

**ENFERMEDAD DE HUNTINGTON. UN CONTEXTO PARA EL APRENDIZAJE  
DE CONCEPTOS RELACIONADOS CON MUTACIÓN GENÉTICA BAJO EL  
ENFOQUE CTSA**

**PAULA ANDREA ARÉVALO RODRÍGUEZ**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL DE COLOMBIA**

**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**DEPARTAMENTO DE QUÍMICA**

**LICENCIATURA EN QUÍMICA**

**BOGOTÁ D.C**

**2025**

**ENFERMEDAD DE HUNTINGTON. UN CONTEXTO PARA EL APRENDIZAJE  
DE CONCEPTOS RELACIONADOS CON MUTACIÓN GENÉTICA BAJO EL  
ENFOQUE CTSA**

**PAULA ANDREA ARÉVALO RODRÍGUEZ**

Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de Licenciada en Química

Director

**RODRIGO RODRÍGUEZ CEPEDA**

Grupo de investigación didáctica y sus ciencias

Línea de investigación alimentómica y enseñanza de las ciencias

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL DE COLOMBIA**

**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**DEPARTAMENTO DE QUÍMICA**

**LICENCIATURA EN QUÍMICA**

**BOGOTÁ D.C**

**2025**

**Nota de aprobación:**

---

---

---

---

---

---

---

**Firma de director(a)**

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

*A mis padres, **Humberto Arévalo** y **Sandra Rodríguez**, quienes han estado presentes en cada etapa de mi vida, de mi formación, brindándome su apoyo incondicional, sus consejos y su amor inquebrantable.*

*A mis hermanas, **Juliana**, **Claudia** y **Jessica**, quienes han visto en mí un ejemplo para afrontar y superar cualquier reto que la vida nos presente, recordándome siempre la importancia de la unión familiar.*

*A mi pareja, **William García**, por sus palabras de aliento en los momentos más difíciles, por creer en mí cuando yo misma dudaba de mis capacidades y por recordarme que los sueños se alcanzan con perseverancia y fe.*

*A la **Universidad Pedagógica Nacional**, por brindarme la oportunidad de ser parte de su comunidad académica, ofreciéndome experiencias únicas y valiosas que han enriquecido mi formación profesional y personal.*

*A mis compañeras **Laura Rodríguez** y **Sofía Quiñones**, quienes me acompañaron en esta hermosa etapa formativa; y que, a pesar de las diferencias, discusiones o desacuerdos, siempre permanecemos unidas, apoyándonos mutuamente y compartiendo aprendizajes que quedarán para toda la vida.*

*A todos aquellos que confiaron en mis más profundos anhelos de formarme como profesional y cumplir mi sueño de ser docente, con la firme convicción de que la educación es una herramienta poderosa para transformar la sociedad.*

*Gracias totales.*

## TABLA DE CONTENIDO

|                                                                    |           |
|--------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>                                       | <b>11</b> |
| <b>2. JUSTIFICACIÓN.....</b>                                       | <b>12</b> |
| <b>3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>                         | <b>15</b> |
| <b>4. OBJETIVOS.....</b>                                           | <b>18</b> |
| <b>OBJETIVO GENERAL .....</b>                                      | <b>18</b> |
| <b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>                                  | <b>18</b> |
| <b>5. ANTECEDENTES.....</b>                                        | <b>19</b> |
| <b>5.1. Desde la didáctica de la bioquímica .....</b>              | <b>19</b> |
| <b>5.2. Desde la enseñanza del código genético y ADN.....</b>      | <b>21</b> |
| <b>5.3. Desde las enfermedades neurodegenerativas .....</b>        | <b>23</b> |
| <b>5.4. Desde la enseñanza bajo el enfoque CTSA .....</b>          | <b>25</b> |
| <b>5.5. Desde la enseñanza y aprendizaje de las ciencias .....</b> | <b>26</b> |
| <b>5.6. Desde la aplicación de una secuencia didáctica.....</b>    | <b>27</b> |
| <b>6. MARCO CONCEPTUAL.....</b>                                    | <b>29</b> |
| <b>ÁMBITO DISCIPLINAR .....</b>                                    | <b>29</b> |
| <b>6.1. Bioquímica .....</b>                                       | <b>29</b> |
| <b>6.2. Enfermedades neurodegenerativas .....</b>                  | <b>29</b> |
| <b>6.3. Enfermedad de Huntington .....</b>                         | <b>30</b> |
| <b>6.4. Alcaloides .....</b>                                       | <b>30</b> |
| <b>6.5. Polifenoles .....</b>                                      | <b>31</b> |
| <b>6.6. Terpenos.....</b>                                          | <b>31</b> |
| <b>6.7. Flavonoides .....</b>                                      | <b>32</b> |
| <b>6.8. Métodos de extracción de aceites vegetales .....</b>       | <b>32</b> |

|                                                                                                                                                                                                                             |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ÁMBITO DIDÁCTICO.....</b>                                                                                                                                                                                                | <b>33</b> |
| <b>6.9.    Enfoque CTSA .....</b>                                                                                                                                                                                           | <b>33</b> |
| <b>6.10.  Didáctica de la bioquímica .....</b>                                                                                                                                                                              | <b>35</b> |
| <b>6.11.  Secuencia didáctica .....</b>                                                                                                                                                                                     | <b>36</b> |
| <b>7.    METODOLOGÍA.....</b>                                                                                                                                                                                               | <b>38</b> |
| <b>7.1.    Tipo de investigación .....</b>                                                                                                                                                                                  | <b>38</b> |
| <b>7.2.    Población.....</b>                                                                                                                                                                                               | <b>39</b> |
| <b>7.3.    Fases de la investigación .....</b>                                                                                                                                                                              | <b>40</b> |
| <b>Fase 1. Revisión bibliográfica, identificación de principios bioactivos en pulpa de café: Análisis cualitativo para evaluar su potencial en el tratamiento de la enfermedad de Huntington bajo el enfoque CTSA.....</b>  | <b>40</b> |
| <b>Fase 2. Caracterización de la población e identificación de conocimientos previos .....</b>                                                                                                                              | <b>41</b> |
| <b>Fase 3. Diseño y aplicación.....</b>                                                                                                                                                                                     | <b>41</b> |
| <b>Fase 4. Evaluación.....</b>                                                                                                                                                                                              | <b>42</b> |
| <b>7.4.    Instrumentos.....</b>                                                                                                                                                                                            | <b>43</b> |
| <b>7.5.    Sistematización y análisis de resultados.....</b>                                                                                                                                                                | <b>44</b> |
| <b>8.    RESULTADOS Y ANÁLISIS.....</b>                                                                                                                                                                                     | <b>46</b> |
| <b>Fase 1 – Revisión bibliografía, identificación de principios bioactivos en pulpa de café: Análisis cualitativo para evaluar su potencial en el tratamiento de la enfermedad de Huntington bajo el enfoque CTSA .....</b> | <b>46</b> |
| <b>Fase 2 – Caracterización de la población e identificación de conocimientos previos .....</b>                                                                                                                             | <b>53</b> |
| <b>Análisis de la caracterización de la población e identificación de conocimientos previos:.....</b>                                                                                                                       | <b>64</b> |
| <b>Fase 3 - Aplicación de la secuencia didáctica .....</b>                                                                                                                                                                  | <b>65</b> |
| <b>Fase 4 – Evaluación.....</b>                                                                                                                                                                                             | <b>76</b> |

|                                                                                                                                                                                                |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Análisis prueba de entrada vs prueba de salida.....</b>                                                                                                                                     | <b>86</b>  |
| <b>9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>                                                                                                                                                  | <b>91</b>  |
| <b>10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>                                                                                                                                                     | <b>93</b>  |
| <b>ANEXOS.....</b>                                                                                                                                                                             | <b>101</b> |
| <b>ANEXO 1. CONSENTIMIENTO INFORMADO.....</b>                                                                                                                                                  | <b>101</b> |
| <b>ANEXO 2. AUTORIZACIÓN DE DATOS PERSONALES .....</b>                                                                                                                                         | <b>104</b> |
| <b>ANEXO 3. ENCUESTA DE CARACTERIZACIÓN DE LA POBLACIÓN Y<br/>CONOCIMIENTOS PREVIOS .....</b>                                                                                                  | <b>106</b> |
| <b>ANEXO 4 GUÍA DE LABORATORIO PARA LA EXTRACCIÓN DE<br/>PRINCIPIOS BIOACTIVOS DE LA PULPA DE CAFÉ .....</b>                                                                                   | <b>110</b> |
| <b>ANEXO 5. SECUENCIA DIDÁCTICA, BAJO EL ENFOQUE (CTSA), PARA<br/>EL APRENDIZAJE DE LAS MUTACIONES GENÉTICAS RELACIONADAS CON<br/>EL ESTRÉS OXIDATIVO EN LA ENFERMEDAD DE HUNTINGTON .....</b> | <b>117</b> |
| <b>ACTIVIDAD MOMENTO 3 .....</b>                                                                                                                                                               | <b>130</b> |
| <b>ACTIVIDAD - ENFERMEDAD DE HUNTINGTON .....</b>                                                                                                                                              | <b>130</b> |
| <b>ACTIVIDADES MOMENTO 4.....</b>                                                                                                                                                              | <b>131</b> |
| <b>ACTIVIDAD #1 DOCKING MOLECULAR .....</b>                                                                                                                                                    | <b>131</b> |
| <b>ACTIVIDAD #2 ENFERMEDADES NEURODEGENERATIVAS,<br/>ANTIOXIDANTES Y ESTRÉS OXIDATIVO .....</b>                                                                                                | <b>134</b> |
| <b>ANEXO 6 PRUEBA FINAL SOBRE CONOCIMIENTOS APRENDIDOS..</b>                                                                                                                                   | <b>137</b> |

## LISTA DE TABLAS

|                                                                                                         |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>TABLA 1.</b> RESULTADOS DE PRUEBAS CUALITATIVAS.                                                     | 46  |
| <b>TABLA 2</b> COMPARACIÓN DE HUELLAS IR PULPA DE CAFÉ VS DIACILGLICEROL                                | 51  |
| <b>TABLA 3</b> CRITERIOS PARA LA VALORACIÓN.                                                            | 53  |
| <b>TABLA 4</b> FRECUENCIA DE RESPUESTA INSTRUMENTO PRUEBA DE ENTRADA.                                   | 54  |
| <b>TABLA 5</b> FRECUENCIA DE RESPUESTAS, PREGUNTA 1 – PRUEBA DIAGNÓSTICO – EL ESTRÉS OXIDATIVO ES.      | 57  |
| <b>TABLA 6</b> FRECUENCIA DE RESPUESTAS, PREGUNTA 3 – PRUEBA DIAGNÓSTICO – EL AND ES:                   | 58  |
| <b>TABLA 7</b> FRECUENCIA DE RESPUESTAS, PREGUNTA 5 – PRUEBA DIAGNOSTICO – UNA MUTACIÓN SE DEFINE COMO: | 60  |
| <b>TABLA 8</b> FRECUENCIA DE RESPUESTAS, PREGUNTA 6 - PRUEBA DIAGNÓSTICA – RESPUESTA POR ENFERMEDAD.    | 61  |
| <b>TABLA 9</b> FRECUENCIA DE RESPUESTAS, PREGUNTA 7 – PRUEBA DIAGNÓSTICO – EL AND SE ENCUENTRA EN.      | 63  |
| <b>TABLA 10</b> FRECUENCIA DE RESPUESTAS, PREGUNTA 8 - MOMENTO 2                                        | 63  |
| <b>TABLA 11</b> DISTRIBUCIÓN DE GRUPOS Y PAREJAS DE ALCALOIDES Y ANTRAQUINONAS.                         | 70  |
| <b>TABLA 12</b> FRECUENCIA DE RESPUESTAS, PREGUNTA 1 - MOMENTO 2 - PRUEBA DE SALIDA                     | 79  |
| <b>TABLA 13</b> FRECUENCIA DE RESPUESTAS, PREGUNTA 3 - MOMENTO 2 - PRUEBA DE SALIDA                     | 81  |
| <b>TABLA 14</b> CRITERIOS                                                                               | 106 |
| <b>TABLA 15</b> CONJUNTO DE ALCALOIDES Y ANTRAQUINONAS                                                  | 131 |
| <b>TABLA 16</b> CRITERIOS DE EVALUACIÓN, ACTIVIDAD #1                                                   | 131 |
| <b>TABLA 17</b> CRITERIOS DE EVALUACIÓN, VIDEO DE EXPOSICIÓN - ACTIVIDAD 2                              | 135 |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>FIGURA 1</b> TRIPLICADO DEL MÉTODO DE EXTRACCIÓN. ....                                                                  | 46 |
| <b>FIGURA 2</b> EXTRACTO OBTENIDO.....                                                                                     | 46 |
| <b>FIGURA 3</b> RESULTADO PRUEBA DE FLAVONOIDES. ....                                                                      | 47 |
| <b>FIGURA 4</b> RESULTADO PRUEBA DE SAPONINAS. ....                                                                        | 47 |
| <b>FIGURA 5</b> RESULTADO PRUEBA DE ALCALOIDES CON REACTIVO MAYER. ....                                                    | 47 |
| <b>FIGURA 6</b> RESULTADO PRUEBA DE ALCALOIDES CON REACTIVO DRAGENDORFF.....                                               | 47 |
| <b>FIGURA 7</b> RESULTADO PRUEBA DE TANINOS. ....                                                                          | 48 |
| <b>FIGURA 8</b> RESULTADO PRUEBA DE ANTRAQUINONAS. ....                                                                    | 48 |
| <b>FIGURA 9</b> RESULTADO PRUEBA DE FENOLES. ....                                                                          | 48 |
| <b>FIGURA 10</b> RESULTADO PRUEBA DE AZUCARES REDUCTORES. ....                                                             | 48 |
| <b>FIGURA 11</b> RESULTADO PRUEBA DE CARBOHIDRATOS. ....                                                                   | 49 |
| <b>FIGURA 12</b> IR, MUESTRA PULPA DE CAFÉ. ....                                                                           | 49 |
| <b>FIGURA 13</b> IR MUESTRA DE PULPA DE CAFÉ VS IR DEL DIACILGLICEROL (DAG). ....                                          | 50 |
| <b>FIGURA 14</b> BANDAS CARACTERÍSTICAS DE LA HUELLA DE LA PULPA DE CAFÉ. ....                                             | 51 |
| <b>FIGURA 15</b> RESPUESTA ENCUESTA DE CARACTERIZACIÓN Y CONOCIMIENTO PREVIOS ESTUDIANTE X. ...                            | 56 |
| <b>FIGURA 16</b> FRECUENCIA DE RESPUESTAS, PREGUNTA 2 – PRUEBA DIAGNÓSTICO - LOS RADICALES LIBRES SON: .....               | 58 |
| <b>FIGURA 17</b> FRECUENCIA DE RESPUESTAS, PREGUNTA 4 – PRUEBA DIAGNÓSTICO - LAS ENFERMEDADES NEURODEGENERATIVAS SON. .... | 59 |
| <b>FIGURA 18</b> CLASIFICACIÓN DE ENFERMEDADES NEURODEGENERATIVAS, PREGUNTA 6 – PRUEBA DIAGNÓSTICO. ....                   | 62 |
| <b>FIGURA 19</b> FRECUENCIA DE RESPUESTAS, PREGUNTA 8 – PRUEBA DIAGNÓSTICO - TIPOS DE MUTACIONES: .....                    | 64 |
| <b>FIGURA 20</b> PALABRAS QUE PREDOMINAN AL HABLAR DE ADN. ....                                                            | 66 |
| <b>FIGURA 21</b> OCURRENCIA DE RESPUESTAS EN ESTUDIOS DE CASO. ....                                                        | 67 |
| <b>FIGURA 22</b> ACTIVIDAD 1 – MOMENTO 3 – RECURRENCIA DE PALABRAS CLAVE. ....                                             | 68 |
| <b>FIGURA 23</b> CONCURRENCIA DE PALABRAS EN EL ESCRITO.....                                                               | 69 |
| <b>FIGURA 24</b> INFOGRAFÍA .....                                                                                          | 72 |
| <b>FIGURA 25</b> INFOGRAFÍA .....                                                                                          | 73 |
| <b>FIGURA 26</b> OCURRENCIA DE RESPUESTAS - INFOGRAFÍAS.....                                                               | 73 |
| <b>FIGURA 27</b> OCURRENCIA DE RESPUESTAS. ....                                                                            | 75 |
| <b>FIGURA 28</b> FRECUENCIA DE RESPUESTAS, PREGUNTA 2 – PRUEBA DE SALIDA.....                                              | 80 |
| <b>FIGURA 29</b> ACTIVIDAD EVALUATIVA #2 – ESTUDIANTE 1 - PREGUNTA 5 .....                                                 | 82 |
| <b>FIGURA 30</b> ACTIVIDAD EVALUATIVA #2 – ESTUDIANTE 2 - PREGUNTA 5 .....                                                 | 83 |

