan conocer, por cuestiones éticas. ¿Se relaciona esto con la intención que tenía Hitler de tener en su país una súper raza alemana?
<b>Socioeconómico</b>	¿Existirá la competencia por el conocimiento, el poder y el manejo de recursos económicos entre un país y otro basado en este tipo de estudios?

Las diferentes preguntas que se les ocurren a los estudiantes facilitan la interdisciplinariedad del conocimiento por ello se considera una buena opción educativa. En el mismo sentido, estas permiten indagar, buscar y manejar información desde diferentes fuentes. En síntesis, son una apuesta por el aprender a aprender, que en últimas debe ser una finalidad del proceso educativo.

Desde otra mirada, se considera importante, que los estudiantes dejen ver sus motivaciones, sus intereses, sus necesidades, sus estrategias, sus posibilidades, así se

estaría siendo más democrático en la búsqueda y apropiación del conocimiento y se puede atinar de manera más efectiva a la utilización a la vez, de los diferentes estilos de aprendizaje de los estudiantes, abarcando las intencionalidades, los procedimientos y las estrategias para aprender.

### 6.2.1 Relación de aportaciones en los aspectos positivo, negativo e interesante, elaboradas por los estudiantes ante el dilema socio-científico: modificación de embriones

A continuación en la Tabla 21, se relacionan los aportes de los estudiantes del grupo octavo uno, en relación a los aspectos positivos, negativos e interesantes, con respecto a la modificación de embriones.

**Tabla 21. Aportaciones de los estudiantes sobre los dilemas socio-científicos**

GRUPO	ASPECTOS POSITIVOS	ASPECTOS NEGATIVOS	ASPECTOS INTERESANTES
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Los chinos tenían buenas intenciones.</li> <li>➤ La mayoría de los embriones sobrevivieron.</li> <li>➤ Terminó siendo menos antiética.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Al comienzo era antiética.</li> <li>➤ Murieron algunos embriones.</li> <li>➤ Era peligroso.</li> <li>➤ Era mortal.</li> <li>➤ Era prematura.</li> <li>➤ Se permitió que una parte muriera.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Eran llamados bebés de diseño.</li> <li>➤ Sólo 28 de los embriones modificados en su ADN funcionó.</li> <li>➤ Este hecho era considerado tabú.</li> <li>➤ Podrá producir anemia.</li> </ul>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Los chinos hacían ese experimento con el fin de curar la beta-talasemia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Que el experimento podía ser mortal</li> <li>➤ Podría crear otra enfermedad</li> <li>➤ Existe el miedo que esta práctica pueda llevar a los llamados: "bebés de fábrica".</li> <li>➤ La práctica puede ser peligrosa, al introducir potencialmente por error un gen que se herede y se reproduzca.</li> <li>➤ Se ha considerado tabú hacer cambios en el ADN, porque podrían convertirse en rasgos permanentes.</li> <li>➤ Utilizaron embriones que no eran viables y sólo 71 sobrevivieron.</li> </ul>	
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Podrían cambiar la vida.</li> <li>➤ Se salvarían muchas personas.</li> <li>➤ Avanzaría la humanidad.</li> <li>➤ La gente vería las enfermedades desde otro punto de vista.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Es prematuro.</li> <li>➤ Es antiético.</li> <li>➤ Es peligroso.</li> <li>➤ Es contra la vida humana.</li> <li>➤ Puede traer más enfermedades.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Cambiaría la vida por curar la enfermedad.</li> <li>➤ Porque la avanzaría y la curaría.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Nuevos descubrimientos.</li> <li>➤ Resultados buenos, para investigar sobre la</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Resultados malos.</li> <li>➤ Muertes de embrión.</li> <li>➤ Complicaciones éticas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ No se produjo otra enfermedad.</li> <li>➤ No se murieron tantos</li> </ul>

4	<p>enfermedad.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ No generó nuevas enfermedades hasta el momento.</li> <li>➤ El experimento puede que pueda curar la enfermedad de la beta-talasemia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ La enfermedad puede pasar de generación en generación.</li> <li>➤ Produce una enfermedad incurable.</li> </ul>	embriones.
5	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Lograron controlar la enfermedad.</li> <li>➤ Lograron detener la enfermedad, de lo contrario hubiera pasado de generación en generación.</li> <li>➤ Los investigadores chinos utilizaron embriones que no eran viables.</li> <li>➤ A 28 embriones les modificaron su ADN.</li> <li>➤ Gracias a los estadounidenses se les quitó el miedo a los bebés de diseño.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Utilizar 86 embriones humanos para ver si los podían modificar el gen HBB.</li> <li>➤ Que esta enfermedad incluye varias formas de anemia cuya gravedad depende del número de genes que estén afectados.</li> <li>➤ Que la beta-talasemia es un trastorno hereditario que afecta la producción de hemoglobina normal.</li> </ul>	

Fuente propia

(Ver G Anexo. Evidencias de posturas de los estudiantes frente al dilema de modificación de embriones, con miras a la cura de la enfermedad de beta-talasemia)

Aunque para los estudiantes y para la profesora investigadora, este es un primer intento de trabajo con asuntos socio-científicos, se logra que los estudiantes se sitúen y propongan sus aportaciones.

No todos sus escritos, alcanzan la categoría de argumentos; algunas son aseveraciones o afirmaciones solamente en términos del problema planteado; pero dejan ver la postura de los estudiantes frente al dilema.

A continuación la Tabla 22 presenta las aportaciones de los estudiantes y las clasifica teniendo en cuenta el carácter. Se nota que los estudiantes encuentran afirmaciones de tipo conceptual, como procedimental y también de carácter actitudinal.



**Tabla 22. Aportaciones de tipo positivo realizadas por los estudiantes, clasificadas teniendo en cuenta el carácter**

Carácter	Afirmaciones de tipo positivo
<b>Conceptual</b>	(Se refiere a la beta-talasemia) Que esta enfermedad incluye varias formas de anemia cuya gravedad depende del número de genes que estén afectados. La beta-talasemia es un trastorno hereditario que afecta la producción de hemoglobina normal.
<b>Procedimental</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ La mayoría de los embriones sobrevivieron.</li> <li>▪ Permitió investigar sobre la enfermedad.</li> <li>▪ El experimento puede que pueda curar la enfermedad de la beta-talasemia.</li> <li>▪ Lograron detener la enfermedad de lo contrario hubiera pasado de generación en generación.</li> <li>▪ Los investigadores chinos utilizaron embriones que no eran viables.</li> <li>▪ A 28 embriones les modificaron su ADN.</li> </ul>
<b>Actitudinal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Los chinos tenían buenas intenciones.</li> <li>▪ Terminó siendo menos antiética.</li> <li>▪ Los chinos hacían este experimento con el fin de curar la beta-talasemia.</li> <li>▪ Podrían cambiar la vida.</li> <li>▪ Se salvarían muchas personas.</li> <li>▪ Avanzaría la humanidad.</li> <li>▪ Gracias a los estadounidenses se les quitó el miedo a los bebés diseño.</li> <li>▪ Se realizarían nuevos descubrimientos.</li> <li>▪ Produjo resultados buenos</li> <li>▪ La gente vería las enfermedades desde un punto de vista diferente.</li> <li>▪ No generó nuevas enfermedades hasta el momento.</li> </ul>

La mayoría de los aportes son actitudinales (11), conceptuales (2) y procedimentales (6). Esto evidencia el carácter crítico que se puede asumir con la ciencia; se aleja del concepto de una ciencia exacta, objetiva, verdadera, superando su noción de ciencia neutral. Desprende su carácter dinámico de la ciencia, ya que el artículo se publica en marzo del presente año y los debates están en pie; así que los estudiantes tienen la posibilidad de reconocer el proceso discursivo del cómo se construye la ciencia, sus dificultades, sus consensos y disensos, además de las posibilidades críticas que le permiten a cada persona, esté vinculada a no a una comunidad científica, como lo expresa España & Prieto (2010):

Los resultados de muchos de los trabajos (...) muestran que, en el contexto de la toma de decisiones sobre problemas socio-científicos, no solo se pone en juego conocimiento científico, sino valores, creencias, actitudes, aspectos morales, aspectos sociales, etc., que guardan relación con la afectividad. (p.4)

Y no sólo se aprenden conocimientos conceptuales, procedimentales y actitudinales sino que se forma para la civilidad, por ello, en conclusión y haciendo uso de las palabras Quiceno & Vélez (2011), afirma que:

Es así como para cumplir la finalidad de la educación en ciencias, (...), no basta con que los conceptos, procedimientos y actitudes propias de la actividad científica sean enseñados en las escuelas; hace falta enseñar sobre cómo esta es permeada por el contexto sociocultural donde se gestan debates no neutrales enmarcados en las relaciones de poder-saber, que ayudan a una formación para la ciudadanía a medida que requieren ser apoyados o rechazados por a través del uso de argumentos". (p.36)

Los debates socio-científicos ayudan a los estudiantes a tomar posturas, a tomar decisiones acertadas, aspecto que día a día es requerido por el ciudadano de hoy, quien se ve enfrentado a miles de dilemas de la ciencia relacionados con aspectos económicos, culturales, éticos y demás, en un mundo permeado absolutamente por los procesos de la ciencia y la tecnología.