|                                                                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>FIGURA 31</b> ACTIVIDAD EVALUATIVA #2 – ESTUDIANTE 1 - PREGUNTA 6 .....                                                                                | 84 |
| <b>FIGURA 32</b> ACTIVIDAD EVALUATIVA #2 – ESTUDIANTE 2 - PREGUNTA 6 .....                                                                                | 84 |
| <b>FIGURA 33</b> PALABRAS CON MAYOR RECURRENCIA EN PREGUNTAS ABIERTAS. ....                                                                               | 85 |
| <b>FIGURA 34</b> OCURRENCIA DE RESPUESTAS, PREGUNTAS ABIERTAS - PRUEBA FINAL. ....                                                                        | 85 |
| <b>FIGURA 35</b> EJEMPLO DE RESPUESTAS A PRUEBA CARACTERIZACIÓN DE LA POBLACIÓN Y<br>CONOCIMIENTOS PREVIOS VS RESPUESTAS PRUEBA FINAL ESTUDIANTE #5 ..... | 88 |
| <b>FIGURA 36</b> EJEMPLO DE RESPUESTAS A PRUEBA FINAL - ESTUDIANTE #5.....                                                                                | 88 |
| <b>FIGURA 37</b> EJEMPLO DE RESPUESTAS A PRUEBA CARACTERIZACIÓN DE LA POBLACIÓN Y<br>CONOCIMIENTOS PREVIOS - ESTUDIANTE #9 .....                          | 89 |
| <b>FIGURA 38</b> EJEMPLO DE RESPUESTAS A PRUEBA FINAL ESTUDIANTE #9 .....                                                                                 | 89 |

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de grado es desarrollado dentro del semillero de investigación Χημεία (Chimeía) International Student Chapter ACS-UPN, en el ámbito de la línea de investigación alimentómica y enseñanza de las ciencias, el cual está vinculado a la subdirección de gestión de proyectos de la Universidad Pedagógica Nacional (CIUP) con código DQU 059-S-24. Este tiene como objetivo, la elaboración de un proyecto de investigación que aportara herramientas a la didáctica de la bioquímica, a partir del diseño de instrumentos y prácticas de laboratorio que permitieran determinar el poder antioxidante de principios activos presentes en fuentes naturales para el tratamiento de enfermedades neurodegenerativas.

Por lo tanto, este trabajo tiene como propósito desarrollar una propuesta de enseñanza y aprendizaje bajo el enfoque Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTSA), mediante la construcción de una secuencia didáctica centrada en el estudio del estrés oxidativo, las mutaciones genéticas y su relación con la enfermedad de Huntington (EH). Para contextualizar y enriquecer el proceso, se emplea como medio de análisis la extracción y caracterización de principios bioactivos obtenidos de la pulpa de café (*Coffea arabica*), con el fin de explorar su potencial aprovechamiento como tratamiento complementario para enfermedades neurodegenerativas.

Asimismo, se realiza un análisis y evaluación documental de trabajos publicados en revistas indexadas y tesis, con el objetivo de identificar investigaciones relacionadas con la didáctica de la bioquímica en contextos similares al propuesto.

De esta manera, la secuencia didáctica articula la disciplina con la formación de estudiantes de la Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional. Para su implementación, la investigación se estructuró en cuatro fases claramente definidas.

La primera fase, contempla la revisión documental, elaboración, ejecución y análisis de prácticas de laboratorio requeridas; la segunda fase, se relaciona con la caracterización de la población e identificación de conocimientos previos; la tercera fase, está asociada con el diseño, ejecución y aplicación de la secuencia didáctica; y por último, la cuarta fase considera la evaluación y análisis cuantitativo y cualitativo de los datos obtenidos.

## 2. JUSTIFICACIÓN

La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias han ido evolucionado de acuerdo con las necesidades de una sociedad emergente. Pues, después de la revolución industrial y la segunda guerra mundial, se han incrementado los avances en ciencia y tecnología que han llevado a que los jóvenes de cada generación se interesen por estudiar carreras con fines científicos; ya sea para aportar a la ciencia en medicina, o a las nuevas tecnologías que ayudan a prolongar nuestra vida optimizando procesos. Por otro lado, existen estudios que han relacionado algunos aspectos ambientales, con las mutaciones, dado que algunas de éstas pueden ser inducidas bien sea por la radiación, la exposición, el consumo de sustancias químicas, o incluso, el cambio climático, ya que estos factores pueden actuar como mutágenos.

Teniendo en cuenta este contexto, se ha evidenciado que los residuos industriales y agroindustriales se han incrementado, generando problemáticas ambientales, sociales e incluso de salud pública, pues estos residuos en muchos casos no se disponen adecuadamente o no se les realiza el tratamiento correspondiente. Sin embargo, si se habla del siglo XXI, y a pesar de existir varios movimientos sociales que luchan por la protección del medio ambiente y la mejora o disminución del cambio climático, muchos jóvenes han perdido el interés por formarse en carreras con tendencia científica para ayudar a mitigar estas problemáticas y se han inclinado hacia las nuevas tecnologías, el mundo informático y las redes sociales Remitly (2023).

A su vez, crece la preocupación entre la comunidad académica que se dedica a la enseñanza de las ciencias, y de los estudiantes que se enfrentan a su aprendizaje; pues coinciden en considerar que es “empirista, inductivista, teórica, aproblemática, ahistórica, socialmente neutra, exclusivamente analítica, racional, individualista, elitista” Petrucci (2017). De esto modo, nace la inquietud de cómo a partir de una problemática social y/o ambiental, se puede incentivar o fortalecer la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. En este sentido, se plantea la idea de construir una secuencia didáctica que sirva como instrumento a la didáctica de la bioquímica que aborde conceptos relacionados con el estrés oxidativo y su relación con la enfermedad de Huntington, para lo cual, se propone evaluar el poder antioxidante de principios activos presentes en productos naturales, especialmente en la pulpa del café, ya que estos antioxidantes pueden atravesar la barrera hematoencefálica e interactuar con los radicales libres, a fin de reducir los efectos oxidativos en el cerebro tales como: La muerte o envejecimiento celular en el sistema nervioso central (SNC) o

mutaciones en el ADN, las cuales son causales de la aparición de enfermedades neurodegenerativas, específicamente en la enfermedad de Huntington (EH).

Estas enfermedades son afecciones que provocan la muerte y degeneración progresiva de las células nerviosas, con síntomas como: pérdida de la memoria, problemas con el equilibrio, o mal funcionamiento de órganos vitales, entre otros. Su origen puede ser por factores hereditarios, mutaciones o por aspectos ambientales. Debido a la complejidad bioquímica de la EH, es posible usarlas como contexto para la enseñanza y aprendizaje de conceptos de bioquímica. De tal modo, se considera que el enfoque CTSA, el cual “tiene como objetivo el desarrollo de una cultura científica en los estudiantes abordando situaciones con gran incidencia en las problemáticas de la actualidad” Fernández, Pires, & Villamañán (2014), brinda elementos necesarios para generar un alto interés sobre el tratamiento o prevención de enfermedades neurodegenerativas a partir de fuentes naturales.

Por otro lado, la universidad pedagógica nacional de Colombia es una entidad que busca formar maestros en diferentes áreas del conocimiento, desde la enseñanza de las artes, hasta las ciencias exactas. En este sentido, el departamento de química de la UPN ha establecido varias estrategias en su malla curricular, la cual permite que los estudiantes puedan realizar sus trabajos de grado, tesis y estudios, enfocados a temas relacionados a enfermedades, sin dejar de lado el sentido pedagógico.

Después del contexto anterior, se considera que la enseñanza y el aprendizaje de la bioquímica a través de una secuencia didáctica, representara un alto beneficio para quienes cursen el programa de licenciatura en química en la Universidad Pedagógica Nacional y estén cursando el ciclo de profundización del programa académico, licenciatura en química, debido a que se pretende abordar temáticas de interés para el espacio académico, teniendo en cuenta que esta población se está formando como docente y el perfil del egresado del programa, en dos de sus apartados, menciona que es un profesional que:

“Contribuye con la socialización del conocimiento químico en el ámbito educativo, con miras a la formación de ciudadanías comprometidas con el cambio climático, la transición energética y la sustentabilidad ambiental...” y “Lidera procesos de innovación e investigación en pedagogía y didáctica de la química, química y ciencias afines, sustentados desde los dominios teórico-prácticos.....” Universidad Pedagógica Nacional (s.f.)

De este modo, la secuencia didáctica aborda conceptos como el estrés oxidativo y las mutaciones genéticas, relacionado a las enfermedades neurodegenerativas; fomentando la cultura científica y la capacidad de interpretar, explicar fenómenos y crear hipótesis a situaciones reales, en este caso, la EH. Por otro lado, es importante mencionar que actualmente solo existe un curso de este tipo en el p nsun académico del programa y, por ende, solo se alcanzan a abarcar temáticas estructurales y no conceptos de genética y su relación con las mutaciones.

### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Una de las problemáticas de la bioquímica en el campo académico es su comprensión y el atractivo hacia los estudiantes por estudiar o cursar carreras relacionadas con las ciencias, debido a que conceptos de biología y química se enseñan por separado en las escuelas Garcia (2017) y que la evolución de la sociedad y las nuevas tecnologías han generado que los jóvenes tengan nuevos intereses. Sin embargo, los jóvenes que ya cursan carreras afines a las ciencias consideran la bioquímica como una disciplina de difícil comprensión y que requiere de una gran interdisciplinariedad para su abordaje, lo que genera bajo interés y poca motivación para continuar con estudios relacionados con esta área.

De tal modo, se ha observado que el desempeño en espacios académicos relacionados a la biología y la bioquímica es más bajo en comparación con otras áreas. Por ende, son muy pocas las personas que se interesan por indagar o querer buscar más información en relación con alguna enfermedad neurodegenerativa, según índices de trabajos de grado publicados en los últimos cinco años en el repositorio de la universidad Pedagógica Nacional de Colombia. Por otro lado, de acuerdo con investigaciones, todos somos propensos a sufrir o padecer alguna enfermedad neurodegenerativa ya sea por el estilo de vida, mutaciones, factores genéticos, hereditarios, congénitos e incluso ambientales.

De esta forma, surge la necesidad de motivar y generar conocimiento para buscar soluciones a una problemática que puede afectar a cualquier integrante de la familia, llevando a que las personas reflexionen sobre cómo desde su labor, puedan ser partícipes para la implementación e innovación de estrategias didácticas y digitales para la enseñanza y aprendizaje de carreras afines a las ciencias, para fomentar que los jóvenes se interesen por estudiar, investigar y analizar temas de gran interés. Asimismo, la medicina, la biología y otras áreas de ciencias, plantean situaciones en contexto como estrategia de enseñanza ya sea para la solución de problemáticas sociales o simplemente para explicar algún fenómeno o comportamiento, estos aspectos permiten relacionar la cotidianidad con la importancia de comprender ciertos conceptos.

A la vez, la bioquímica es una de las ramas de la química que permite comprender los procesos y mecanismos celulares y moleculares que ocurren en nuestro organismo. En el campo de la neurodegeneración, enfermedades como la de Huntington representan un reto importante para la ciencia médica y, por supuesto, en torno a la educación como estrategia de enseñanza y

aprendizaje; ya que dichas enfermedades generan la muerte prematura de las células nerviosas ocasionando una serie de síntomas que afectan la calidad de vida de quienes la padecen. Por otro lado, estas enfermedades tienen ocurrencia moderada a nivel global, y se considera que la EH afecta a cerca de 36 millones de personas en el mundo.

En Colombia, la resolución número 23 del 3 de enero de 2023 (ministerio de salud y protección social), por la cual se establece la lista de enfermedades huérfanas o raras, estima que cerca de 819 colombianos padecen esta enfermedad. Tras un análisis documental, se identificó que se han ejercido diversos estudios para generar avances significativos en la comprensión de la fisiopatología de estas enfermedades. Sin embargo, enfermedades como la enfermedad de Huntington, la demencia frontotemporal y Ataxia de Friedreich, son enfermedades que, al no presentar un alto porcentaje de incidencia en la población a comparación con el Alzheimer y el Parkinson, han sido poco estudiadas, lo que limita la eficacia y la disponibilidad de los tratamientos actuales. En este sentido, la investigación sobre principios activos antioxidantes extraídos de fuentes naturales, como la pulpa del *Coffea arábica L.*, cobra relevancia como una posible estrategia terapéutica y de gran interés para su enseñanza, aprendizaje e investigación.

Por otro lado, están los antioxidantes presentes en la mayoría de los medicamentos que han ayudado a combatir enfermedades neurodegenerativas, por sus efectos antiinflamatorios y anticancerígenos, no obstante, la búsqueda de nuevos principios activos, con menor incidencia en efectos secundarios y más efectivos, han planteado desafíos para la industria farmacológica, el campo medicinal y la educación, que pretende fomentar e incentivar el estudio de las ciencias.

Los cursos de bioquímica, al ser interdisciplinarios, requieren relacionar conceptos de biología molecular como: ácidos nucleicos, proteínas, metabolismos, o reacciones enzimáticas, que ocurren en los seres vivos; por ende, en los procesos de enseñanza y aprendizaje se presentan problemáticas como desmotivación o bajo rendimiento, debido a que se considera de alta complejidad, lo cual parece ser una causa por la que los profesores no integran con facilidad estas temáticas. Sin embargo, las tecnologías de la información y de la comunicación han ayudado a la modelización y visualización de estructuras químicas en 3D, con software especializado y que probablemente, al ser utilizados en el aula de clase podrían mejorar el entendimiento de los procesos celulares, y también se han logrado generar actividades interactivas que facilitan la integración conceptual con ejemplos prácticos.

Dicho esto, el enfoque CTSA es una idea que permite vincular y relacionar aspectos sociales, científicos, tecnológicos y ambientales, la cual puede conectarse con la enseñanza y aprendizaje de la bioquímica por su interdisciplinariedad, su fácil aplicación a diferentes niveles educativos y su perspectiva frente a la participación ciudadana. La EH es una enfermedad que ha afectado a varias personas del mundo ya sea por factores hereditarios, mutaciones, y en algunos casos, ambientales; por ende, es una enfermedad que requiere de la atención de las nuevas tecnologías, avances científicos y de relevancia en las cuestiones socio científicas y socio ambientales para el tratamiento, prevención y de conocimiento público. De tal modo, la implementación de una secuencia didáctica permite enlazar los aspectos y factores que el enfoque CTSA aborda con relación a las temáticas que estudia la bioquímica, ya que de manera secuencial permite analizar, comprender y de cierto modo alfabetizar científicamente sobre los factores implicados que conllevan a la generación de mutaciones genéticas para el desarrollo de una EH.

A partir de lo mencionado anteriormente, surge la siguiente pregunta problema: ¿De qué manera la implementación de una secuencia didáctica, bajo el enfoque CTSA (Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente), utilizando el contexto de la enfermedad de Huntington, influye en la comprensión de las mutaciones genéticas relacionadas con el estrés oxidativo y su conexión con los principios bioactivos en estudiantes?

## **4. OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Analizar la influencia de una secuencia didáctica, bajo el enfoque CTSA, para el aprendizaje de las mutaciones genéticas relacionadas con el estrés oxidativo y su asociación con la enfermedad de Huntington, en estudiantes del ciclo de profundización de la Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Identificar los conocimientos previos de los estudiantes sobre mutaciones genéticas, estrés oxidativo y enfermedades neurodegenerativas (en particular, la enfermedad de Huntington) y su percepción sobre la relación entre la ciencia, tecnología y sociedad (enfoque CTSA).
2. Diseñar e implementar una secuencia didáctica basada en el enfoque CTSA, utilizando la enfermedad de Huntington como contexto para la enseñanza de las mutaciones genéticas y su relación con el estrés oxidativo.
3. Evaluar el progreso de los estudiantes en la construcción de los conceptos científicos (mutaciones, estrés oxidativo, enfermedad de Huntington) y en el desarrollo de la capacidad para analizar su relación con aspectos sociales, tecnológicos y ambientales (CTSA), a partir de la implementación de la secuencia didáctica.
4. Explorar la percepción de los estudiantes sobre la utilidad del enfoque CTSA y el contexto de la enfermedad de Huntington en el aprendizaje de la genética molecular.

## 5. ANTECEDENTES

A partir de una búsqueda documental en repositorios universitarios como los de la Universidad Pedagógica Nacional (UPN), Universidad Nacional de Colombia (UNAL), Universidad Javeriana, y en revistas indexadas, como Google académico, Scielo, Scopus, PubMed, Dialnet, Elsevier, Doaj y Latindex, se encontraron aproximadamente veinte (20) artículos, que debían tener una fecha de publicación no mayor a diez años contados a partir del 2014; se identificaron varios escritos que plasman la efectividad de las diversas estrategias que se pretenden abordar en este trabajo de grado. Cada criterio se presenta a continuación:

### 5.1. Desde la didáctica de la bioquímica

Toro (2013) define la didáctica como “una disciplina de la enseñanza del conocimiento cuyo objetivo es el entendimiento, mediante unos principios pedagógicos encaminada a una mejor comprensión de las ciencias”; de este modo, se relaciona el trabajo de investigación de Carbajal (2018) quien emplea como estrategia pedagógica la metodología del caso para la enseñanza de la bioquímica con estudiantes de enfermería de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Esto se llevó a cabo a través del método Delphi, el cual consiste en que un determinado grupo de personas lleguen a un consenso en el análisis y reflexión de un problema o caso definido.

Carbajal (2018), enfocó su trabajo de investigación en el fomento del trabajo en equipo, la participación del estudiante y la mejora en la toma de decisiones, Además, tuvo como resultado un aumento significativo en el autoaprendizaje, la promoción del pensamiento crítico y reflexivo, la construcción de conocimiento colectivo teniendo en cuenta conocimientos previos y/o nuevos, la mejora en mecanismos de retroalimentación y la generación de hábitos de estudio y aprendizaje.

El antecedente mencionado, refleja cómo la didáctica puede mejorar procesos de enseñanza y aprendizaje en cursos considerados de alta complejidad, a través de situaciones o casos que consideran la cotidianidad y el diario vivir de los individuos.

En el contexto la didáctica de la bioquímica resulta relevante encontrar estrategias que permitan una mejora significativa en la enseñanza y aprendizaje, partiendo de los conocimientos previos de los individuos, su entorno y cotidianidad. Es aquí donde las enfermedades neurodegenerativas cobran relevancia, ya que, a partir de ellos, se pueden abarcar varias temáticas que se ubican en los *syllabus* de programas educativos y contextualiza a los educandos sobre uno

de los tipos de enfermedades que se pueden generar a partir de una mala alimentación, mutaciones, factores hereditarios, excesos o consumo de sustancias perjudiciales para la salud.

Por otro lado, Santos y Bravo (2017) realizaron un trabajo para la investigación educativa del desarrollo, a partir de la implementación de una guía didáctica, dirigida a estudiantes del programa de licenciatura en enfermería del Instituto Superior Politécnico Sol Nascente de Huambo, Angola. El objetivo era que los estudiantes adquirieran habilidades y conocimientos que les permitieran cursar satisfactoriamente la asignatura de bioquímica, promoviendo estilos de aprendizaje para la autorregulación, y contribuyendo a la formación integral, personal y profesional.

La aplicación de dicha guía permitió identificar, en primera instancia, la percepción de los estudiantes, en donde se concluyó que la didáctica empleada para orientar el curso debe ser sistemática y estar fundamentada en un enfoque holístico; así mismo, se destacó la importancia de vincular el aprendizaje con la práctica y cotidianidad partiendo de los conocimientos, habilidades y experiencias de los individuos.

El antecedente de Santos y Bravo (2017) plasma la importancia de la didáctica de la bioquímica para programas de licenciatura, ya que muestra la urgencia que se requiere en la innovación para la enseñanza y aprendizaje de cursos que representan cierto nivel de dificultad para los educandos; por otro lado, muestra cómo la implementación de una guía didáctica para orientar el curso de bioquímica permitió que los estudiantes generaran estilos de aprendizaje para la autorregulación de sus tiempos de estudio y habilidades para la formación integral.

Por tanto, la didáctica de la bioquímica debe poder proporcionar instrumentos capaces de generar ambientes aprendizaje adecuados, en los que los estudiantes adquieran y construyan conocimientos a partir de eventos o situaciones cotidianas, contribuyendo así a una mejor comprensión de los contenidos. En este contexto, la creación e implementación de una secuencia didáctica cobra relevancia, ya que permite integrar habilidades y conocimientos en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la bioquímica, especialmente en relación con las enfermedades neurodegenerativas.

## **5.2.Desde la enseñanza del código genético y ADN**

El código genético relaciona la secuencia de nucleótidos en el DNA con la secuencia de aminoácidos en las proteínas. En este sentido, su enseñanza y aprendizaje deben contemplar estrategias que permitan la construcción del conocimiento de manera integral, partiendo de los saberes previos de los estudiantes. Es importante considerar que estas temáticas suelen abordarse en espacios académicos relacionados con la biología y la química, áreas donde, a lo largo de los años, se ha evidenciado que muchos estudiantes reprueban o presentan dificultades, debido a la falta de bases sólidas o a la complejidad del contenido, especialmente al momento de relacionar conceptos.

Tal es el caso del trabajo de grado de Cuéllar (2019), quien diseñó e implementó una secuencia didáctica usando estrategias didácticas a partir del arte, y pretendía favorecer el desarrollo de habilidades de pensamiento, comprensión, apropiación de lenguaje científico y enseñanza-aprendizaje de conceptos como el ADN y la síntesis de proteínas, con estudiantes de secundaria en el área de ciencias naturales. Este trabajo, dio como resultado una mejora significativa en los procesos de enseñanza y aprendizaje, debido a que se fortalecieron diferentes inteligencias a partir del arte en sus diferentes modalidades (pintura, dibujo, etc.). Así mismo, se promovió la memoria a largo plazo, el trabajo en equipo, la reflexión y la participación activa dentro del aula. La población con la que se trabajó obtuvo mejores resultados en las pruebas escritas aplicadas, las cuales abordaban las temáticas de ADN y síntesis de proteínas.

De este modo, el antecedente de Cuéllar (2019) ofrece una visión de cómo temáticas de bioquímica pueden ser abordadas a partir de diferentes estrategias didácticas, con poblaciones que poseen conocimientos escasos o sólidos en biología y/o química. Esto favorece los resultados de aprendizaje y contribuye a evitar la desmotivación y la reprobación en estos espacios académicos.

Por otro lado, Narcisa y Seni (2023) en su trabajo de investigación trabajaron con población entre los 20 y 60 años, en cursos de tercero de bachillerato en el área de ciencias naturales, donde se abordó la terminología genética con relación a la frecuencia de alelos. Esto se realizó a partir de la metodología de enseñanza tradicional y la metodología de aprendizaje basado en problemas (ABP). Dando como resultado, que la metodología (ABP) generó un avance y mejora significativa en la construcción y desarrollo de conocimientos relacionados a la genética, debido a que en las pruebas pretest y post test se observa una diferencia y mejora continua, donde inicialmente muchas

preguntas no eran respondidas por los estudiantes, sus respuestas eran erróneas o la terminología empleada no era adecuada.

El antecedente de Narcisa y Seni (2023) da una visión de cómo se pueden implementar dos metodologías - constructivista y tradicional - para abordar temáticas de bioquímica como es la genética y la frecuencia de alelos, dando resultados favorables en el fomento y construcción de conocimientos a partir del (ABP), y donde la enseñanza y aprendizaje de temas relacionados con genética y ADN cobran relevancia en espacios académicos de ciencias naturales con población de diferentes edades y con conocimientos escasos.

Finalmente, Caicedo (2023) desarrolló en su trabajo de investigación un programa de guía de actividades bajo el enfoque del aprendizaje basado en investigación (ABI), mediante la aplicación de la bioinformática para el fortalecimiento de competencias tecnológicas con estudiantes que cursan el espacio académico de bioquímica de la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia. El objetivo de este trabajo fue *“evaluar las implicaciones didácticas que tiene la incorporación de herramientas bioinformáticas para el fortalecimiento de la competencia investigativa de carácter tecnológico: “Saber utilizar programas específicos de su disciplina”*”. Aquí se usó docking molecular para la identificación de compuestos presentes en el extracto de aceite de la semilla de mora, el cual se consideró para el tratamiento de enfermedades como la leucemia mieloide crónica (LMC).

En el estudio de Caicedo (2023) se aplicaron pruebas pretest y post test, cuyos resultados evidenciaron un fortalecimiento de la competencia *“Saber utilizar programas informáticos específicos de su campo profesional”*. Los resultados obtenidos en las pruebas de salida fueron, en general, positivos de acuerdo con los criterios establecidos para su evaluación e identificación. Esto permitió que los estudiantes reflexionaran sobre la importancia de promover aulas innovadoras e investigativas mediante el uso de software y herramientas de bioinformática. Por otro lado, la secuencia de actividades fundamentada por el enfoque (ABI), permitió la contextualización y comprensión de la genética, así como el aprovechamiento de compuestos bioactivos para el tratamiento de la leucemia mieloide crónica (LMC).

El antecedente anteriormente mencionado, aporta de manera significativa a la construcción del conocimiento genético a partir del uso de la bioinformática y software especializado para la identificación y/o modelado de moléculas presentes en extractos naturales. Por otro lado, menciona

la importancia de crear estrategias innovadoras para los procesos de enseñanza en áreas temáticas que requieren un mayor apoyo visual para su comprensión.

### **5.3.Desde las enfermedades neurodegenerativas**

Las enfermedades neurodegenerativas, como el Alzheimer, el Parkinson y Huntington (EH), representan un desafío importante para la salud global debido a su alta incidencia y a las limitaciones en los tratamientos disponibles. Estas enfermedades se caracterizan por la pérdida progresiva de células cerebrales y la disfunción neuronal, lo que genera síntomas como deterioro cognitivo, movimientos anormales y trastornos de la conducta. Aunque se han realizado avances significativos en la comprensión de la fisiopatología de estas enfermedades, aún queda mucho por descubrir en cuanto a sus causas exactas y los mecanismos subyacentes. Sin embargo, estudios previos han demostrado que el estrés oxidativo juega un papel crucial en el desarrollo y progresión de estas patologías Harkous (2019).