En el desarrollo de esta intervención se puede constatar que es más asequible para los estudiantes, el ubicarlos en una situación de dilema, motivante y aglutinadora, que traducir una conceptualización lineal, memorística y quizá fría, considerada desde el punto de vista disciplinar, que no contextualiza a los estudiantes y los aleja de sus posibilidades de aplicación a formas cercanas a su vida cotidiana.

Esta estrategia de enseñanza es importante, porque permite a los estudiantes asumir un concepto de ciencia relacionado con las necesidades de las personas y no como dogma que tiene que producir un resultado específico, el cual se tiene que aceptar sin cuestionar. Desde esta postura, se establece el carácter crítico y social de la ciencia, se plantea como una actividad que no es sólo para los científicos sino para la comunidad global que se sirve de la ciencia y de la tecnología en el día a día y como a todos atañen sus resultados, es su deber permanecer atentos a su evolución, lo cual deja entrever el carácter humano y sensible de la actividad científica. Se observa que la ciencia no es sólo para los científicos y que a todos nos atañen sus resultados; que la ciencia tiene un carácter humano y sensible.

### 6.2.2 Análisis de argumentos expuestos a partir del tema de los transgénicos

En esta actividad que se describe en las fases de la Unidad Didáctica, se desarrolla por los estudiantes, en equipos, se trabaja en carteleras, desde las ideas centrales de los textos para que puedan ser conocidos por los demás equipos y luego se comenta desde los argumentos de cada estudiante expositor y desde lo que se considera de carácter positivo, negativo e interesante para este tipo de desarrollo científico, se seleccionan cuatro argumentos que se analizan a continuación:

#### **Argumento 1.** (Oral) Tomada de la exposición argumentada:

Yo antes no conocía mucho sobre los alimentos transgénicos, ahora ni sabe uno que se está comiendo, porque analizando las etiquetas, es verdad que ninguna dice que esos alimentos pasaron por introducción de genes, y eso no es justo que a uno no le digan. Estudiante A

Este argumento del estudiante A, evidencia conceptos disciplinares como el reconocimiento de lo que significa un transgénico. Muestra también que los estudiantes retoman conceptos de algunos de los demás grupos que expresan que existe duda sobre el tipo de proteínas nuevas, que se forman con las nuevas instrucciones de los nuevos genes introducidos. También se plantea la duda que queda sobre el papel acerca de ¿Qué puede llegar a generar esos genes inducidos a futuro?, ya que este tema sigue generando mucha controversia.

#### **Argumento 2:** (Oral): Tomada de la discusión argumentada:

Yo no sabía que casi todo el maíz, el arroz, la soya que consumimos tiene transgénicos, lo leí en el documento que me correspondió, pero la verdad, a uno si le hace falta saber más para saber que hacer... Estudiante B

Este argumento del estudiante B, muestra cómo los estudiantes se expresan y toman posturas sin temores y reconocen que estos dilemas remiten a más estudio presente y futuro. Es un propósito de esta clase de actividades, generar motivación para aprender, generar autonomía intelectual, favorecer el desarrollo del pensamiento crítico y la capacidad de argumentación. También se observa que el estudiante dice lo leí en el documento, lo que significa que le da total credibilidad a lo que está leyendo, pero a la

vez critica el hecho de que falta mayor información porque observa en las exposiciones posturas diversas, lo que le impulsa a aprender más para tomar decisiones más informadas.

**Argumento 3:** (Retomado de aspectos negativos de los transgénicos) escritos en los cuadernos:

Si en Europa, en muchos de sus países están prohibidos los transgénicos, porque en Colombia no.  
Estudiante C

Este argumento del estudiante C, muestra el llamado que hace el estudiante anterior, para que los gobiernos se preocupen por cuidar a sus ciudadanos, entregando información, conocimiento que permita tomar decisiones informadas. Este tipo de procedimientos forma a los estudiantes para que también aprendan a exigir sus derechos desde la argumentación y no desde la agresión y a reconocer que las decisiones requieren fundamentos teóricos.

**Argumento 4:** Aspecto negativo: (escrito en el cuaderno)

El uso de semillas transgénicas da problemas a los campesinos que ya no pueden usar sus propias semillas, sino las que les vendan. Estudiante D

El estudiante D, toma postura sobre el sesgo que llega a producir un desarrollo socio-científico a las personas y de alguna manera critica los efectos que les pueden llegar hasta los ciudadanos por los manejos socio-económicos que les afectan.

Estos aportes evidencian las posturas socio críticas de los estudiantes quienes en forma oral y escrita se atreven a criticar las posturas de la ciencia, aspecto que de alguna manera los beneficia ya que se permite su expresión y logran echar mano del lenguaje científico, propio de la Biología para comprender, opinar y criticar. También es importante aquí reconocer que como se tratan los desarrollos disciplinares y se analiza el concepto de gen, aplicándolo a uno de los contextos, el transgénico. El concepto de gen es vértice de esta unidad didáctica.

A veces se continúa reconociendo que los documentos, videos y demás expresan verdades absolutas, por ello, se tuvo diferentes líneas con los documentos seleccionados para la exposición de tal manera que generara contradicción y los estudiantes de alguna manera encontrarán respuestas que obligan a estudiar mucho más los aspectos disciplinares.

Se encuentra como conclusión final que los estudiantes generan aseveraciones frente a los desarrollos socio-científicos utilizando los conocimientos previos que tienen, además de involucrar aspectos disciplinares y conocimiento común, además de sentimientos, creencias, aspectos sociales, económicos, políticos, éticos y demás, lo que de alguna manera aunque no llegue todo a ser conocimiento disciplinar podría servir de puerta para generar dilemas que inviten a estudiar mejor los argumentos que se requieren para fundamentar las posturas.

Los estudiantes realizan un trabajo en equipo de forma colaborativa y cooperativa, en grupos de tres a cuatro estudiantes, primero hacen una lectura para la comprensión de los textos y luego plantean preguntas de comprensión. Esta actividad moviliza discusiones con argumentos coherentes y serios que favorecen la apropiación de los conocimientos. Se anexan unas fotografías que muestran a los estudiantes preparando las carteleras para la exposición de las diferentes temáticas de los transgénicos (ver I Anexo. Evidencia de estudiantes preparando las carteleras sobre los transgénicos).

## **6.3 Contenidos Procedimentales**

### **6.3.1 Extracción de ADN como estructuración del nuevo conocimiento**

El propósito de esta práctica es concretizar la molécula de ADN, al reconocerla desde su extracción y compararla con los modelos teóricos que permiten sus subsunores, además de relacionar los conceptos relativos al lenguaje básico de la genética de la meiosis, referido a la estructura celular.

En consecuencia, se desarrolla una estrategia de carácter experimental, que consiste en la extracción de ADN de material biológico y utiliza una fórmula ya estandarizada por la profesora sobre las múltiples maneras que existen en la web para lograr esta práctica experimental. Se anexa la fórmula seleccionada (ver K Anexo. Práctica de laboratorio: Extracción de ADN). Se utilizan diferentes muestras vivas como hígado de pollo, vegetales como espinaca, frutas como papaya, piña, tomate, maracuyá, lulo, banano, fresa. Se desarrolla la guía preparándola primero y luego implementándola en el laboratorio.

Se comienza analizando dónde se encuentra el ADN, para lo cual, los estudiantes responden que su ubicación está en el núcleo. Se plantea la pregunta, cómo llegar a ese núcleo, y los estudiantes responden que es necesario romper la membrana celular. Como se ha preparado con anterioridad el desarrollo de la práctica, la profesora interroga sobre la forma de romper la membrana celular, o pared celular (si se trata de una célula vegetal); formula la pregunta, ¿Cuál de las acciones que plantea la práctica permite romper el núcleo?. Los estudiantes responden que la de licuar. Se pregunta si así, licuando se llega al núcleo de una vez, porque la práctica plantea otros pasos. Los estudiantes responden que se debe romper la membrana plasmática. La profesora afirma que de igual forma se debe romper la membrana para poder llegar al núcleo.

En este punto, es donde se ponen en juego, nuevamente los conceptos de: estructura celular, diferencias entre una célula vegetal y una célula animal, ubicación del ADN. Se evidencia la importancia de la presencia en la estructura cognitiva de los estudiantes de los subsunores válidos y relevantes para construir los nuevos conocimientos experimentales y de carácter procedimental, de tal forma que se hagan más abarcativos los conocimientos a desarrollar en la actividad 3, de la Unidad Didáctica “El salto del gen a la biodiversidad, un asunto en cuestión”.

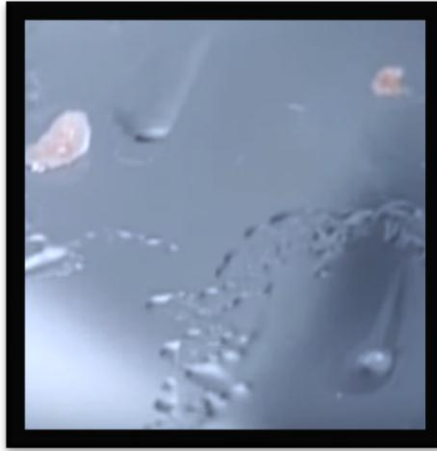
Los mismos estudiantes responden acerca de la forma de lograr romper la pared celular y la membrana plasmática con la licuadora, al agregar la sal de cocina (Cloruro de Sodio,  $\text{NaCl}_{(s)}$ ) y al agregar jabón líquido lava-vajilla. Es claro, el rompimiento de membranas que realiza la licuadora, con la lisis mecánica, para este caso.

---

Luego se procede a filtrar el licuado para eliminar trozos de piel, organelas y trozos de pulpa que pueden haber quedado. Los estudiantes reconocen la estructura de una célula, en el caso de la explicación de la célula vegetal. Se pregunta ¿Cuál célula será más fácil de romper y por qué?, la de hígado o la un vegetal como el maracuyá, por ejemplo. Se establecen discusiones en torno a las diferencias entre una célula animal y una vegetal.

Se prosigue con la práctica experimental. Luego se prepara un tampón de lisis con sal de cocina (Cloruro de Sodio,  $\text{NaCl}_{(s)}$ ) y mezcla jabón líquido lava-vajillas. Se agrega a la muestra, se agita. Se pregunta a los estudiantes: ¿Qué se tiene en las muestras? (el trabajo se realiza en equipos pequeños, en simultáneo) y ellos responden que ya se ha roto la membrana celular. Para lo cual la profesora pregunta: ¿Por qué se tiene que usar entonces la sal de cocina y el jabón lava-vajillas?, para lo cual no se observa suficiente claridad de parte de los estudiantes; la profesora pregunta: ¿Cuál es la función de los detergentes como el lava-vajillas?, los estudiantes responden que para sacar la grasa, se traslada entonces, estos conceptos al experimento y se agrega que las membranas de los cloroplastos, la del núcleo y las de las mitocondrias están formadas de lípidos, una forma de grasa, que se requiere romper para liberar el ADN que se encuentra allí. También se explica que la sal de cocina (Cloruro de Sodio,  $\text{NaCl}_{(s)}$ ) ayuda a neutralizar la carga negativa de los grupos fosfatos del ADN y ellos, los estudiantes ya conocen la estructura del ADN.

Luego se continúa el desarrollo de la práctica aplicando el tampón de lisis, del cual se explica su proceso y se separa una parte para precipitar con alcohol frío. Los estudiantes se maravillan con sus productos de ADN y expresan que lo desean ver en el microscopio. Desean reconocer mucho más su estructura, pero lo asemejan a las formas modelizadas con imágenes. Se separan partes con un alambrito en forma de gancho y se monta al microscopio para amplificar la imagen. Se observan muestras como esta fotografía, donde se alcanzan a ver con nitidez las bandas del ADN. La Ilustración 26 muestra la extracción del ADN extendido que resulta del trabajo de los estudiantes de octavo-1 en el laboratorio de Biología.

**Ilustración 26. Fotografía ilustra la extracción del ADN extendido**

Fuente propia

Se recuerda el modelo de ADN de la escalera de doble larguero, con nucleótidos en los peldaños y diferente forma de organización de bases nitrogenadas (que son específicas (Adenina con Timina y Citosina con Guanina)).

Con el desarrollo de la práctica experimental, se observa a un grupo de estudiantes motivado por el aprendizaje, tal vez maravillado por la experiencia que se ha desarrollado y alegres por el aprendizaje logrado. Se evidencia, además, que se transversalizan los conceptos y se logra mayor profundidad y claridad conceptual en la medida en que se ponen en acción nuevas actividades las cuales van creciendo en orden de complejidad. Se reconoce que estos conceptos son relacionables entre sí y con el material potencialmente significativo, en este caso con la práctica de laboratorio, y con el lenguaje propio de la meiosis y su representación.

**6.3.2 Generalidades de los aprendizajes logrados con la experimentación en la extracción del ADN**

La práctica de laboratorio eleva los procesos motivacionales de los estudiantes, mejora sus niveles de responsabilidad y de gusto por el conocimiento, de tal forma que ayudan a movilizar la estructuración cognitiva y facilitan la apropiación del conocimiento. En este caso, se observa que los estudiantes aprenden a seguir instrucciones, logran



---

preparar a tiempo los materiales que se requieren para cada paso del proceso y realizan diagramas de flujo para preparar la práctica. Además, logran el objetivo de la práctica experimental, separar el ADN rompiendo las células para extraerlo, separarlo a partir de otros componentes celulares, reconocerlo, relacionarlo con las representaciones aprendidas como modelo a través de las imágenes y figuras observadas durante el desarrollo del lenguaje básico de la meiosis.

Los estudiantes logran reconocer y apropiarse las metodologías que se emplean para la obtención del ADN a partir del material vivo de origen animal o vegetal, lo mismo sucede con los conceptos básicos de la red conceptual de la meiosis, propuestos en la actividad 3 de la Unidad Didáctica: “El salto del gen a la biodiversidad, un asunto en cuestión”. Esto hace que los aprendizajes logrados por los estudiantes sean significativos, porque se combinan los conceptos desde diversos escenarios, así los conceptos se hacen más estables y se aprende para un largo período de tiempo.

Los hallazgos conceptuales, actitudinales y procedimentales evidencian un proceso de enseñanza planificado y organizado a partir del conocimiento serio y sistematizado de los subsumidores que tienen los estudiantes y con intencionalidad pedagógica clasifica y retoma los que son válidos y relevantes y sirven de anclaje para relacionar los nuevos conocimientos. Además, tiene en cuenta los procesos motivacionales de los estudiantes, su contexto socio-cultural y político y se explora su capacidad crítica mediante el planteamiento de dilemas socio-científicos que los cuestiona y les facilita posturas argumentadas.

## **7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **7.1 Conclusiones**

La meiosis como fundamento de la variabilidad: una propuesta de enseñanza desde asuntos socio-científicos, para los estudiantes del grado octavo de la Institución Educativa Santa Rosa de Lima de Medellín, logra trascender desde un aprendizaje de carácter memorístico hacia otro de corte constructivista, mediante el uso de diversas estrategias que combinan el método científico y el socio-crítico puestos en acción en lo experimental (extracción de ADN), en la discusión de dilemas socio científicos (modificación de embriones para curar la enfermedad Beta-talasemia y los alimentos transgénicos en la salud); permitiendo elevar el proceso motivacional de los estudiantes y a su vez los niveles de responsabilidad social y gusto por el conocimiento desde una mirada bioética.

Esta propuesta de enseñanza, parte de indagar los conocimientos previos de los estudiantes en torno a la meiosis como fundamento de la variabilidad, para reconocer los subsunsores válidos y pertinentes que son requisito en el aprendizaje del nuevo conocimiento. Se encontró debilidad en los fundamentos de la teoría celular y sus cuatro principios básicos, también en la apropiación del lenguaje de la red conceptual de la meiosis, problemática que se constituyó en el punto de partida para el diseño, intervención y evaluación de la unidad didáctica, de lo que se puede deducir que es indispensable explorar los conocimientos previos de los estudiantes para lograr la coherencia entre el diseño y las necesidades de los estudiantes.

A partir de la anterior conclusión se puede deducir que se requiere de la instalación de un organizador previo, que permita una base sólida sobre la cual sustentar la

---

intervención de la Unidad Didáctica, “El salto del gen a la biodiversidad, un asunto en cuestión” como se pudo evidenciar cuando se realiza su aplicación en el aula de clase.

La intervención didáctica se apoya en los dilemas que generan algunos asuntos socio-científicos, lo cuales posibilitan la toma de postura, la construcción de aseveraciones y el acercamiento al proceso de argumentación, desde un concepto de ciencia como una actividad, distante de apuestas de verdades absolutas e incuestionables, objetivas, deterministas y con sesgos de humanización; hacia otra que se permita nuevas formas de ver, comprender y explicar el mundo y con sentido bioético, como lo manifiestan los estudiantes a través de sus motivaciones e intervenciones en cada uno de los talleres que ellos realizan.

La Unidad Didáctica se muestra como una diversidad de estrategias de enseñanza potencialmente significativas, con miras a favorecer los procesos motivacionales, a contextualizar y situar la enseñanza, a su vez facilita la interdisciplinariedad y transdisciplinariedad debido a que se evidencia que genera un mejor ambiente de aula, eleva el nivel de participación de los estudiantes, permite explorar sus intereses encontrándole un mayor sentido a la enseñanza de parte del docente; el hecho de que los estudiantes del grado octavo uno se mostraran inquietos, interesados y en constante retroalimentación en su relación estudiante-docente corrobora esta afirmación.

Esta propuesta de enseñanza permite valorar el diálogo en la clase, mediado por la intencionalidad pedagógica del profesor y el lenguaje propio de la meiosis como fundamento de la variabilidad, posibilitando interacciones entre el docente-estudiante, entre estudiante-estudiante, entre el material potencialmente significativo y el grupo, para favorecer la construcción de nuevos significados, y el desarrollo del pensamiento socio-crítico a través del análisis de dilemas socio-científicos como soporte didáctico de buen alcance; las posturas, las miradas, el respeto por el otro, el lenguaje verbal, escrito y gestual fue una señal clara en los estudiantes de su valoración.