El estrés oxidativo ocurre cuando existe un desequilibrio entre la producción de especies reactivas de oxígeno y la capacidad del organismo para neutralizarlos; esto puede resultar en el daño de las estructuras celulares y contribuir a la muerte de las células nerviosas. Por lo tanto, el estudio de los antioxidantes y su capacidad para contrarrestar el estrés oxidativo se ha convertido en un área de interés en la investigación de las enfermedades neurodegenerativas.

La enfermedad de Huntington (EH) es una enfermedad neurodegenerativa se ocasiona por el desgaste progresivo de células en el sistema nervioso central, específicamente en los ganglios basales, esta genera el debilitamiento y desgaste progresivo hasta causar la muerte de neuronas. De tal modo, genera alteraciones en las funciones motoras, cognitivas, alucinaciones, cambios de humor, dificultad para hablar, tragar y alteración en el equilibrio, que además son algunas manifestaciones de la evolución de la EH. Se ha observado que algunas situaciones celulares y moleculares en la célula, como el estrés oxidativo, el daño mitocondrial, el depósito de agregados proteicos, la inflamación, la activación de la apoptosis neuronal o la alteración de la comunicación celular, son las principales causas de la aparición de enfermedades neurodegenerativas Harkous (2019).

Varela, Giraldo, y Arias, (2021) explica que al tratarse de una enfermedad rara, la EH implica elevados costos de tratamiento, ya que este debe ser multidisciplinario y personalizado, debido a que los síntomas varían entre personas. Además, los medicamentos utilizados en otras

enfermedades neurodegenerativas no son efectivos para tratar sus manifestaciones. Aunque no existe un tratamiento que detenga su progresión, se emplean fármacos como antipsicóticos, depletores de dopamina, benzodiacepinas y antagonistas del glutamato para aliviar los síntomas. También se recomiendan terapias física, ocupacional y del lenguaje para ayudar a las personas a mantener cierto control sobre sus movimientos, pensamiento y habla. Por otra parte, el apoyo psicológico resulta fundamental tanto para el paciente como para su entorno familiar.

Esta enfermedad neurodegenerativa según Varela, Giraldo y Arias (2021) “*es de carácter autosómico dominante y se origina a partir de una mutación en el triplete CAG que codifica la proteína Huntingtina*”. Esta alteración conduce a la muerte de células específicas en el cerebro. Sin embargo, otros estudios han demostrado que los polifenoles de acuerdo con sus características fisicoquímicas ejercen una actividad neuro protectora, acción antiinflamatoria, modulación de vías de señalización intracelular y acción antioxidante retrasan el estrés oxidativo en enfermedades neurodegenerativas.

Mora (2023) en su trabajo de investigación implemento una guía de actividades como alternativa contextualizada para la comprensibilidad de la enseñanza y aprendizaje de conceptos de química y bioquímica; centrada en el dogma de la biología molecular en el contexto de las enfermedades neurodegenerativas (Huntington) y el uso de la bioinformática. Esto se realizó con estudiantes en formación del programa licenciatura en química de la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia el espacio académico de bioquímica. Aquí se implementaron pruebas pretest y post test para la aplicación de la guía de actividades enfocado en la enfermedad de Huntington utilizando herramientas bioinformáticas, transcripción y traducción del código genético e identificación compuestos potencialmente para el uso de fármacos presentes en la semilla de papaya para el tratamiento de la enfermedad.

El estudio de Mora (2023) evidencio que la mayoría de los estudiantes tienen conocimientos previos de la estructura del material genético y el proceso de transcripción de éste; sin embargo, la mitad de los estudiantes no relacionaron el proceso de traducción para la producción de polipéptidos. El uso de herramientas bioinformáticas fomentó el interés de los estudiantes para su uso e implementación en espacios de enseñanza y aprendizaje, que permitieron fortalecer sus habilidades investigativas y profesionales; de este modo, las herramientas

bioinformáticas ayudaron en el proceso de comprensión del dogma central de la biología molecular.

El antecedente mencionado permite visualizar cómo, a partir del contexto de las enfermedades -en especial las neurodegenerativas-, es posible fortalecer y fomentar los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Asimismo, evidencia que la implementación de la bioinformática puede ser un factor clave para comprender de qué manera la identificación de ciertas sustancias presentes en alimentos podría contribuir al tratamiento de este tipo de enfermedades.

#### **5.4.Desde la enseñanza bajo el enfoque CTSA**

La enseñanza de cualquier temática bajo el enfoque CTSA busca articular la ciencia, tecnología, sociedad y el ambiente como estrategia pedagógica y didáctica que permita la construcción de conocimiento y el fortalecimiento de habilidades con la participación ciudadana en situaciones sociocientíficas y socioambientales en relación con las tecnologías emergentes; de acuerdo con Aikenhead (2005), el enfoque CTSA se creó para “la formación de ciudadanos capaces de tomar decisiones científicas acordes a los retos afrontados por la sociedad actual, una sociedad permeada por la ciencia y la tecnología” (p.2).

Suta (2021) en su trabajo de maestría en docencia e investigación universitaria, diseñó una secuencia de enseñanza bajo el enfoque CTSA, para fortalecer el reconocimiento de la deforestación como problemática ambiental con estudiantes de grado once. La secuencia didáctica incluyó una prueba diagnóstica y un debate final, donde se determinó la eficacia de la secuencia y el enfoque empleado, pues, a partir de cuestiones sociocientíficas, se contribuyó a la formación de ciudadanos críticos, el fortalecimiento de habilidades y a la construcción de conocimiento.

El antecedente de Suta (2021) muestra como el enfoque CTSA aborda temáticas científicas y ambientales de importancia social, y requiere tanto de las nuevas tecnologías como de la participación ciudadana. En este sentido, es fundamental la articulación de las ciencias con cuestiones sociales, ambientales y culturales. De este modo, cuando se abordan temáticas de bioquímica, se deben tener en cuenta que esta ciencia a pesar enfocarse en el estudio e interacción de los elementos que propician la vida, la bioquímica está presente en diversas áreas que requieren de la relación de factores sociales, ambientales y tecnológicos. Un ejemplo de ello es el área de la medicina, donde sus avances y prácticas consideran dichos factores.

Ariza, Torres y Blanco (2016), en su trabajo de investigación, realizaron una propuesta de alfabetización científica y tecnológica abordando el estudio de los aerogeles de carbono bajo el enfoque CTS. Esta investigación se implementó con estudiantes de grado décimo, quienes inicialmente presentaban falencias tanto en el uso de terminología científica adecuada como en la reflexión sobre el uso, síntesis, estudio y aplicación de aerogeles de carbono. Los resultados de esta investigación fueron positivos, ya que los estudiantes comenzaron a reflexionar sobre las situaciones ambientales, sociales y tecnológicas que se generan a partir del desarrollo de los aerogeles de carbón. Por otro lado, los estudiantes generaron y fortalecieron habilidades y destrezas para la toma de decisiones, el pensamiento crítico y reflexivo en torno a las implicaciones sociales y ambientales que se pueden presentar en torno a situaciones de la realidad.

Dicho esto, el antecedente anteriormente mencionado, demuestra la versatilidad y variabilidad en la que se puede implementar el enfoque CTSA para la enseñanza, con apoyo en cualquier metodología. De este modo, también sostiene la idea de la construcción de conocimiento a partir de situaciones de la cotidianidad, que pueden verse implicada de cierto modo, con cuestiones sociocientíficas y socioambientales, en las cuales la participación social, es fundamental.

### **5.5.Desde la enseñanza y aprendizaje de las ciencias**

Abreu, Barrera, Breijo y Bonilla (2018) consideran que la enseñanza y aprendizaje es uno de los ejes centrales de investigación de la didáctica, debido a que ve al docente como un facilitador del aprendizaje y al estudiante el protagonista. De este modo, el docente debe organizar, socializar y brindar las herramientas necesarias para abordar el contenido académico, pero también debe interactuar con las familias y la comunidad que rodea el entorno escolar.

Sin embargo, en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias se han identificado diversas problemáticas, debido a la baja motivación de los estudiantes por aprender y del contexto actual del mundo. Esto se refleja en los resultados de las pruebas PISA 2022, en las cuales en el área de ciencias naturales, Colombia ocupó el puesto 55 de 81 países participantes, de acuerdo con los datos presentados por el Ministerio de Educación Nacional de Colombia (2023).

Cuellar (2019) “el proceso de enseñanza y aprendizaje en el área de ciencias naturales es un ejercicio complejo y ocasionalmente desgastante, considerado un escenario problemático, el cual consta de distintos actores, factores y elementos”. De este modo, se ha evidenciado que es una de

las asignaturas que representa mayor pérdida académica, debido a su complejidad y a la necesidad de cierto nivel de comprensión y entendimiento que deben tener los estudiantes. Por otro lado, es necesaria la implementación de dinámicas pedagógicas y didácticas que articulen los presaberes adquiridos por los estudiantes a lo largo de su formación en la educación básica primaria, media y superior. Esto resulta fundamental, ya que las ciencias constituyen un área del conocimiento que demanda el uso adecuado de estrategias pedagógicas y la consolidación progresiva de saberes previos. Tal necesidad se hace evidente, en particular, en el abordaje de temáticas como el ADN y la síntesis de proteínas, las cuales requieren una base conceptual sólida para su adecuada comprensión y aplicación.

De tal modo, el proceso de enseñanza y aprendizaje enriquece el rol y la labor entre la relación estudiante – docente, debido a que ambos actores cumplen funciones específicas y deben emplear estrategias y metodologías diferentes de acuerdo con la personalidad del estudiante y el contexto en el que se la escuela.

En la actualidad, se han generado diversas estrategias pedagógicas para la enseñanza y aprendizaje de las ciencias en general, a partir del uso de las TIC, con el fin de hacer más eficaz la apropiación del conocimiento científico por parte de los estudiantes y relacionarlo con su entorno y su actualidad. De este modo, se ha permitido que diferentes procesos y conceptos científicos sean más interactivos y puedan visualizarse con mayor facilidad.

#### **5.6.Desde la aplicación de una secuencia didáctica**

La aplicación de una secuencia didáctica en procesos de enseñanza y aprendizaje permite la unificación y organización de los contenidos que se van a emplear en un espacio académico, facilitando la labor docente y el desarrollo del aprendizaje de los educandos, ya que integra conceptos, métodos, procedimientos, actividades, entre elementos, que permiten orientar el área en un tiempo y contexto definido. Por otro lado, las secuencias didácticas se han convertido en herramientas que facilitan la selección de aprendizajes de manera organizada y secuencial, con el fin de alcanzar altos niveles de desarrollo en habilidades reflexivas y de pensamiento, para que los estudiantes logren aprendizajes significativos.

Torres (2023), en su trabajo de grado, empleó una secuencia didáctica para estudiantes de grado tercero, el cual tuvo como objetivo la promoción del desarrollo de habilidades y conocimientos ambientales, para generar conciencia y compromiso socioambiental. Esto, se

realizó mediante el desarrollo de tecnologías limpias en una institución educativa, permitiendo que la comunidad tuviera un mejor contacto con la naturaleza, el medio ambiente y su entorno. Por otro lado, la secuencia didáctica fue la herramienta que permitió que tanto los estudiantes como los maestros, desarrollaran un pensamiento crítico reflexivo, adquirieran conocimientos sobre tecnologías limpias, temas transversales de biodiversidad, medio ambiente, educación ambiental, entre otros. La secuencia también permitió que se realizaran actividades prácticas en contextualizadas, como la elaboración de compostaje, biofertilizantes, pacas biodigestoras.

El antecedente anteriormente mencionado, es un claro ejemplo de la adaptabilidad que tienen las secuencias didácticas a la hora de trabajar con un tema específico, permitiendo integrar conceptos, fortalecer el aprendizaje y generar cierto orden lógico para cumplir con los objetivos propuestos.

Asimismo, Calderón (2020) implementó una secuencia didáctica bajo el enfoque CTSA en un colegio rural con estudiantes de grado décimo. Esta tenía como objetivo fortalecer el aprendizaje de la química por medio del contexto de la chamba (*Campomanesia lineatifolia*), abordando el concepto de mezclas, métodos de separación, pH, entre otros. La secuencia didáctica permitió que los estudiantes adquirieran conocimiento de acuerdo con los programas educativos regionales, nacionales y el contenido curricular de la institución educativa, permitiendo, que se realizara un trabajo contextualizado a la región, población y necesidades de estas en el sector agroindustrial.

A partir de los antecedentes descritos en los diferentes criterios, se concluye que la implementación de una secuencia didáctica bajo el enfoque CTSA puede tener resultados favorables en estudiantes con diferentes niveles de escolaridad, ya que permite la construcción del conocimiento a partir de situaciones y fenómenos reales. Estos antecedentes, también son herramientas que brindan una visualización a nivel nacional e internacional de estrategias de enseñanza y aprendizaje que han sido provechosas y que de cierto modo han aportado a la didáctica de la bioquímica en procesos de divulgación y estudio en el campo educativo.

## **6. MARCO CONCEPTUAL**

### **ÁMBITO DISCIPLINAR**

#### **6.1.Bioquímica**

La bioquímica, es una de las ramas de la ciencia que estudia la química de los procesos determinantes para la vida. Eso quiere decir, que estudia la composición de los seres vivos y los factores bióticos y abióticos que influyen en ellos; de tal modo se basa en el concepto del ser vivo a partir de la presencia e interacción los elementos de la vida (como el carbono, nitrógeno, entre otros) y de las biomoléculas, en procesos metabólicos, catabólicos y anabólicos, especialmente de las proteínas, carbohidratos, lípidos y ácidos nucleicos Berg, Tymoczko y Stryer (2008).

Por ende, la bioquímica es una rama de gran relevancia en estudios relacionados con las ciencias, ya que integra y aborda varios campos del saber de una manera integral. De este modo, emplea técnicas, métodos físicos, químicos y biológicos que permiten la comprensión de la vida a nivel molecular, contribuyendo así a avances en medicina, farmacología, biotecnología y agricultura.

#### **6.2.Enfermedades neurodegenerativas**

Las enfermedades neurodegenerativas son afecciones caracterizadas por la degeneración progresiva y selectiva, así como por la muerte de células nerviosas.