En el diseño, intervención y evaluación de la propuesta debe destacarse la participación de los estudiantes en la realización de los ajustes, tanto de las estrategias como de los conceptos a manejar y evaluar. En algunas ocasiones se presentó la

necesidad de reconstruir y ajustar el plan metodológico de lo que se pensó ejecutar en un principio para alcanzar el reconocimiento del objeto de la meiosis; por lo tanto, toda propuesta de enseñanza debe estar sujeta a modificaciones de acuerdo al contexto sin perder la estructura del diseño metodológico en el que se hacen uso del modelado, representación gráfica (dibujo), vivencia (experimentación) y discusión de dilemas socio-científicos en un sentido sistémico.

## **7.2 Recomendaciones**

Esta propuesta de enseñanza de las Ciencias, recomienda que el estudio de la meiosis se centre más en su compromiso de aporte a la variabilidad que a la descripción simple de sus fases y de sus productos. Se debe trabajar en el aula de clase de ciencias, las formas de argumentación en los estudiantes, de tal forma que sus aportes superen el rango de la opinión y la aseveración para avanzar del lenguaje cotidiano a un lenguaje más cercano al que caracteriza la actividad científica.

Esta propuesta de enseñanza debe ser aplicada en otras instituciones educativas en la básica secundaria, procurando consolidar aquellos aspectos que permitan validarla, en términos de lograr Aprendizaje Significativo de la meiosis desde asuntos socio-científicos. Debido a que favorece en los estudiantes las representaciones y el lenguaje propio de la meiosis, para que sus explicaciones se aproximen a las presentadas por la comunidad científica y a las necesidades sociales hasta el punto de desarrollar las competencias socio-críticas anheladas.

Se recomienda además, compartir esta propuesta con los compañeros de la Institución Santa Rosa de Lima, especialmente entre los pares académicos del área de Ciencias Naturales y Química, para ajustarla en otros grupos y a otras temáticas.

Para la Maestría de Enseñanza de las Ciencias, es necesario desarrollar este tipo de propuestas de enseñanza porque contribuyen a romper el paradigma educativo desde una enseñanza de corte tradicional hacia otras de corte constructivista.

El acompañamiento realizado por la Universidad Nacional se constituye en un pilar para la ejecución de este tipo de proyectos; se recomienda que no se quede sólo en el planteamiento, sino que la Universidad se encargue de promoverlo a nivel de políticas públicas en cuanto a Educación se refiere.

El haber pasado por un proceso de construcción del lenguaje básico de la Biología, permitió sentar las bases para la comprensión del proceso de meiosis y mejorar la postura crítica y argumentada frente a la participación, comprensión, indagación y cuestionamiento de los dilemas socio-científicos.

El trabajo experimental de extracción del ADN permitió que los estudiantes se maravillaran con la molécula, al entender su estructura y su función como escenario de la variabilidad.

## REFERENCIAS

- Acosta, O. (2002). Riesgos y preocupaciones sobre los alimentos transgénicos y la salud humana. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 4(2), pp. 5-16. Recuperado de <file:///C:/Users/gladys/Downloads/30103-108367-1-PB.pdf>
- Ayuso, G. E. & Banet, E. (2002). Alternativas a la enseñanza de la genética en educación secundaria. *Investigación Didáctica. Enseñanza de las Ciencias*, 20(2). pp. 133-157. Recuperado de [www.raco.cat](http://www.raco.cat): [www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/download/21790/21624](http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/download/21790/21624)
- Barra, S. A. & Mora, D. M. (2013). Análisis de las metodologías de evaluación de los programas de formación basados en competencias. *Revista Actualidades investigativas en Educación*. 13(3) pp. 1-17 .Recuperado de [http://www.academia.edu/9269787/an%C3%81lisis\\_de\\_las\\_metodolog%C3%8da\\_s\\_de\\_evaluaci%C3%93n\\_de\\_los\\_programas\\_de\\_formaci%C3%93n\\_basados\\_en\\_competencias](http://www.academia.edu/9269787/an%C3%81lisis_de_las_metodolog%C3%8da_s_de_evaluaci%C3%93n_de_los_programas_de_formaci%C3%93n_basados_en_competencias)
- Beltrán, J. C. (2012). Vallados, uso industrial y agrícola; Diseño Curricular A Partir De Cuestiones Socio-científicas. *Memorias Del Primer Foro De Experiencias Didácticas Sobre CSC. 2012*. Vol. 1. Pp. 30-39. Recuperado de <http://alternaciencias.com/PDFsAlterna/EventosCursosAlternaciencias/Memorias%20primer%20foro%20csc.pdf>
- Benítez, M. R. A. (2013). *La enseñanza de la genética en el grado noveno de básica secundaria: una propuesta didáctica a la luz del constructivismo*. Tesis de maestría de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. pp. 88. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/9522/1/78026528.2013.pdf>
- Caballero, A. M. (2008). Algunas ideas del alumnado de secundaria sobre conceptos básicos de genética. *Investigación Didáctica. Enseñanza de las ciencias*, 26(2), pp. 227–244. Recuperado de <http://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v26n2/02124521v26n2p227.pdf>

- 
- Cisterna, C. F. (2005). Categorización y triangulación como procesos de validación del conocimiento en investigación cualitativa. *Theoria*, 14(1). pp. 61-71. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=29900107>
- Coll, C. & Solé, I. (2001). Aprendizaje Significativo y ayuda pedagógica. *Revista Candidus*. (15), mayo y junio. pp. 1-9. Recuperado de [https://www.google.com.co/?gfe\\_rd=cr&ei=6OFXVtSzCYPa8gfg1rFw&gws\\_rd=ssl#q=aprendizaje+significativo%2B+revista+candidus](https://www.google.com.co/?gfe_rd=cr&ei=6OFXVtSzCYPa8gfg1rFw&gws_rd=ssl#q=aprendizaje+significativo%2B+revista+candidus)
- Congreso de la República de Colombia (1994). *Ley General 115 de 1994*. Recuperado de [http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-85906\\_archivo\\_pdf.pdf](http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-85906_archivo_pdf.pdf)
- Curtis, Helena (1992) (4ª edición). *BIOLOGIA. Meiosis y reproducción sexual*. España: Edit. Médica Panamericana.
- Debono, E. (1987). Aprender a pensar. *www.academia.edu*. Recuperado el 15 de 11 de 2015, de [www.academia.edu: https://www.academia.edu/8170071/Bono\\_Edward\\_-\\_Aprender\\_A\\_Pensar\\_librocondensado\\_.PDF](https://www.academia.edu/8170071/Bono_Edward_-_Aprender_A_Pensar_librocondensado_.PDF)
- España, R. E. & Prieto, R. T. (2010). Problemas socio-científicos y enseñanza-aprendizaje de las ciencias. *Investigación en la Escuela*. (71). pp. 17-24. Recuperado el 15 de 11 de 2015 de [http://investigacionenlaescuela.es/articulos/71/R71\\_2.pdf](http://investigacionenlaescuela.es/articulos/71/R71_2.pdf)
- EFE. (23 de Abril de 2015). Polémica científica ante estudio Chino que modificó ADN en embriones humanos. Washington. Recuperado de [http://www.efe.com/: http://www.efe.com/efe/america/sociedad/polemica-cientifica-ante-estudio-chino-que-modifico-adn-embriones-humanos/20000013-2594629](http://www.efe.com/:http://www.efe.com/efe/america/sociedad/polemica-cientifica-ante-estudio-chino-que-modifico-adn-embriones-humanos/20000013-2594629)
- Freire, P. (SF). El último gran pedagogo. *Reseña de los conceptos centrales de la pedagogía Liberadora*. Recuperado de <http://educacion.idoneos.com/124370/>
- Henao, S. B. L. & Palacio, M. L. V. (2013). Formación científica en y para la civilidad: un propósito ineludible de la educación en ciencias. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 9 (1), pp. 134-161. Recuperado en 5 de abril de 2015 de [http://latinoamericana.ucaldas.edu.co/downloads/Latinoamericana9%281%29\\_7.pdf](http://latinoamericana.ucaldas.edu.co/downloads/Latinoamericana9%281%29_7.pdf)