Estas enfermedades son de carácter genético y afectan el equilibrio, la memoria, los movimientos y funciones de ciertos organismos, entre otros (Alarcón, Maycotte, Cortés, y Königsberg, 2018). La mayoría de estas enfermedades se pueden manifestar en niños, adolescentes o personas de edades avanzadas. Las principales enfermedades neurodegenerativas son:

- Enfermedad de Alzheimer (EA) y otras demencias
- Enfermedad de Parkinson (EP)
- Enfermedad priónica
- Enfermedades de la motoneurona (EMN)
- Enfermedad de Huntington (EH)
- Ataxia espinocerebelosa (AEC)
- Atrofia muscular espinal (AME)

### **6.3.Enfermedad de Huntington**

La enfermedad de Huntington o el mal de San Vito, afecta tanto a hombres como a mujeres y tan solo a una pequeña parte de la población a nivel global de 5 a 10 de cada 100.000 personas. Esta es una enfermedad neurodegenerativa que causa el desgaste o degeneración progresiva de las células nerviosas del cerebro, específicamente los ganglios basales (núcleo caudado y putamen). Esto se debe a que neuroquímicamente los niveles de sustancias neurotransmisoras como GABA y su enzima sintética descarboxilada del ácido glutámico están disminuidos en los ganglios basales. De tal modo, esta afecta el cuerpo, la mente y las emociones de las personas que la padecen. Los síntomas más comunes son los movimientos involuntarios, rigidez, depresión, cambios de personalidad, alucinaciones, pérdida de la memoria, deterioro del habla, entre otras. Los síntomas varían dependiendo de la persona y de la edad. Pues, ese trastorno comúnmente aparece en personas de entre 30 y 50 años, sin embargo, también la pueden padecer niños, adolescentes y ancianos; y puede afectar de manera gradual a la persona hasta generar dependencia, discapacidad y la muerte al cabo de 15-20 años después de comenzar a padecerla (Huntington's disease society of america, 2010).

La EH es un trastorno hereditario causado por el defecto genético del cromosoma 4, generando su repetición en el ADN más veces de las debidas; este gen es dominante, esto quiere decir que al menos con una sola copia de este gen en el ADN de una persona, es suficiente para padecerla; es una enfermedad 50/50. El diagnóstico de esta enfermedad se basa en el análisis realizados al cerebro, por medio de una análisis detallado al cerebro (Tomografías, resonancias, TEP del cerebro), antecedentes familiares, pruebas psicológicas y pruebas genéticas (Rodríguez, Díaz, Rojas y Rodríguez, 2013).

### **6.4.Alcaloides**

Los alcaloides son metabolitos secundarios nitrogenados orgánicos, originarios de las plantas y algunos animales sintetizados con carácter básico. Están compuestos por grupos de átomos que contienen un nitrógeno heterocíclico, con estructura generalmente sencillo, provenientes del metabolismo de aminoácidos. Su basicidad se debe a que tiene al menos un par de electrones no compartidos por la presencia del nitrógeno en su estructura molecular, sin embargo, esta puede variar radicalmente dependiendo de su estructura y la presencia de grupos funcionales. Estos también son ópticamente activos y capaces de absorber rayos UV Viña (2013)

La solubilidad del alcaloide base y de sus respectivas sales, en agua y disolventes orgánicos, es opuesta (aunque hay excepciones) es una característica fundamental para procesos de extracción y purificación de alcaloides en material vegetal.

Hasta el momento existen alrededor de 15,000 alcaloides de origen vegetal, los cuales están clasificados en cuatro familias de acuerdo con su origen biogenético y acciones farmacológicas. Los alcaloides son muy importantes en la medicina y por supuesto en el sector fármaco, porque son usados como estimulante, depresores, anestésicos, antitumoral, entre otros. Loyola, Sánchez, Canto, Gutiérrez, & Galaz (2004) Actualmente uno de los alcaloides más importantes ha sido el de tipo bisindólico como la vinblastina, ya que es utilizada en el tratamiento del mal de Hodgkin; ya que actúa como estímulo en el sistema nervioso central y en algunos casos en el sistema nervioso parasimpático y simpático, ayudando a calmar el dolor y tratar problemas de la mente.

### **6.5. Polifenoles**

Los polifenoles son moléculas antioxidantes más abundantes en frutas y verduras, procedente de procesos metabólicos de las plantas como barrera de defensa contra los ataques de patógenos externos y funciones fisiológicas; estos se caracterizan por presentar uno o varios anillos fenólicos. Los polifenoles son beneficiosos para la salud, ya que sus características fisicoquímicas les permiten participar en distintas reacciones metabólicas celulares de óxido-reducción y tener la capacidad para asimilar nutrientes, combatir radicales libres, actividad enzimática, son potentes antioxidantes que previenen el daño celular, tienen efecto antiinflamatorio antialérgica, antimicrobianas y anticancerígenas Quiñones, Aleixandre, & Miguel (2010).

Los polifenoles se dividen en tres grupos, de acuerdo con su estructura química, función y origen Quiñones, Aleixandre, & Miguel (2010) Los principales son los ácidos fenólicos, estilbenos, lignanos, alcoholes fenólicos y flavonoides. Paredes & Clemente (2005) dice que, según sus características fisicoquímicas, pueden ayudar a regular procesos celulares y, por ello, se han realizado diversos estudios para tratar enfermedades neurodegenerativas, enfocados a combatir los radicales libres, causantes del estrés oxidativo y después la muerte y envejecimiento celular.

### **6.6. Terpenos**

Los terpenos son un grupo de metabolitos secundarios orgánicos, conformados por unidades de isoprenos, por lo que en su estructura se pueden dividir en unidades de cinco átomos

de carbono. Los compuestos más volátiles son los monoterpenos, ya que están biosintetizados por la unión de dos isoprenos, mientras que los menos volátiles, están compuestos por la unión de tres o más isoprenos. Estos son compuestos fitoquímicos, por ende, cumplen funciones de control de temperaturas, crecimiento de la planta, protección contra los ataques de patógenos externos, características organolépticas y constituye la mayor parte de aceites de las plantas que lo poseen. Por otro lado, los terpenos tienen actividad antioxidante, evitando el envejecimiento prematuro y/o prevenir el daño de algunas células; de tal modo, que estas moléculas son importantes para la producción de fármacos en cuanto a enfermedades neurodegenerativas y tratamientos contra el cáncer.

### **6.7.Flavonoides**

Los flavonoides son fitonutrientes, metabolitos secundarios que se distinguen en varias clases de acuerdo con el nivel de oxidación de su anillo piran; son de naturaleza fenólica, compuestos por 15 átomos de carbono, presentes algunas plantas, frutas, verduras y especias. Se caracterizan por tener dos anillos aromáticos de benceno unidos a tres átomos de carbono.

Los flavonoides tienen propiedades para reducir el riesgo de padecer enfermedades cardíacas, antioxidantes, potencia la acción de sustancias activas, protege contra la inflamación y tiene características fisicoquímicas que permiten el bloqueo de radicales libres generando efectos anticancerígenos; es considerado como un metabolito saludable, ya que también tiene efectos antibacteriales, permitiendo la eliminación de virus y bacterias Hernández & Marino (2019).

### **6.8.Métodos de extracción de aceites vegetales**

Para la extracción de esencias vegetales y poder obtener los polifenoles, alcaloides y terpenos, se utilizan diversos métodos de extracción como lo son: arrastre con vapor, fluido super crítico y soxhlet.

#### **6.4.1 Método arrastre con vapor**

El método de arrastre con vapor o destilación por arrastre de vapor consiste en la obtención y purificación de compuestos orgánicos insolubles en agua y ligeramente volátiles. Esta técnica de extracción tiene en cuenta la ley de las presiones parciales de Dalton que establece cuando dos o más gases o vapores no reaccionan entre sí, se mezclan a temperatura constante. Lo que hace el vapor de agua, es tomar las moléculas de la muestra a destilar, para extraer o separar los aceites esenciales.

#### **6.4.2. Método soxhlet**

El método soxhlet, es una técnica de extracción, purificación o separación de sustancias solido-liquido (Campos, 2007). En este método se debe tener en cuenta que la característica más importante que deben tener los disolventes es la solubilidad, los más usados son los cloroformo, el hexano y el éter de petróleo.

### **6.9. Bioinformática**

La bioinformática, es una disciplina interdisciplinar que por medio del uso de herramientas informáticas y computacionales, permite investigar, analizar, estudiar y automatizar diferentes datos experimentales. Esta, se define como la ciencia que se encarga de tratar, procesar, almacenar y automatizar información relacionada con la genética y el genoma.

Por medio de la bioinformática, se han podido desarrollar diferentes estudios, métodos y técnicas que permiten avanzar tecnológicamente en diversas industrias. Por ejemplo, en la industria farmacéutica, se han implementado herramientas bioinformáticas para predecir el comportamiento de algún medicamento, antes de realizar pruebas en animales y en humanos.

Finalmente, la bioinformática utiliza las ciencias computacionales para el análisis de secuencias de moléculas biológicas, útiles para entender el comportamiento de algunos genes, proteínas y aminoácidos, respecto las reacciones que se puedan generar en algún organismo. (National Human Genome Research Institute, 2025)

### **ÁMBITO DIDÁCTICO**

#### **6.9.Enfoque CTSA**

El enfoque CTSA, es un modelo teórico didáctico interdisciplinar que relaciona la ciencia, tecnología, sociedad y el ambiente. Este enfoque, tiene como objetivo principal la alfabetización científica y tecnológica de la sociedad; donde la población comprenda la importancia de la articulación de la ciencia y tecnología con cuestiones sociales y ambientales que son importantes para la toma de decisiones ciudadanas en proyectos, leyes gubernamentales, locales y nacionales que estén relacionados con el medio ambiente, recursos naturales, educación, trabajo, entre otros (Fernández, Pires y Villamañán, 2023).

Este enfoque se puede aplicar en diferentes niveles educativos, ya que facilita la organización de las temáticas de manera lógica y coherente, permite implementar estrategias que

fomentan propuestas educativas e innovadoras contribuyendo a la construcción del conocimiento, y estimula la cultura científica en los estudiantes, preparándolos para el ejercicio de una ciudadanía activa y consciente frente a la veeduría de implicaciones sociales, culturales y ambientales. De acuerdo con Parga (2022) el CTSA es de gran importancia para contextualizar a la sociedad sobre el papel de una cultura científica para que las personas sean capaces y tengan los medios para ser partícipes en la toma de decisiones, divulgación, análisis y evaluación de información con relación a la naturaleza de las ciencias, la relación entre la ética, la moral, la tecnología y la sociedad con cuestiones de relevancia.

A partir del contexto expuesto, se concluye que el enfoque Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTSA) constituye una herramienta pedagógica versátil, capaz de adaptarse a diversas temáticas y poblaciones. En este sentido, la implementación de una secuencia didáctica bajo este enfoque representa una estrategia positiva para planificar actividades de manera ordenada, coherente y con un propósito definido.

Su aplicación en el presente proyecto permite integrar de forma articulada contenidos de genética molecular y biología, con especial énfasis en conceptos como el estrés oxidativo, las mutaciones genéticas, el ADN y su relación con enfermedades neurodegenerativas. Esta metodología no solo facilita la apropiación de conocimientos científicos, sino que también fomenta la reflexión crítica, el análisis contextual y la vinculación de los saberes académicos con problemáticas sociales y ambientales reales, fortaleciendo así el aprendizaje significativo y la formación integral de los estudiantes.

#### **6.5.1. Historia del enfoque CTSA**

El enfoque CTSA surgió a mediados de los años 60 y 70 en entornos universitarios gracias a la influencia de grupos y movimientos de científicos, ambientalistas y sociales quienes pensaban que existía una crisis en las relaciones entre la sociedad y el medio ambiente, con la ciencia y la tecnología. Martínez y Parga (2013) plantean que el origen de este enfoque, parte desde la necesidad que crear una modificación al currículo educativo de la época, donde las decisiones y conocimientos eran delegados a especialistas que estaban influenciados por factores políticos y económicos.

Para Alvarez, Arroyave, & García (2021) el enfoque CTSA incorpora tanto las dimensiones científicas, tecnológicas y sociales como el componente ambiental. Su propósito

es fomentar una educación científica que conecte realmente con los problemas reales, fomentando una comprensión crítica de la ciencia como construcción humana con implicaciones éticas, sociales, culturales y ecológicas.

Por otro lado, el enfoque CTSA también tiene origen en los científicos y la educación científica desde la desintegración del conocimiento científico respecto a otras disciplinas; pues, los currículos anteriores no relacionaban y no entendían la interdisciplinariedad que existía entre las diferentes áreas del conocimiento; por lo tanto, las problemáticas sociales y ambientales no tenían relevancia. De este modo, después de la implementación de este enfoque en los campus universitarios, el CTSA trascendió a la educación básica y media, donde autores como Bernal, Hogben y Haldane promovían el conocimiento científico para todos, donde la ciencia para la sociedad contribuyó a una mejora estructural en los currículos educativos y se apostó a la alfabetización científica.

De allí, el enfoque CTSA plantea ciertas características que involucran aspectos sociocientíficos, socioambientales e incluso políticos. Entre ellos están:

- ✓ Fomenta la alfabetización científica y la participación ciudadana.
- ✓ Desarrollar la cultura científica en los y las estudiantes.
- ✓ Promover la enseñanza y aprendizaje de la tecnología.
- ✓ Fomentar la educación científica y ambiental.

#### **6.10. Didáctica de la bioquímica**

La didáctica de la bioquímica es la ciencia que estudia la enseñanza y aprendizaje de la química en todos los sistemas biológicos. De este modo, es un área interdisciplinar, que permite complementar conocimientos de la química y biología, apoyados en la implementación y uso de metodologías que propician el desarrollo del conocimiento de estas ciencias (Bravo y Santos, 2017).

Por otro lado, Mariana (2019) menciona que la didáctica de la bioquímica implica diseñar estrategias pedagógicas que permitan a los estudiantes comprender procesos bioquímicos complejos mediante enfoques activos e interdisciplinarios.

Finalmente Parra y Rodríguez (2021) describen la didáctica de la bioquímica al diseño y aplicación de estrategias de enseñanza que facilitan la comprensión de los conceptos bioquímicos

como el del método científico y los enfoques activos de aprendizaje. Además, plantean que la enseñanza contextualizada —asociando la bioquímica con enfermedades celulares— favorece una mayor comprensión interdisciplinar de los procesos implicados en patologías complejas

### **6.11. Secuencia didáctica**

Frade (2008) define una secuencia didáctica como una serie de actividades diseñadas para la formación de un tema o contenido específico en un periodo de tiempo determinado. Por otro lado, también se considera como una estrategia pedagógica que apoya los procesos de enseñanza y aprendizaje de manera progresiva; de este modo, es una estrategia que permite, planificar, organizar y aplicar de acuerdo con las necesidades y contexto de la población con la que se pretende trabajar.

Díaz (2013) propone que para la elaboración de una secuencia didáctica se deben considerar elementos y metodologías que favorezcan la enseñanza y aprendizaje de la temática, organizando situaciones que enriquezcan el trabajo de los estudiantes. Por otro lado, define las tres fases que debe tener la secuencia didáctica (inicio, desarrollo y cierre), la importancia de interrelacionar actividades apoyen el proceso para cumplir con los objetivos, criterios propuestos, la influencia de la evaluación y la incorporación de tecnologías y materiales que favorezcan el desarrollo de esta.

Camacho (2018) define la secuencia didáctica como un conjunto articulado de actividades de aprendizaje y evaluación que, mediante la intervención del docente, busca alcanzar metas educativas mediante el uso adecuado de recursos. Estas secuencias atienden tanto a la estructura como a la intención pedagógica, con un diseño progresivo que une apertura, desarrollo y cierre en función de las competencias a alcanzar.

Autores como Frade (2008), Pérez y Roa (2010), citados en Carmona (2017), describen la secuencia didáctica como una estructura intencional de acciones e interacciones relacionadas que tienen principio y fin, articuladas con una situación didáctica que potencia el aprendizaje, el descubrimiento y la resolución de conflictos cognitivos en contexto real.

Desde una perspectiva más práctica, IFEMA (2023) definen la secuencia didáctica como un proceso de planificación educativa que organiza y diseña estratégicamente los contenidos y actividades a realizar en el aula. Asimismo, consideran las características, intereses y estilos de

aprendizaje del alumnado, lo que permite adaptar los recursos materiales y tecnológicos en función de objetivos específicos y tiempos delimitados.

## **7. METODOLOGÍA**

### **7.1. Tipo de investigación**

El presente trabajo implementa la metodología aplicada a la investigación cual-cuan, también denominado metodología mixta, en la que se combinan los enfoques cualitativos y cuantitativos, con el propósito de tener una visión holística de los datos recolectados. Esta metodología prioriza la comprensión del fenómeno cualitativo, pero se apoya de datos numéricos y de un análisis estadístico para complementar los hallazgos, logrando así una interpretación más integrar de los resultados de la investigación Berumen (s.f.).

En términos de sus componentes, Hernández, Fernández y Baptista (2014) señalan que el enfoque cuantitativo, se encuentra arraigado en el positivismo y utiliza un proceso deductivo que parte de hipótesis previamente formuladas, las cuales son comprobadas mediante la medición numérica y análisis estadístico, buscando generar resultados generalizables. Por su parte, Sandoval (2002) menciona que el enfoque cualitativo parte de un esquema inductivo, centrado en la exploración de significados y perspectivas únicas de los participantes, empleando técnicas como entrevistas, observación o análisis documental. Su principal objetivo es interpretar y contextualizar la realidad desde la subjetividad de los actores, más que probar hipótesis.

De esta manera la metodología mixta, que integra procedimientos de ambos enfoques para complementar el análisis y permitir la evaluación simultánea de las diferentes fases de la investigación. Según Vizcaíno, Cedeño y Maldonado (2023) la metodología mixta es una estrategia que combina elementos cuantitativos y cualitativos con el fin de aprovechar las fortalezas de ambas metodologías, obteniendo datos más precisos y una mejor comprensión de los resultados.

En la misma línea, Flick (2015) afirma que la metodología mixta requiere de una adecuada combinación entre las estrategias y métodos cuantitativo y cualitativos, ya que existen investigaciones que, por su naturaleza, alcance y objeto de estudio, requiere de ambos para que aporten en su análisis. En conjunto, ambas metodologías pueden compensar las debilidades que cada una presenta por separado.

En consecuencia, se considera que este tipo de metodología podrá aportar de manera significativa al presente estudio, ya que permite la recopilación de datos de diferentes naturalezas

y aplicar herramientas tanto analíticas como estadísticas para lograr una interpretación más sólida, obteniendo, conclusiones más profundas. Asimismo, posibilita el abordaje de preguntas complejas desde diferentes perspectivas, ofreciendo así una visión más completa y holístico del fenómeno investigado.

Teniendo en cuenta lo anterior, la investigación se centra principalmente en un análisis cualitativo, complementado con la sistematización de la información. Los instrumentos utilizados en la implementación de la secuencia didáctica incluyen intervenciones de cátedra, análisis de textos, entrevistas, presentaciones y pruebas con preguntas abiertas.

Este proceso busca identificar si el estudiantado logró construir conocimientos a partir de las actividades propuestas, estableciendo conexiones entre el contenido académico sobre enfermedades neurodegenerativas y su contexto cotidiano. Dichas conexiones abarcan desde la participación ciudadana hasta la identificación de problemáticas ambientales que podrían favorecer la aparición de estas enfermedades.

Para garantizar la validez y la confiabilidad de los resultados, se aplicó una triangulación metodológica. Esta consistió en el análisis por separado de los datos cualitativos y cuantitativos, seguido de una comparación sistemática para identificar convergencias, divergencias y complementariedades. La triangulación se realizó por medio del uso del software analítico Atlas.Ti en donde se empleó una matriz que organizó las categorías de análisis en función de las fuentes y los instrumentos empleados, lo que permitió contrastar la información obtenida a través de encuestas, entrevistas y observaciones con el fin de obtener una interpretación más completa del fenómeno.

El uso de la metodología mixta en este estudio responde a la necesidad de abordar un objeto de investigación que requiere tanto la exploración de significados como la verificación de patrones y tendencias. La complementariedad entre los enfoques cualitativo y cuantitativo permite no solo evaluar el impacto de la secuencia didáctica en la construcción de conocimientos, sino también contextualizar el aprendizaje en problemáticas reales de relevancia social y ambiental.

## **7.2.Población**

Este trabajo de investigación está dirigido a estudiantes de la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia que estén cursando los tres últimos semestres del programa de licenciatura

en química y que estén en el ciclo de profundización. Generalmente son estudiantes de octavo semestre en adelante, quienes cumplen con el prerrequisitos propuestos por el plan curricular del programa académico y es haber cursado y aprobado espacios académicos como métodos de análisis químicos I-II, sistemas orgánicos I-II y sistemas biológicos I-II.

De este modo, se aplicó una secuencia didáctica bajo en enfoque CTSA a 21 estudiantes del programa licenciatura en química, específicamente en el espacio académico de bioquímica, quienes cuentan con algunos conocimientos necesarios para poder comprender de mejor manera las mutaciones genéticas relacionadas con el estrés oxidativo y la enfermedad de Huntington.

Para el desarrollo del presente estudio se proponen tres fases, las cuales constan de una revisión bibliográfica de antecedentes e identificación de conocimientos previos, el diseño e implementación de la secuencia didáctica y finalmente su evaluación y análisis.

A continuación, se describen las fases que se tendrán en cuenta para el desarrollo del presente trabajo.

### **7.3.Fases de la investigación**

#### **Fase 1. Revisión bibliográfica, identificación de principios bioactivos en pulpa de café: Análisis cualitativo para evaluar su potencial en el tratamiento de la enfermedad de Huntington bajo el enfoque CTSA**

En esta fase, objetivo fue realizar una revisión bibliográfica en documentos provenientes de revistas indexadas, trabajos de grado, tesis y artículos a nivel local, nacional e internacional, publicados en un periodo no mayor a diez años. Se seleccionaron únicamente a aquellos estudios relacionados con la implementación de secuencias didácticas para la enseñanza y aprendizaje de la bioquímica.

Por otro lado, la revisión documental tuvo como propósito identificar métodos y procesos para la extracción de principios bioactivos. Con base en ello, se diseñaron y ejecutaron trabajos prácticos de laboratorio para la extracción y análisis de dichos compuesto (véase Anexo 4), lo que permitió identificar componentes con potencial medicinal para la elaboración de fármacos destinados para el tratamiento y/o prevención de enfermedades neurodegenerativas.

## **Fase 2. Caracterización de la población e identificación de conocimientos previos**

En coherencia con la fase de revisión documental y el diseño metodológico mixto previamente descritos, se aplicó una encuesta (véase Anexo 3) para caracterizar la población participante. El propósito fue recopilar información que permitiera identificar los conocimientos y percepciones previas sobre las enfermedades neurodegenerativas, estrés oxidativo, mutaciones y participación ciudadana en la toma de decisiones. Esta caracterización sirvió como punto de partida para orientar la implementación de la secuencia didáctica y contextualizar los contenidos, vinculando el aprendizaje de la bioquímica con problemáticas reales.

## **Fase 3. Diseño y aplicación**

Para el diseño y construcción de la secuencia didáctica, se dividió estratégicamente en cinco momentos, organizados en un orden lógico que permitiera articular todos los conceptos clave y facilitar que los estudiantes desarrollaran las actividades planteadas. A continuación, se describe cada uno de estos momentos:

- **Momento 1: Introducción al ADN y mutaciones genéticas.** En esta etapa, se implementaron estrategias que incluyeron una lectura inicial, la explicación del tema abordado, el análisis de un estudio de caso y una actividad práctica. El objetivo fue establecer relaciones entre los conceptos a discutir y los contenidos a desarrollar en el transcurso de la sesión (véase anexo 5).
- **Momento 2: Estrés oxidativo y sus efectos en el ADN.** Se planificaron actividades, centradas en el análisis de un artículo científico y la visualización de un video que ilustrativo sobre los mecanismos de reparación del ADN, con el fin de consolidar la comprensión teórica del tema.
- **Momento 3: La enfermedad de Huntington (EH).** Este momento se llevó a cabo, en otra sesión de clase, se presentó una breve introducción a la enfermedad de Huntington, abordando el papel de la alimentación en la prevención y/o tratamiento de enfermedades y posibles alternativas terapéuticas derivadas de fuentes naturales. Posteriormente, los estudiantes desarrollaron la Actividad #3, que consistió en la visualización de un documental donde se entrevistaban a personas que padecen esta enfermedad, así como la reflexión sobre el papel de la familia, la sociedad y el estado o entidades gubernamentales en el manejo de las enfermedades neurodegenerativas.

- **Momento 4: Herramientas bioinformáticas - uso e implementación de docking molecular.** Los estudiantes ejecutaron las Actividades 1 y 2, centradas en el uso de herramientas bioinformáticas, como el docking molecular, modificando alcaloides y antraquinonas específicas para evaluar su interacción con la proteína beta amiloide.
- **Momento 5: Cierre - Prevención y tratamiento de mutaciones relacionadas con el estrés oxidativo:** En la fase final, se trabajó con lecturas introductorias sobre el comportamiento de los genes y proteínas mutadas que actúan como precursores del desarrollo de enfermedades neurodegenerativas, así como su relación con los síntomas comunes de estas patologías.

#### **Fase 4. Evaluación**

Para valorar la eficacia de la secuencia didáctica, se implementaron diversas estrategias evaluativas que permitieron medir y analizar el progreso en el aprendizaje. Para ello, se diseñaron dos pruebas: una de entrada (véase Anexo 3) y una de salida o prueba final (véase Anexo 5). La prueba de entrada permitió identificar los conocimientos previos de los estudiantes sobre los conceptos de mutaciones genéticas, estrés oxidativo, enfermedades neurodegenerativas y su relación con el enfoque CTSA, dando cumplimiento al primer objetivo específico.

Además, se desarrollaron actividades prácticas evaluadas mediante rúbricas, tales como cuestionarios, exposiciones orales y actividades interactivas. Estas actividades favorecieron tanto la aplicación de los conceptos científicos trabajados en las sesiones, como la reflexión crítica sobre la relación entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente, respondiendo de manera directa al segundo y tercer objetivo específico.

Dicho esto, cada instrumento evaluativo se vincula de forma intencionada con los objetivos de la investigación:

- **Prueba de entrada:** Diagnóstico de conocimientos previos y percepciones iniciales (Cumplimiento del objetivo 1).
- **Actividades prácticas con rúbricas:** Aplicación de conceptos y desarrollo de competencias de análisis crítico (Cumplimiento de los objetivos 2 y 3).

- **Prueba final:** Medición del progreso conceptual y de la capacidad de relacionar aspectos científicos con implicaciones sociales, tecnológicas y ambientales (Cumplimiento del objetivo 3).

Por otro lado, el objetivo específico 4 se vinculó a esta fase a través de los cuestionarios y actividades de cierre, los cuales incluyeron preguntas reflexivas para obtener valoraciones cualitativas sobre la pertinencia del enfoque.

En cuanto al objetivo general, esta fase permitió medir la influencia de la secuencia didáctica en la comprensión de las mutaciones genéticas relacionadas con el estrés oxidativo y su asociación con la enfermedad de Huntington, así como en la capacidad de los estudiantes para relacionar la ciencia con aspectos sociales, tecnológicos y ambientales, cumpliendo así con el propósito central de la investigación.

#### **7.4. Instrumentos**

Para la implementación de la secuencia didáctica, en un primer momento se elaboraron guías prácticas de laboratorio para la obtención del extracto de la pulpa de café, con el fin de realizar el respectivo análisis cuantitativo y cualitativo identificando y descartando algunos principios bioactivos (véase Anexo 4).

Posteriormente, se diseñó una prueba de entrada compuesta por una encuesta tipo Likert, destinada a la recolección de datos e información preliminar relacionada a los conocimientos previos de los estudiantes sobre las temáticas a abordar: estrés oxidativo, enfermedades neurodegenerativas y ADN (véase Anexo 3).

A partir de los resultados de esta prueba diagnóstica, se elaboró una presentación estructurada, utilizada de manera transversal en todas las sesiones de clase. Esta presentación abordaba la todas de las temáticas, permitiendo que, durante su desarrollo, los estudiantes pudieran formular preguntas, interactuar y ejecutar algunas de las actividades diseñadas para su proceso de aprendizaje.