- Henao, B. L., Mejía, A. L. S., Jiménez, N. M. M. & Aguilar, M. Y. (2007). *Módulo Hacia la Recontextualización de planes de área. La didáctica de las ciencias experimentales como cultura disciplinar y el maestro como intelectual*. Secretaría de Educación Municipal. Universidad de Antioquia. Alcaldía de Medellín. Secretaría de Educación. pp. 101.
- Huertas, D. Z., Ríos, L. I., Moreno, M. A. & Nieto, B. (2012) *¿Es válida la experimentación con animales con el fin de permitir el avance de la ciencia? Implementación de una secuencia didáctica con estudiantes de grado octavo. Memorias Del Primer Foro De Experiencias Didácticas Sobre CSC. 2012. Vol.1, pp. 6-15.* Recuperado de <http://alternaciencias.com/PDFsAlterna/EventosCursosAlternaciencias/Memorias%20primer%20foro%20csc.pdf>
- Institución Educativa Santa Rosa de Lima (2014). *Proyecto Educativo Institucional Medellín*. Medellín.
- Íñiguez, P. F. J. & Puigcerver, O. 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. 307-327 ISSN: 1697-011X. En: DOI: 10498/15441. Recuperado de [http://reuredc.uca.es/index.php/tavira/article/viewFile/336/pdf\\_137](http://reuredc.uca.es/index.php/tavira/article/viewFile/336/pdf_137)
- Jorba, J. & Sanmartí, N. (1994). *Enseñar, aprender y evaluar: Un proceso de regulación continua. Propuesta didáctica para las áreas de Ciencias Naturales y Matemáticas*. Documentos. Barcelona: Ministerio de Educación y Cultura.
- Lemke, J. L. (2006). Investigar para el futuro de la educación científica: nuevas formas de aprender, nuevas formas de vivir. *Investigación Didáctica. Enseñanza de las Ciencias*, 24(1). pp. 5-12. Recuperado el 15 de abril de 2015 de [http://disciplinas.stoa.usp.br/pluginfile.php/14581/mod\\_resource/content/1/Investigar%20para%20el%20futuro\\_Lemke.pdf](http://disciplinas.stoa.usp.br/pluginfile.php/14581/mod_resource/content/1/Investigar%20para%20el%20futuro_Lemke.pdf)
- López, L. L. (2013). Diseño, aplicación y análisis de una experiencia en enseñanza de la genética, fundada en la teoría del aprendizaje significativo de Ausubel. (Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia. pp. 98. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/9565/#sthash.cUqYdeDY.dpuf>
- Ministerio de Educación Nacional MEN (2007). Estándares básicos de competencias en Ciencias Sociales y Ciencias Naturales. La formación en Ciencias: ¡el desafío! Bogotá. pp. 52. Recuperado de [http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-116042\\_archivo\\_pdf3.pdf](http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-116042_archivo_pdf3.pdf)



- 
- Ministerio de Educación Nacional MEN (1998). *Lineamientos curriculares*. Bogotá. pp. 113. Recuperado de [http://www.mineducacion.gov.co/1621/articulos-89869\\_archivo\\_pdf5.pdf](http://www.mineducacion.gov.co/1621/articulos-89869_archivo_pdf5.pdf)
- Monsalve, C. M. (2014). *La variabilidad genética de la persea americana m.: un estudio sobre la enseñanza de la biología molecular desde el laboratorio en grado 10°*. (Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín). pp. 90. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/45361/1/1033337170.2014.pdf>
- Moreira, M. A. (1999) *Investigación en Enseñanza: Aspectos Metodológicos*. Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias. Texto de Apoyo n° 1. Universidad de Burgos. Departamento de Didácticas Específicas. Burgos, España. pp. 40. Recuperado de <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/investigacionenensenanza.pdf>
- Moreira, M. A. (2000). *Aprendizaje Significativo: teoría y práctica*. Madrid: Ediciones Visor.
- Moreira, M. A. (2002). *Investigación en educación en ciencias: Métodos cualitativos*. Programa internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias. Texto de Apoyo n° 14. Universidad de Burgos. Departamento de Didácticas Específicas. Burgos, España. pp. 29. Recuperado de <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/metodoscualitativos.pdf>
- Moreira, M. A. (2010). *Aprendizaje significativo crítico*. Porto Alegre, Brasil. pp. 25. Recuperado de <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigcritesp.pdf>
- Nuridsany, C. & Pérennou, M. (2005). *Génesis*. [Película]. Terra.org. Recuperado de <http://www.terra.org/categorias/peliculas/genesis>
- Oliva, R. (2008). *Genética Médica*. Documento de meiosis. Barcelona, España: Universitat de Barcelona.
- Presidencia de la República de Colombia (1991). *Constitución política de Colombia*. Bogotá.
- Quiceno, S. Y. & Vélez, P. A. (2011). La argumentación y el carácter interdisciplinario de los asuntos socio-científicos y su aporte a una formación en y para la civildad. Trabajo de grado Licenciatura. Universidad de Antioquia. Medellín. pp. 133.

Recuperado el 10 de octubre de 2015 de <http://ayura.udea.edu.co:8080/jspui/bitstream/123456789/1638/1/JE0964.pdf>

Ruiz, P. L. A. (2012). *La investigación dirigida como estrategia metodológica, para orientar prácticas experimentales de biología, en la básica secundaria, de la sede educativa bachillerato Patía del municipio de Patía-Cauca*. Tesis, Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira. PDF (Trabajo de Grado Maestría). Repositorio Institucional. pp. 63. Recuperado de [www.bdigital.unal.edu.co/7580/1/7815012.2012.pdf](http://www.bdigital.unal.edu.co/7580/1/7815012.2012.pdf)

Solomon, P. E., Berg, R. L. & Martín, W. D. (2013) (Novena Edición). *Biología*. México: Cengage Learning.

Stake, R. E. (1999) (2da. Ed.). *Investigación con estudio de casos*. Madrid: Morata. Recuperado de [http://investigacionsocial.sociales.uba.ar/files/2013/03/STAKE\\_investigacion-con-estudio-de-casos.pdf](http://investigacionsocial.sociales.uba.ar/files/2013/03/STAKE_investigacion-con-estudio-de-casos.pdf)

Standfield, W. D. (1978). *Genética, teoría y problemas resueltos*. México DF: McGraw-Hill.

Videociencias (Dirección). (2011). *Reproducción Celular mitosis y meiosis*. [Película].

## ANEXOS

### A Anexo: Cuestionario de exploración de ideas previas

#### INDAGANDO ACERCA DE LO QUE CONOZCO SOBRE LA CÉLULA

**Propósito:** Explorar todo lo que cada estudiante sabe, conoce o recuerda sobre la célula.

Responda las siguientes preguntas, trate de escribir varias ideas de cada pregunta.

1. ¿Cómo defines una célula?

2. ¿Que tienen las células por dentro?

3. Dibuja una célula, colorea sus partes y anota sus estructuras.

4. ¿En qué estructura de la célula está ubicada la información hereditaria?

5. ¿Qué parte de tu cuerpo lleva la información hereditaria?

6. ¿Si a un animal como un perrito le cortan la cola sus hijos van a nacer sin cola?

7. Si por medio del sol se me quema la piel, y me vuelvo moreno, transmito esta característica de color a los hijos?

8. ¿Qué otros nombre tiene el material genético?

9. ¿Qué células del cuerpo humano poseen material genético?

10. ¿Qué entiende por reproducción sexual?

11. ¿Existe la reproducción asexual?

12. ¿Porque existen familias de un mismo padre con una misma madre y todos los hijos son tan diferentes?

13. ¿Cómo se sana una herida? Dibuja el proceso de sanación de una herida. Coloréalo. Escribe los nombres de lo que dibujes. Realiza anotaciones y explicaciones.

14. ¿Tienen reproducción sexual las plantas?

15. Escribe lo que entiendes por herencia, cromosoma, gen, cromátide, gameto, meiosis, mitosis, ADN, genoma.

16. La información genética está contenida en:

a) La sangre

b) El cerebro

c) Todas las células del cuerpo.

d) Ninguna célula del cuerpo.


17. Señale los organismos que están formados por células:

a) Un colibrí, b) Una planta, c) Una mesa, d) Una persona, e) Un coral marino

Responda detrás de la hoja y si requiere de otra hoja la solicita.

**B Anexo. Evidencias de conceptos previos**

1) organelos, partes de una célula: núcleo, mitocondrias, aparato de golgi, ribosomas, retículo.



2) en el núcleo

3) Ribosoma

4) no

5) no


6) no sabemos o no está etc.

7) las células vegetales

8) es un apuntamiento de la pared celular

9) en todas las plantas

10) por ejemplo en el hongo ascomicete.



11) sexual no impide asexual


12) son partes de la célula

13) todas las células del cuerpo

14) un colibrí una planta una bacteria

Una célula se define por núcleo, y es la que conforma la estructura del cuerpo.

una célula está conformada por retículo plasmático, membrana celular etc...



**Partes de la célula.**

1. Célula.
2. Núcleo.
3. Membrana celular.
4. Citoplasma.
5. Mitocondria.
6. Retículo Plasmático.

está ubicada en el núcleo.

la célula.

no porque no transfiere herencia y el otro se desarrolla como si existiera.

**Reproducción.**

no por que los vasos del tallo es el sistema de transporte y no es el sistema circulatorio y otros.


tener hijos y hacer el amor.

si pero no pueden tener hijos.

si por que se transforman por ser en algunas cosas y otras no.

1) la célula es un organismo que vive fuera del cuerpo.

2) son como los papas y las manzanas.



3) en el núcleo de la célula

4) la célula

5) no por que los genes están en la sangre si tuvieras un perro parecería con él. es como si yo me portara el pelo mi hijo no parecería con él. Por eso obvio que el pelo le creciera lo mismo para es como que la célula le creciera.

6) no por que es la sangre es blanca el hijo le creciera blanco no importa que el padre o la madre se tiene.


7) no

8) no

9) es cuando dos genes distintos se juntan y tienen hijos por que cada uno de los hijos ellos heredan papá y mamá (heredan los genes).

10) no creo por que se supone que para tener un hijo debe de ser dos genes distintos.

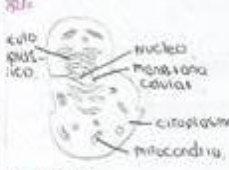
11) por que a veces los hijos también tienen características de sus abuelos.



**Solución**

1) muchos vasos y conectados.

2) membrana celular, núcleo, retículo endoplasmático, mitocondria, citoplasma.

3)  ya/SC

4) el núcleo.

5) el cuerpo.

6) se basan el crecimiento al tacto.

7) no porque no es de nacimiento.


**Reproducción.**

1) los espermatozoides, huevo, ovarios, ovulos.

2) depende a un ser vivo.

3) en todos los seres vivos.

4) por que son diferentes los genes.

5)  las células se recombinan

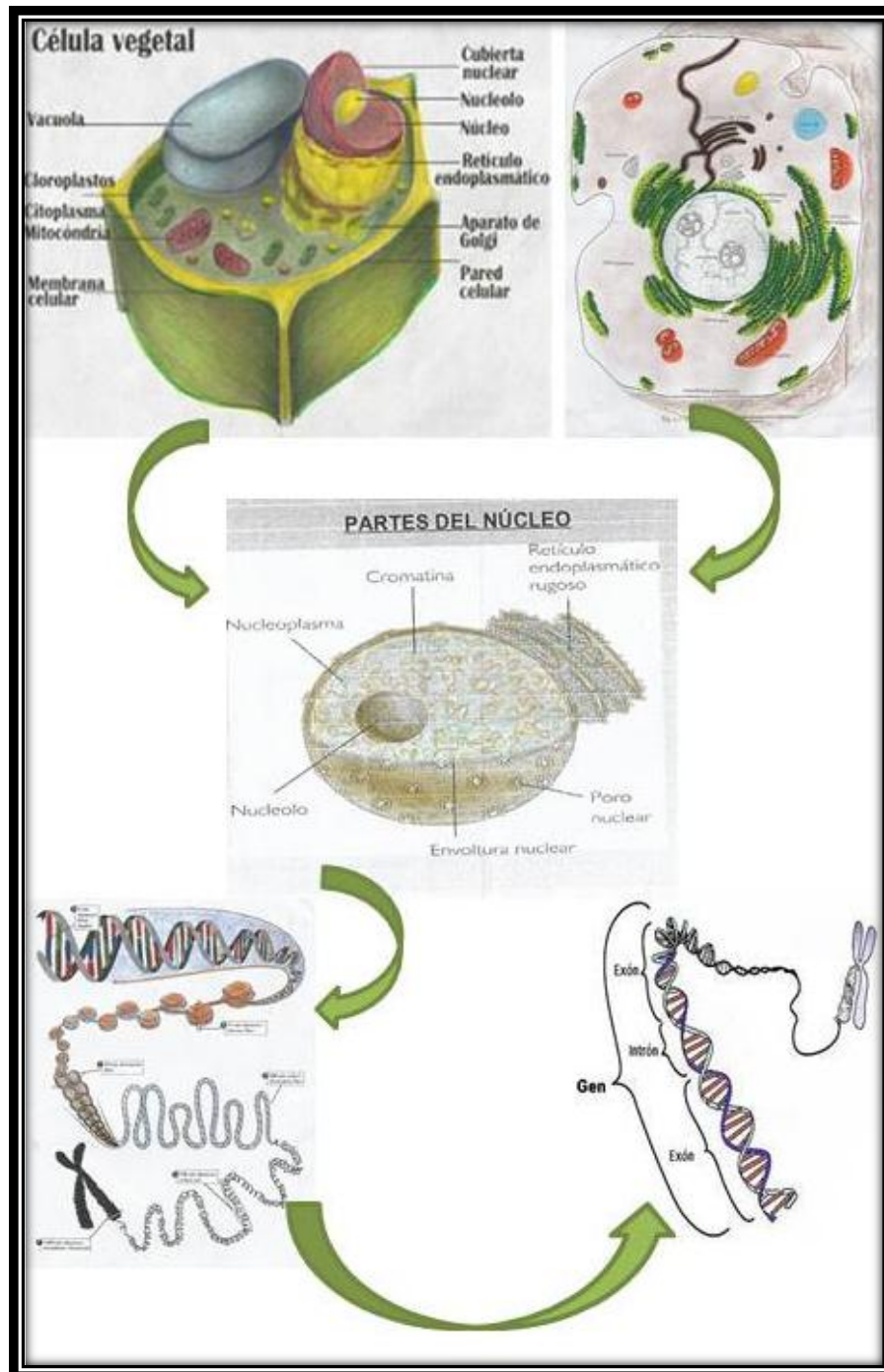
6) no

7) son los vasos que le dan los nutrientes lo que dan los padres.

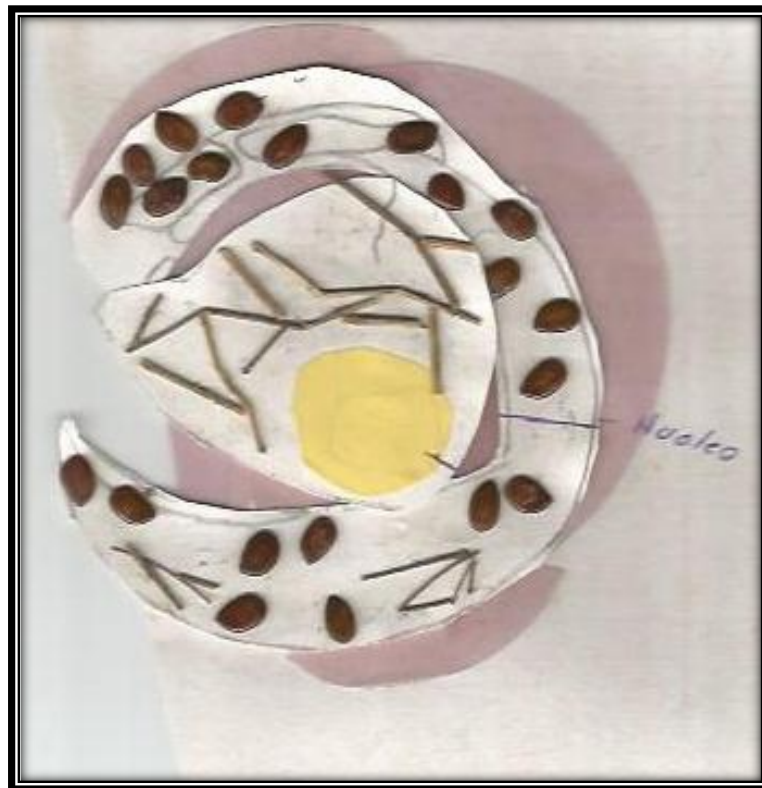
8) en todas las células del cuerpo.

9) células, planta, persona, el coral marino.

## C Anexo. Evidencias de representaciones coloreadas de la célula al gen



**D Anexo. Representación de estructura nuclear, elaborada con material reciclable**



## **E Anexo. Taller 1: Comparación entre los procesos de reproducción celular mitosis y meiosis**

### **Propósitos:**

1. Establecer comparaciones entre los procesos, fases y productos de la mitosis y la meiosis.
2. Utilizar el lenguaje básico de la mitosis y la meiosis, de tal forma que sirva para anclar el nuevo conocimiento, en la perspectiva de Aprendizaje Significativo.

### **Desarrollo del taller:**

En grupos de tres estudiantes, leer, dialogar y responder las preguntas relacionadas en el taller. Establecer consensos entre el equipo de trabajo, dejando registro escrito de sus producciones en sus respectivos cuadernos de notas. Se puede utilizar todo tipo de material relacionado con la temática: textos de estudio, videos, internet, gráficos, entre otros.

1. ¿Cuál es la función de la mitosis?
2. ¿Qué ocurre en la interfase de la mitosis?
3. Dibuje un cromosomas con sus cromátides
4. Nombre las fases de la mitosis
5. Describa el proceso que ocurre en cada una de las fases
6. Compare las fases metafase y anafase
7. Describa las clases de cromosomas de acuerdo a sus formas característica de las cromátides
8. Explique el proceso de citocinesis
9. Describa el resultado de la mitosis en términos del número de cromosomas.
10. ¿Qué es la gametogénesis?
11. ¿Cuál es la diferencia entre células diploides y haploides?



12. ¿Cuántas divisiones presenta la meiosis y cuál es la diferencia entre ellas?
13. ¿En qué consiste el fenómeno llamado sinapsis?
14. Defina los conceptos de bivalente, tetra, quiasma?
15. ¿En qué consiste el fenómeno de entrecruzamiento?
16. ¿En qué consiste el fenómeno de intercinesis?
17. Establezca un proceso de comparación entre mitosis y meiosis

## **F Anexo. Lectura: Polémica científica ante estudio chino que modificó el ADN en embriones humanos**

El mundo de la ciencia se despertó hoy revolucionado al trascender que un grupo de investigadores chinos modificó el ADN de embriones humanos en un estudio, una práctica muy controvertida por sus implicaciones éticas.

La investigación, publicada en la pequeña revista estadounidense *Protein & Cell*, fue realizada por científicos de la Universidad Sun Yat-sen, en la ciudad china de Guangzhou.