En una etapa posterior, se implementaron tres actividades (véase Anexo 5) con el propósito de que los estudiantes dieran cuenta de los conocimientos adquiridos después de cada sesión. Dichas actividades consistieron en la resolución de cuestionarios, la elaboración de una infografía

y la realización de una exposición, en la que debían relacionar conceptos e integrar el uso de herramientas bioinformáticas para realizar el docking molecular.

Finalmente, se construyó una prueba de salida, aplicada al término de la secuencia didáctica, que permitió contrastar los conocimientos previos con los aprendidos, identificando fortalezas y debilidades conceptuales.

La recolección de todos los datos obtenidos a través de estos instrumentos facilitó el análisis y evaluación de la secuencia didáctica, así como la valoración de su ejecución y desarrollo en la población.

Los instrumentos que hacen parte del cuestionario diagnóstico, la encuesta tipo Likert y la prueba de salida fueron enviados para su validación a un experto en el área, con el fin de obtener un aval metodológico de su pertinencia y confiabilidad. Sin embargo, a pesar de reiteradas solicitudes y seguimientos, no se obtuvo respuesta alguna del proceso de validación. Por lo tanto, si bien se cumplió con la etapa de envío y solicitud formal, no se contó con un índice estadístico de validación ni se utilizó un instrumento previamente validado por otro autor.

### **7.5. Sistematización y análisis de resultados**

Para la sistematización y análisis de resultados, se priorizó un enfoque cualitativo, dado que los objetivos de la investigación se centraron principalmente en comprender los procesos de aprendizaje, la construcción conceptual y las percepciones de los estudiantes frente a la implementación de la secuencia didáctica. No obstante, este análisis se complementó con un componente cuantitativo, que permitió respaldar los hallazgos cualitativos con datos numéricos y mediciones objetivas.

Para el análisis cualitativo, se empleó el software analítico Atlas. Ti; este, es un software que permite el análisis cualitativo de grandes volúmenes de datos. Este software permitió organizar, codificar y categorizar la información a partir de las encuestas abiertas, observaciones y productos académicos desarrollados en la secuencia didáctica. De esta manera, fue posible identificar patrones, recurrencias y relaciones entre las categorías, facilitando la interpretación de los resultados en coherencia con los objetivos específicos de la investigación.

Por otro lado, para el análisis cuantitativo se utilizó el software IBM SPSS Statistics, el cual posibilitó la gestión y tratamiento de los datos obtenidos mediante la encuesta tipo Likert, la

prueba de entrada y la prueba de salida. Esta herramienta permitió generar tablas de frecuencia y gráficos que complementaron el análisis cualitativo, ofreciendo una visión integral de la influencia de la secuencia didáctica.

La integración de ambos enfoques permitió vincular de manera más precisa los resultados con el objetivo general y los objetivos específicos, particularmente en la identificación de los conocimientos previos (Objetivo 1), la evaluación del progreso conceptual y actitudinal (Objetivo 3) y la exploración de la percepción estudiantil sobre la utilidad del enfoque CTSA (Objetivo 4). Así, la combinación de métodos garantizó una interpretación más completa de los datos recolectados.

## 8. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### Fase 1 – Revisión bibliografía, identificación de principios bioactivos en pulpa de café: Análisis cualitativo para evaluar su potencial en el tratamiento de la enfermedad de Huntington bajo el enfoque CTSA

Con el propósito de obtener un extracto de una muestra de pulpa de café, se empleó el método de extracción Soxhlet (véase Anexo 4). Esta es una técnica clásica y eficiente que permite la extracción sólido-líquido, permite el reciclaje continuo del solvente, garantizando una extracción intensa. Este procedimiento se realizó por triplicado (es decir, con tres repeticiones del montaje) como se muestra en la Figura 1. El extracto obtenido (véase figura 2), fue posteriormente sometido a un análisis cualitativo y cuantitativo como se describe a continuación.

*Figura 1* Triplicado del método de extracción.



*Fuente:* Elaboración propia

*Figura 2* Extracto obtenido.

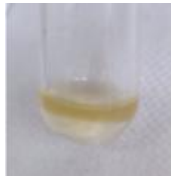


*Fuente:* Elaboración propia

En primera instancia, se llevó a cabo un análisis cualitativo, con el propósito de identificar la presencia de principios bioactivos en la muestra de pulpa de café, en particular, aquellos con potencial medicinal para el tratamiento de enfermedades neurodegenerativas. Las pruebas cualitativas se desarrollaron mediante prácticas de laboratorio, empleando reactivos estandarizados (véase Anexo 4), que permitió obtener los resultados presentados en la tabla número 1.

*Tabla 1.* Resultados de pruebas cualitativas.

| Prueba | Positivo | Negativo | Imagen |
|--------|----------|----------|--------|
|--------|----------|----------|--------|

|             |  |  |                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------|--|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Flavonoides |  |  | <p><b><i>Figura 3 Resultado prueba de Flavonoides.</i></b></p>  <p><b><i>Fuente: Elaboración propia</i></b></p>                           |
| Saponinas   |  |  | <p><b><i>Figura 4 Resultado prueba de Saponinas.</i></b></p>  <p><b><i>Fuente: Elaboración propia</i></b></p>                             |
| Alcaloides  |  |  | <p><b><i>Figura 5 Resultado prueba de Alcaloides con reactivo Mayer.</i></b></p>  <p><b><i>Fuente: Elaboración propia</i></b></p>        |
|             |  |  | <p><b><i>Figura 6 Resultado prueba de Alcaloides con reactivo Dragendorff.</i></b></p>  <p><b><i>Fuente: Elaboración propia</i></b></p> |

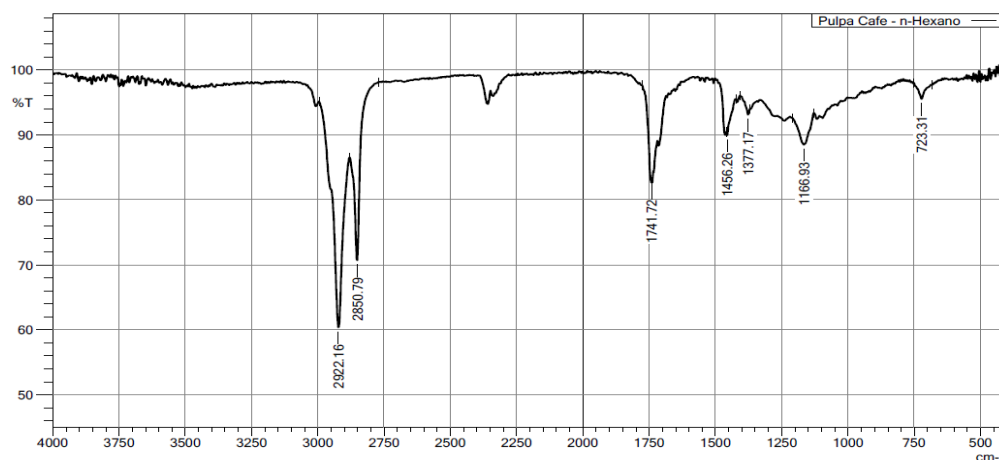
|                     |  |  |                                                                                                                                                                                                              |
|---------------------|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Taninos             |  |  | <p><b><i>Figura 7</i></b> Resultado prueba de Taninos.</p>  <p><b><i>Fuente:</i></b> Elaboración propia</p>                |
| Antraquinonas       |  |  | <p><b><i>Figura 8</i></b> Resultado prueba de Antraquinonas.</p>  <p><b><i>Fuente:</i></b> Elaboración propia</p>          |
| Fenoles             |  |  | <p><b><i>Figura 9</i></b> Resultado prueba de Fenoles.</p>  <p><b><i>Fuente:</i></b> Elaboración propia</p>              |
| Azucares reductores |  |  | <p><b><i>Figura 10</i></b> Resultado prueba de Azucares reductores.</p>  <p><b><i>Fuente:</i></b> Elaboración propia</p> |

|               |  |  |                                                                                                                                                                                        |
|---------------|--|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Carbohidratos |  |  | <p><b>Figura 11</b> Resultado prueba de Carbohidratos.</p>  <p><b>Fuente:</b> Elaboración propia</p> |
|---------------|--|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**Fuente:** Elaboración propia.

Posteriormente, se pesaron aproximadamente 2 gramos de la muestra, los cuales fueron sometidos a análisis mediante un espectrofotómetro UV-Vis, con el fin de determinar su perfil de absorbancia y, de esta manera, complementar la caracterización de los principios bioactivos presentes en la muestra. Este procedimiento, permitió obtener los resultados que se presentan en la Figura 12.

**Figura 12** IR, muestra pulpa de café.

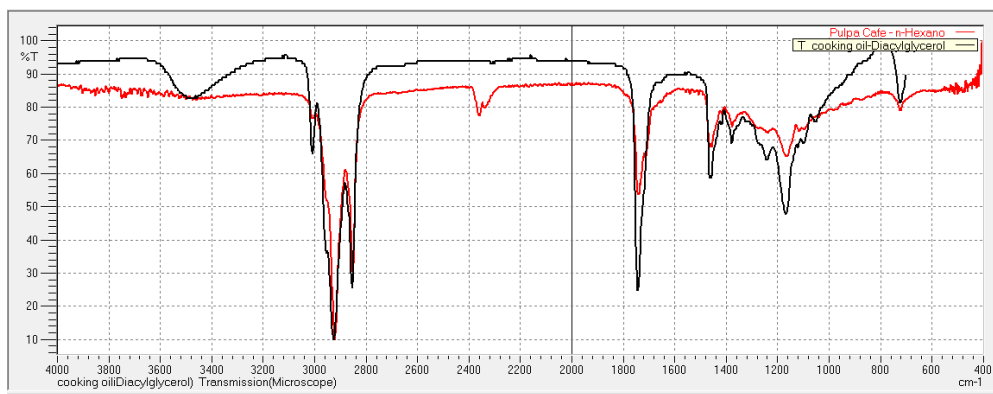


**Fuente:** Laboratorio de química universidad pedagógica nacional.

El equipo de trabajo del laboratorio de la Universidad Pedagógica Nacional realizó una comparación del diagrama espectral obtenido (véase Figura 12) con su base datos previamente almacenados en su sistema. El análisis reveló una alta similitud con el espectro infrarrojo (IR) correspondiente al diacilglicerol (DAG). El diacilglicerol, es un lípido neutro compuesto por una molécula de glicerol unida a dos ácidos grasos mediante enlaces éster; de este modo y teniendo en cuenta la estructura, este compuesto puede tener implicaciones relacionadas con la composición lipídica o la evaluación de la posible actividad biológica.

En concordancia con este hallazgo, la Figura 13 muestra la presencia de bandas espectrales con características muy similares al espectro IR del DAG, lo que sugiere una posible correlación estructural entre ambos compuestos.

**Figura 13** IR muestra de pulpa de café vs IR del diacilglicerol (DAG).



**Fuente:** Laboratorio de química universidad pedagógica nacional

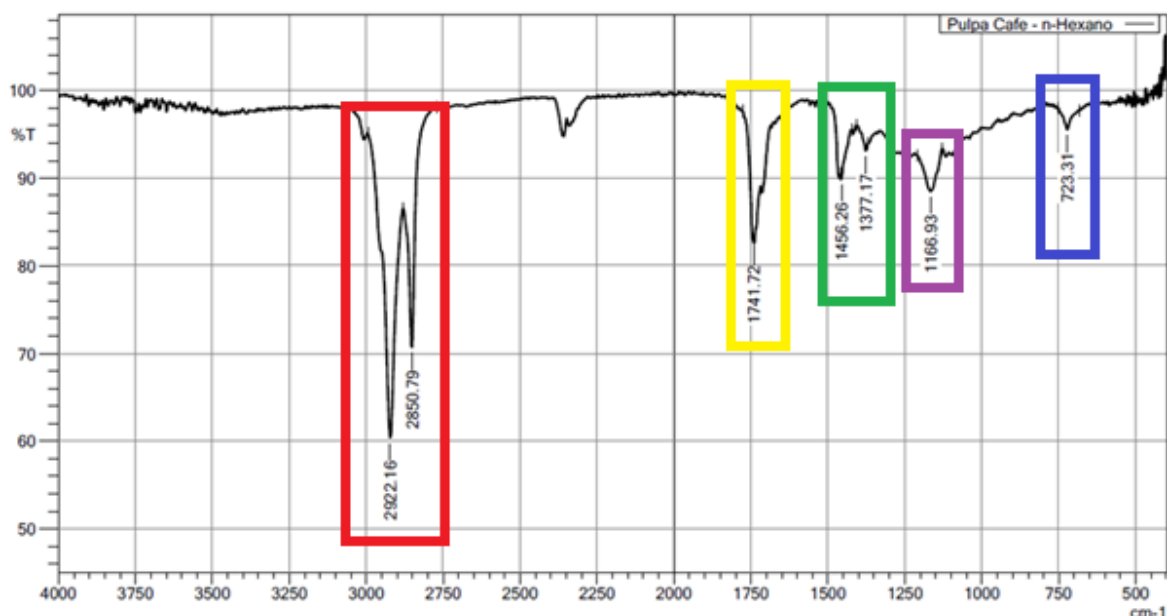
\*La banda de color negro, es la lectura del diacilglicerol (DAG).

\*La banda super puesta de color rojo, es la lectura de la muestra de pulpa de café.

Tras la revisión de diversas fuentes especializadas, entre ellas *Identificación espectrométrica de compuestos orgánicos* (8.<sup>a</sup> ed.) de Robert y Francis (2014) y *Principios de espectroscopía FTIR* de Guillén y Cabo (1997), se procedió a realizar un análisis más preciso y fundamentado de la huella espectral obtenida a partir de la muestra de pulpa de café.

En la Figura 14 se presentan las bandas características identificadas mediante espectroscopía infrarroja (IR), así como los grupos funcionales determinados a partir de dichas señales. Este análisis permitió establecer correlaciones preliminares entre la composición química del extracto y posibles compuestos de interés para estudios posteriores.

**Figura 14** Bandas características de la huella de la pulpa de café.



**Fuente:** Tomada y editada del laboratorio de química universidad pedagógica nacional

- \*Color rojo: Grupos alifáticos.
- \*Color amarillo: Grupos carbonilos.
- \*Color verde: Metilación de CH<sub>2</sub> a CH<sub>3</sub> (alifáticos).
- \*Color morado: Esteres presentes en lípidos.
- \*Color azul : Cadenas de metileno

La Tabla 2, relaciona el color asignado a cada banda espectral y la interpretación de la información obtenida a partir de la huella infrarroja de la pulpa de café. Asimismo, se realizó un análisis comparativo detallada con la Figura 14, en la que se establece la relación entre las señales espectrales de la pulpa de café y las características propias del diacilglicerol (DAG).