En su estudio, los investigadores utilizaron 86 embriones humanos para comprobar si podían modificar el gen HBB, cuya mutación es responsable de la enfermedad beta-talasemia.

La talasemia es un trastorno hereditario que afecta la producción de hemoglobina normal, un tipo de proteína presente en los glóbulos rojos cuya función es transportar oxígeno a los tejidos del cuerpo.

Esta dolencia incluye varias formas diferentes de anemia, cuya gravedad depende del número de genes que estén afectados, y puede llegar a ser mortal.

El estudio, del que había rumores en la comunidad científica desde marzo, fue condenado inmediatamente por investigadores estadounidenses, que argumentan que esa práctica es "peligrosa, prematura y suscita cuestiones éticas", informaron medios locales.

Para minimizar la controversia ética, los investigadores chinos utilizaron embriones que no eran viables y solo 71 de ellos sobrevivieron, y solo en 28 la modificación del ADN funcionó.

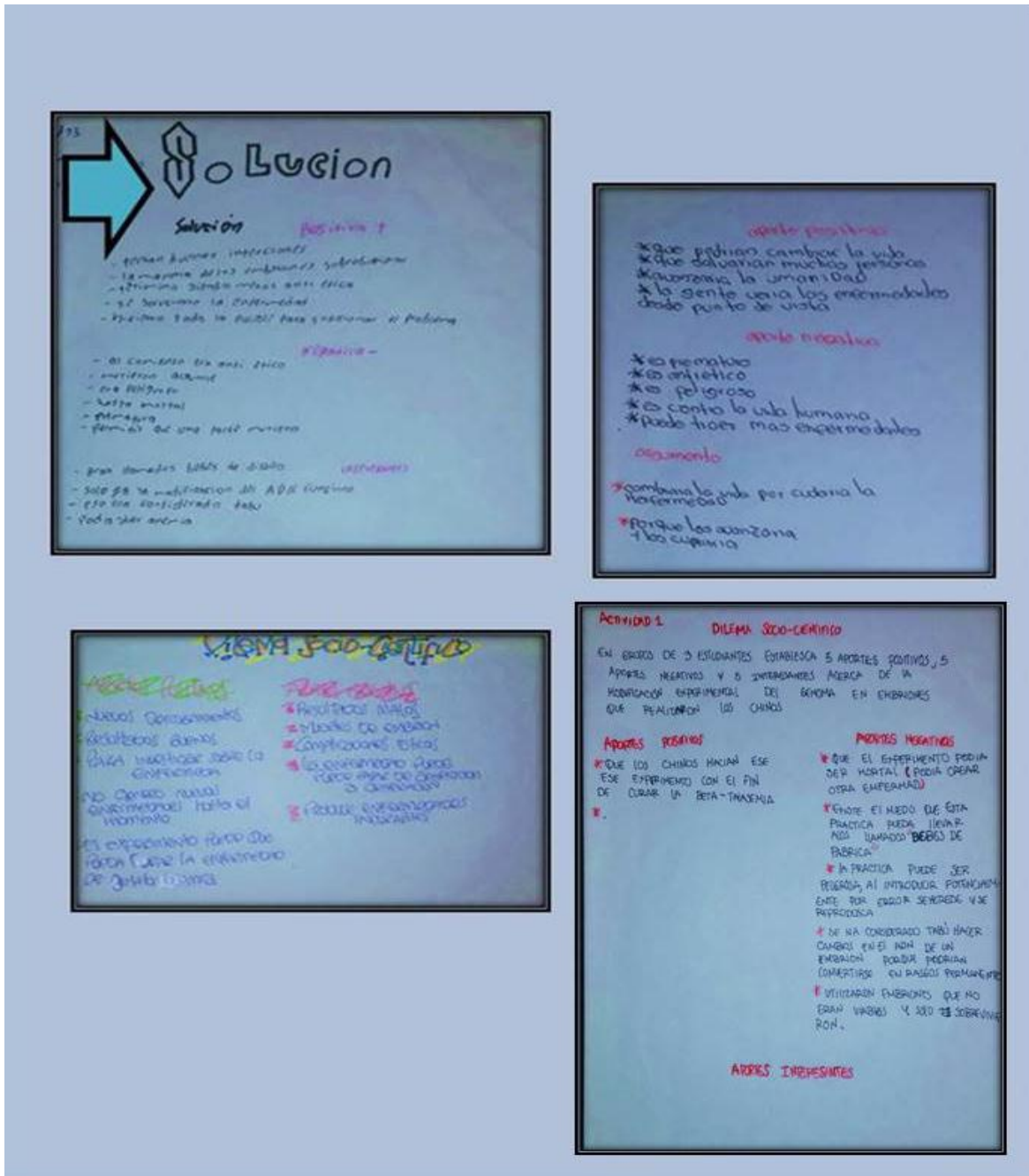
"Nuestros resultados subrayan la necesidad de una mayor comprensión de la técnica CRISPR/Cas9 de modificación del ADN, y respaldan la idea de que las aplicaciones clínicas de este mecanismo quizás sean prematuras en este momento", escribieron los científicos en su estudio.

La controversia del caso radica en que durante mucho tiempo se ha considerado tabú hacer cambios en el ADN de un embrión humano porque esas modificaciones podrían convertirse en rasgos permanentes del mapa genético del ser humano.

Otro de los temores de los científicos es que esta práctica pueda ser peligrosa, al introducir potencialmente por error una nueva enfermedad que se herede de generación en generación.

Además, existe el miedo a que esta práctica pueda llevar a los llamados "bebés de diseño", cuya herencia genética (genotipo) sería seleccionada usando varias tecnologías reproductivas. (EFE, 2015)

## G Anexo. Evidencias de posturas de los estudiantes frente al dilema de modificación de embriones, con miras a la cura de la enfermedad de beta-talasemia



## **H Anexo. Documentos de apoyos relacionados con asuntos socio-científicos acerca de los transgénicos**

---

- Alimentos transgénicos

Recuperado de <https://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/002432.htm>

Biblioteca Nacional de medicina de los Estados Unidos

- Cultivos transgénicos en Colombia

Recuperado de <http://maldeadora.com/cultivos-transgenicos-en-colombia/>

- Tres empresas controlan el 53% del mercado mundial de semillas

Recuperado de <https://noticiasdeabajo.wordpress.com/2013/02/15/tres-empresas-controlan-el-53-del-mercado-mundial-de-semillas/>

- Colombia: país agrícola que importa alimentos transgénicos

Recuperado de <http://base.d-p-h.info/es/fiches/premierdph/fiche-premierdph-6464.html>

- Los alimentos transgénicos están “satanizados”: Nobel de medicina

Recuperado de <http://www.semana.com/vida-moderna/articulo/nobel-de-medicina-dice-que-transgenicos-estan-satanizados/410919-3>

- El cultivo de alimentos transgénicos está prohibido en 10 países de Europa. Mientras España es el principal productor en la UE

Recuperado de <https://semillasysalud.wordpress.com/2010/10/22/6/>

- Alimentos transgénicos: Ventajas y desventajas
-

---

Recuperado de <http://www.mipielsana.com/alimentos-transgenicos/>

- ¿Cómo se hace un transgénico?

Recuperado de <http://www.syngenta.com.mx/como-se-hace-un-transgenico.aspx>

- Alimentos transgénicos

Recuperado de <http://www.areaciencias.com/alimentos-transgenicos.htm>

- ¿Qué es un transgénico?

Recuperado de <https://elefectorayleigh.wordpress.com/2013/05/17/que-es-un-transgenico/>

- Consecuencias del uso de Transgénicos

Recuperado de <http://www.greenpeace.org/colombia/es/campanas/bosques/transgenicos/consecuencias-del-uso-de-trans/>

- ¿Cuáles son los efectos de los transgénicos para la salud?

Recuperado de <http://www.compromisorse.com/sabias-que/2010/11/16/cuales-son-los-efectos-de-los-transgenicos-para-la-salud/>

---

## I Anexo. Evidencia de estudiantes preparando las carteleras sobre los transgénicos



---

## **J Anexo. Lectura: Riesgos y preocupaciones sobre los alimentos transgénicos y la salud humana**

A continuación se extrae un fragmento concluyente de la Revista Colombiana de Biotecnología, (Acosta, 2002) con el fin de que pueda ser utilizada como recurso para fundamentar la discusión de los alimentos transgénicos en torno a la salud, sus ventajas, desventajas y sus técnicas de producción, por parte de los estudiantes.

Se concluye que las plantas transgénicas modificadas para uso en alimentos, ofrecen grandes beneficios potenciales en la agricultura, la calidad de los alimentos, la nutrición y la salud, pero varios aspectos de esta tecnología requieren consideración especial. Estas consideraciones abarcan la seguridad para el consumo humano y animal así como sus posibles efectos ambientales, lo cual debe ser abordado dentro de protocolos de bioseguridad, con una creciente rigurosidad científica.

En este debate cada vez se hace más necesaria la integración del conocimiento científico más riguroso a un proceso de construcción de consenso sobre bioseguridad de los alimentos y cultivos transgénicos. Con base en principios de apertura, inclusión, transparencia e independencia, se debe fortalecer el concepto de consulta a todos los implicados en el debate, incluidos los representantes de la sociedad civil y de los organismos gubernamentales, apoyándose en un conocimiento científico compartido, el cual es fundamental dentro de un sistema de bioseguridad con credibilidad ante la sociedad. Dado que esta nueva biotecnología representa beneficios potenciales, en especial para los países en desarrollo, estos países necesitan acceder a nuevos desarrollos científicos, construir capacidad científica para evaluar y regular los nuevos alimentos y cultivos e incorporar sus productos de exportación a mercados internacionales.

## **K Anexo. Práctica de laboratorio: Extracción de ADN**

### **EXTRACCIÓN DE ADN EN EL LABORATORIO DEL COLEGIO**

#### **Propósitos:**

1. Extraer el ADN de un producto natural, utilizando procedimientos propios de la ciencia, con el fin de descubrir la molécula como fundamento del fenómeno de la variabilidad, estableciendo relaciones con su estructura, composición química y función.

#### **INTRODUCCIÓN**

ADN es la abreviatura del ácido desoxirribonucleico (en inglés, DNA). Constituye el material genético de los organismos. Es el componente químico primario de los cromosomas y el material del que los genes están formados.

Una parte de él, la que corresponde a un gen determinado es la que se utiliza algunas veces para producir los transgénicos.

El ADN fue identificado inicialmente en 1868 por Friedrich Miescher, biólogo suizo, en los núcleos de las células del pus obtenidas de los vendajes quirúrgicos desechados y en el esperma del salmón. Él llamó a la sustancia nucleína, aunque no fue reconocida hasta 1943 gracias al experimento realizado por Oswald Avery.

La estructura del ADN es una pareja de largas cadenas de nucleótidos. La estructura de doble hélice del ADN fue descubierta en 1953 por James Watson y Francis Crick. Una larga hebra de ácido nucleico está enrollada alrededor de otra hebra formando un par entrelazado. Dicha hélice mide 3,4 nm de paso de rosca y 2,37 nm de diámetro, y está formada, en cada vuelta, por 10,4 pares de nucleótidos enfrentados entre sí por sus bases nitrogenadas.

Sólo tenemos un 30% más de genes que un diminuto gusano, el cual tiene solo un milímetro de longitud y posee 959 células, en tanto que nosotros alrededor de 100 billones. Y mientras que los seres humanos poseemos aproximadamente 100.000



---

millones de neuronas, el diminuto gusano cuenta únicamente con 302. En comparación con el arroz nos va aún peor, puesto que un grano de arroz tiene muchos más genes que una persona y todavía no se le ha ocurrido ni la más tonta de las ideas.

## **Proceso de extracción del ADN**

La extracción de ADN requiere una serie de etapas básicas. En primer lugar tienen que romperse la pared celular y la membrana plasmática para poder acceder al núcleo de la célula. A continuación debe romperse también la membrana nuclear para dejar libre el ADN. Por último hay que proteger el ADN de enzimas que puedan degradarlo y para aislarlo hay que hacer que precipite en alcohol.

La solución de jabón líquido lavavajillas y la sal de cocina (Cloruro de Sodio,  $\text{NaCl}_{(s)}$ ) ayudada por la acción de la licuadora es capaz de romper la pared celular y las membranas plasmática y nuclear.

Los zumos de piña y papaya contienen un enzima, la papaína, que contribuye a eliminar las proteínas que puedan contaminar el ADN.

El alcohol se utiliza para precipitar el ADN que es soluble en agua pero, cuando se encuentra en alcohol se desenrolla y precipita en la interfase entre el alcohol y el agua.

La extracción de ADN requiere una serie de etapas básicas. En primer lugar tienen que romperse la pared celular y la membrana plasmática para poder acceder al núcleo de la célula. A continuación debe romperse también la membrana nuclear para dejar libre el ADN. Por último hay que proteger el ADN de enzimas que puedan degradarlo y para aislarlo hay que hacer que precipite en alcohol.

## **Parte experimental:**

- 1.- Cortamos la zona central de la cebolla en dados (tomate, maracuyá, lulo, banano, fresa, hígado de pollo, espinaca u otro).
- 2.- En un vaso de agua echamos 3 cucharaditas del jabón líquido lavavajillas y una de sal de cocina (Cloruro de Sodio,  $\text{NaCl}_{(s)}$ ) y añadimos agua destilada hasta llenar el vaso.
- 3.- Mezclamos esta solución con los trozos de cebolla.
- 4.- Licuamos el conjunto con la batidora, a velocidad máxima durante 30 segundos.

- 5.- Filtramos el líquido obtenido con un filtro de café.
- 6.- Llenamos un cuarto de un tubo de ensayo con la disolución filtrada. Añade otro tanto de zumo de piña y mezclamos bien.
- 7.- Añadimos un volumen de alcohol muy frío equivalente al del filtrado, cuidadosamente, haciéndolo resbalar por las paredes del vaso para que forme una capa sobre el filtrado.
- 8.- Dejamos reposar durante 2 ó 3 minutos hasta que se forme una zona turbia entre las dos capas. A continuación introducimos la varilla y extraemos una maraña de fibras blancas de ADN.

### **¿Cómo presentar el informe del laboratorio?**

Realice un diagrama del procedimiento para que logre comprender paso a paso el proceso que se requiere y no tenga que venir a leer e interpretar a última hora en el laboratorio.

Revise los materiales que necesita y consígalos para que tenga todo a mano y logre el propósito de extraer su ADN.

Haga dibujos, tome fotos y elabore un buen informe con análisis y conclusiones. Consulte sobre el proceso. Adjunte las evidencias de los resultados obtenidos en el laboratorio. Autoevalúe su trabajo contando cómo le fué y cómo se sintió.

El informe debe ser individual, se dispone de una semana para su entrega a partir del día de la práctica. Se debe realizar en hojas blancas tamaño carta y estar muy bien presentado.

### **Responda las siguientes preguntas:**

1. ¿Por qué razón se utilizan en el laboratorio diferentes frutas u órganos de animales como hígado de pollo?.
2. ¿En qué partes de la célula se encuentra el ADN?
3. ¿Por qué licuamos o maceramos las frutas, espinacas o el hígado de pollo?
4. ¿Para qué se utiliza el jabón líquido y la sal de cocina?
5. ¿Por qué el alcohol debe estar bien frío?
6. ¿Qué tipos de alcohol se pueden utilizar para extraer ADN?

7. ¿Por qué se tiene que agregar el alcohol resbalado por las paredes del tubo de ensayo?
8. ¿Se podrá en otro recipiente amplio y ancho que no sea un tubo de ensayo? ¿qué ventajas ofrece el tubo de ensayo?
9. ¿Te imaginabas de esa forma el ADN?
10. Elabora un breve resumen acerca de la estructura del ADN, teniendo en cuenta lo aprendido en la clase.

### **Materiales requeridos:**

- Fruta de diversa clase ó hígado de pollo ó espinaca
- Licuadora o mortero con mano
- Vasos desechables (5)
- Tubo de ensayo
- Sal de cocina (Cloruro de Sodio,  $\text{NaCl}_{(s)}$ )
- Jabón líquido lava- loza
- Agua destilada
- Cucharita
- Alcohol al 95% bien frío.
- Filtro de café
- Zumo de piña o de papaya filtrado
- Varillita o palillo o alambrito con gancho para sacar y ver el ADN

## **L Anexo. Documento de meiosis**

Meiosis es una de las formas de la reproducción celular. Este proceso se realiza en las glándulas sexuales para la producción de gametos. Es un proceso de división celular en el cual una célula diploide ( $2n$ ) experimenta dos divisiones sucesivas, con la capacidad de generar cuatro células haploides ( $n$ ). En los organismos con reproducción sexual tiene importancia ya que es el mecanismo por el que se producen los óvulos y espermatozoides (gametos).<sup>1</sup> Este proceso se lleva a cabo en dos divisiones nucleares y citoplasmáticas, llamadas primera y segunda división meiótica o simplemente meiosis I y meiosis II. Ambas comprenden profase, metafase, anafase y telofase.

Visión general de la meiosis. En la interfase se duplica el material genético. En meiosis I los cromosomas homólogos se reparten en dos células hijas, se produce el fenómeno de entrecruzamiento. En meiosis II, al igual que en una mitosis, cada cromátida migra hacia un polo. El resultado son 4 células hijas haploides ( $n$ ).

Durante la meiosis I miembros de cada par homólogo de cromosomas se emparejan durante la profase, formando bivalentes. Durante esta fase se forma una estructura proteica denominada complejo sinaptonémico, permitiendo que se produzca la recombinación entre ambos cromosomas homólogos. Posteriormente se produce una gran condensación cromosómica y los bivalentes se sitúan en la placa ecuatorial durante la primera metafase, dando lugar a la migración de  $n$  cromosomas a cada uno de los polos durante la primera anafase. Esta división reduccional es la responsable del mantenimiento del número cromosómico característico de cada especie. En la meiosis II, las cromátidas hermanas que forman cada cromosoma se separan y se distribuyen entre los núcleos de las células hijas. Entre estas dos etapas sucesivas no existe la etapa S (replicación del ADN). La maduración de las células hijas dará lugar a los gametos.

(Oliva, 2008)