**Tabla 2** Comparación de huellas IR pulpa de café vs Diacilglicerol

| Color | Rango | Asignación de la vibración | Muestra (Pulpa de café) | Diacilglicerol | Interpretación |
|-------|-------|----------------------------|-------------------------|----------------|----------------|
|       |       |                            |                         |                |                |

|  |           |                                                                   |           |           |                                       |
|--|-----------|-------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|---------------------------------------|
|  | 2920–2850 | Estiramiento del grupo de grupos alifáticos (-CH <sub>2</sub> -). | Presencia | Presencia | Presencia de cadenas carbonadas.      |
|  | 1741      | Estiramiento del grupo carbonilo (C=O) – éster                    | Presencia | Presencia | Grupos esteres, presentes en lípidos. |
|  | 1450–1375 | Deformaciones de CH <sub>2</sub> a CH <sub>3</sub>                | Presencia | Presencia | Compuestos alifáticos.                |
|  | 1160–1170 | Vibración de esteres                                              | Presencia | Presencia | Vinculación esteres con lípidos.      |
|  | 720–730   | Vibración de (CH <sub>2</sub> ) <sub>n</sub>                      | Presencia | Presencia | Presencia de cadenas de metileno.     |

***Fuente:** Elaboración propia*

De acuerdo a los datos obtenidos por medio de las pruebas cualitativas y la espectroscopía infrarroja (IR), se confirma que el extracto la pulpa de café extraído con n-hexano, contiene estructuras similares a las del diacilglicerol (DAG). El diacilglicerol, es un lípido fundamental para la señalización celular y desarrollo de varios procesos biológicos; entre ellos, función neuronal. Puesto, que hace parte de la membrana celular y puede actuar como mensajero intracelular. Arshiya et. (2018).

El Diacilglicerol (DAG) es un lípido bioactivo que realiza funciones clave para la transducción de señales intracelulares y juega un papel importante como segundo mensajero en la vía de la proteína quinasa C (PKC), la cual regula múltiples procesos neuronales, incluidos la plasticidad sináptica, la memoria y la supervivencia neuronal Kanwal (2022).

En relación con lo anterior, se considera que sí presenta componentes esenciales para el tratamiento de enfermedades neurodegenerativas. Esta afirmación se respalda por medio del comparativo espectral realizado entre la pulpa de café y el diacilglicerol, donde se exhiben bandas características de los lípidos.

## **Fase 2 – Caracterización de la población e identificación de conocimientos previos**

Con el propósito de identificar los conocimientos previos de los estudiantes, se diseñó una prueba diagnóstica junto con un instrumento de caracterización de la población (véase Anexo 3). Esta estrategia permitió recolectar información relevante acerca de las ideas iniciales y percepciones de los estudiantes en relación con conceptos como ADN, mutaciones genéticas y estrés oxidativo.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se estableció el siguiente análisis:

**Momento 1:** Los ítems del 1 al 20, correspondientes a la primera parte de la encuesta, tenía como finalidad la identificación de percepciones generales que tenían los estudiantes con respecto a:

1. La relación entre la sociedad y el tratamiento que las entidades gubernamentales otorgan a las enfermedades neurodegenerativas.
2. El conocimiento de fuentes naturales para el tratamiento de determinadas enfermedades.
3. La vinculación de la ciencia y la tecnología con el desarrollo de tratamientos para enfermedades asociadas por mutaciones o factores genéticos.

En este sentido, este primer momento tuvo como objetivo principal reconocer las percepciones de los estudiantes respecto a la interrelación entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente (CTSA) y su vinculación con las enfermedades neurodegenerativas, estableciendo así un punto de partida para orientar las acciones pedagógicas posteriores y cumplir con los objetivos de la investigación.

La Tabla 3 recoge las valoraciones que los estudiantes debían asignar con base en sus ideas y percepciones frente a una serie de afirmaciones o situaciones planteadas en la Tabla 4. Esta última, también establece la relación entre cada afirmación incluida en la encuesta y, de acuerdo con las respuestas emitidas, se detalla la cantidad de estudiantes que seleccionaron cada opción.

***Tabla 3** Criterios para la valoración.*

| <b>Criterio</b>       | <b>Valoración</b> |
|-----------------------|-------------------|
| Totalmente de acuerdo | 5                 |

|                          |   |
|--------------------------|---|
| De acuerdo               | 4 |
| Indiferente              | 3 |
| En desacuerdo            | 2 |
| Totalmente en desacuerdo | 1 |

***Fuente:** Elaboración propia*

***Tabla 4** Frecuencia de respuesta instrumento prueba de entrada.*

| Caracterización sobre perspectivas (frecuencia de respuestas) |                                                                                                                         | Respuesta de estudiantes |   |   |   |    |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---|---|---|----|
| Ítems                                                         |                                                                                                                         | 5                        | 4 | 3 | 2 | 1  |
| <b>1</b>                                                      | Las plantas tienen componentes curativos que se podrían implementar para el tratamiento de algunas enfermedades.        | 12                       | 7 | 0 | 0 | 1  |
| <b>2</b>                                                      | Las enfermedades neurodegenerativas no tienen relevancia en la ciencia.                                                 | 1                        | 1 | 0 | 1 | 17 |
| <b>3</b>                                                      | Las mutaciones genéticas se pueden desarrollar por factores hereditarios.                                               | 10                       | 6 | 1 | 1 | 1  |
| <b>4</b>                                                      | No es importante aprender sobre la relación de las mutaciones genéticas.                                                | 3                        | 1 | 0 | 2 | 14 |
| <b>5</b>                                                      | La ciencia permite comprender los mecanismo de replicación, codificación y reparación del ADN.                          | 12                       | 6 | 0 | 0 | 2  |
| <b>6</b>                                                      | Las enfermedades neurodegenerativas no son de importancia para el área de la tecnología.                                | 1                        | 1 | 1 | 5 | 12 |
| <b>7</b>                                                      | Las nuevas tecnologías de edición de genes podrían tratar enfermedades neurodegenerativas en el futuro.                 | 10                       | 4 | 4 | 0 | 2  |
| <b>8</b>                                                      | El desarrollo de tecnologías para la edición de genes no es relevante para tratar enfermedades genéticas.               | 3                        | 1 | 0 | 4 | 12 |
| <b>9</b>                                                      | No es importante considera que es las investigaciones sobre el estrés oxidativo, generen un impacto en la salud humana. | 2                        | 1 | 2 | 4 | 11 |
| <b>10</b>                                                     | Las nuevas tecnología, podrían permitir mejorar la comprensión y el tratamiento de las enfermedades neurodegenerativas  | 11                       | 7 | 0 | 0 | 2  |

|    |                                                                                                                                                                                                            |    |   |    |   |   |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|---|----|---|---|
| 11 | Deberían existir políticas públicas que se enfoquen en el bienestar físico, mental y económico para las familias de pacientes que padecen alguna enfermedad neurodegenerativa.                             | 10 | 6 | 2  | 0 | 2 |
| 12 | Las enfermedades neurodegenerativas se deberían considerar como un tipo de discapacidad.                                                                                                                   | 10 | 5 | 3  | 1 | 1 |
| 13 | El acceso a los servicios de salud y la atención médica para las personas con enfermedades neurodegenerativas son deficientes.                                                                             | 7  | 4 | 4  | 3 | 2 |
| 14 | Las personas que presentan enfermedades hereditarias de carácter neurodegenerativo no deberían tener hijos.                                                                                                | 2  | 3 | 4  | 6 | 5 |
| 15 | Es de conocimiento público la relación que existe entre la herencia genética y las enfermedades neurodegenerativas.                                                                                        | 4  | 4 | 6  | 5 | 1 |
| 16 | Existen componentes naturales en alimentos y plantas que podrían usarse en medicamentos para el tratamiento de alguna enfermedad neurodegenerativa.                                                        | 6  | 7 | 4  | 2 | 1 |
| 17 | Los medicamentos usados para el tratamiento de enfermedades neurodegenerativas representan una problemática ambiental.                                                                                     | 2  | 2 | 13 | 2 | 1 |
| 18 | El impacto del medio ambiente puede afectar la salud humana, específicamente en relación con las mutaciones genéticas y las enfermedades neurodegenerativas.                                               | 6  | 7 | 4  | 1 | 2 |
| 19 | El gobierno debería implementar políticas más estrictas para proteger el medio ambiente y prevenir las mutaciones genéticas.                                                                               | 10 | 4 | 4  | 1 | 1 |
| 20 | Los recursos y apoyos gubernamentales y no gubernamentales para la protección del medio ambiente son necesarios para prevenir el desarrollo de enfermedades neurodegenerativas y las mutaciones genéticas. | 9  | 5 | 4  | 0 | 2 |

***Fuente:*** Elaboración propia

En la Tabla 4, los cuadros resaltados con color azul indican la frecuencia con la que los estudiantes asignaron determinada valoración a la afirmación o situación planteada. Esta codificación cromática facilita la interpretación de los datos, al permitir una rápida identificación de las tendencias en las respuestas y el grado de acuerdo o desacuerdo manifestado por los participantes.

**Figura 15** Respuesta encuesta de caracterización y conocimiento previos estudiante X.

|                                                                                                                                                                                | Opción 1                         | Opción 2              | Opción 3                         | Opción 4              | Opción 5                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------|----------------------------------|-----------------------|----------------------------------|
| Las plantas tienen componentes curativos que se podrían implementar para el tratamiento de algunas enfermedades.                                                               | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> |
| Las enfermedades neurodegenerativas no tienen relevancia en la ciencia.                                                                                                        | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>            |
| Las mutaciones genéticas se pueden desarrollar por factores hereditarios.                                                                                                      | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> |
| No es importante aprender sobre la relación de las mutaciones genéticas.                                                                                                       | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>            |
| La ciencia permite comprender los mecanismo de replicación, codificación y reparación del ADN.                                                                                 | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> |
| Las enfermedades neurodegenerativas no son de importancia para el área de la tecnología.                                                                                       | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>            |
| Las nuevas tecnologías de edición de genes podrían tratar enfermedades neurodegenerativas en el futuro.                                                                        | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> |
| El desarrollo de tecnologías para la edición de genes no es relevante para tratar enfermedades genéticas.                                                                      | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>            |
| No es importante considera que es las investigaciones sobre el estrés oxidativo, generen un impacto en la salud humana.                                                        | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>            |
| Las nuevas tecnología, podrían permitir mejorar la comprensión y el tratamiento de las enfermedades                                                                            | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> |
| Deberían existir políticas públicas que se enfoquen en el bienestar físico, mental y económico para las familias de pacientes que padecen alguna enfermedad neurodegenerativa. | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> |
| Las enfermedades neurodegenerativas se deberían considerar como un tipo de discapacidad.                                                                                       | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>            |
| El acceso a los servicios de salud y la atención médica para las personas con enfermedades neurodegenerativas son deficientes.                                                 | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> |
| Las personas que presentan enfermedades hereditarias de carácter neurodegenerativo no deberían tener hijos.                                                                    | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>            |

**Fuente:** Estudiante X

**Momento 2:** Las preguntas correspondientes a esta fase de la prueba diagnóstica estuvieron orientadas a evaluar si los estudiantes poseían conocimientos previos sobre conceptos específicos, así como su capacidad para identificar y clasificar enfermedades de carácter neurodegenerativo. Este apartado permitió no solo determinar el nivel de familiaridad de los

participantes con la terminología y las características de dichas patologías, sino también evidenciar posibles vacíos conceptuales que podrían abordarse en el desarrollo de la secuencia didáctica.

**Pregunta 1:** El estrés oxidativo es:

- a. Es un desequilibrio entre la cantidad de radicales libres y antioxidantes en el cuerpo.
- b. Es el daño celular causado por la presencia de células cancerígenas.
- c. Es un desequilibrio en el proceso metabólico que permite la síntesis de azúcar.

**Respuesta correcta:** A

En la Tabla 5, se presentan los resultados obtenidos de la evaluación sobre el concepto de estrés oxidativo. Se observa que el 100 % de los participantes seleccionaron la opción A, correspondiente a la respuesta correcta. Este resultado evidencia que la totalidad de los estudiantes evaluados posee un conocimiento adecuado acerca del estrés oxidativo, lo cual sugiere que este concepto está bien estructurado dentro de sus saberes previos.

*Tabla 5 Frecuencia de respuestas, pregunta 1 – prueba diagnóstico – el estrés oxidativo es.*

| Respuestas | Frecuencia de respuestas | Porcentaje |
|------------|--------------------------|------------|
| A          | 20                       | 100%       |
| B          | 0                        | 0%         |
| C          | 0                        | 0%         |

*Fuente: Elaboración propia*

**Pregunta 2:** Los radicales libres son:

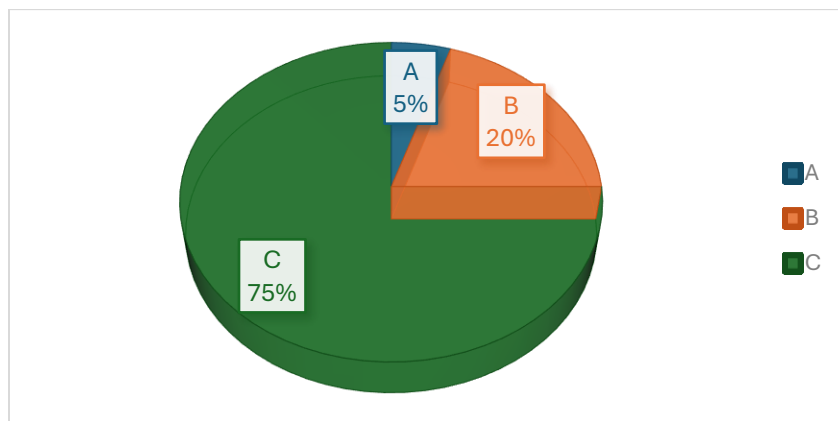
- a. Son compuestos que aumentan el riesgo de padecer enfermedades.
- b. Son moléculas inestables que se forman durante el metabolismo normal de las células.
- c. Es la capacidad que tiene el cuerpo de sintetizar proteínas, carbohidratos y lípidos.

**Respuesta correcta:** C

De acuerdo con las respuestas representadas en la Figura 16, el 75% de los participantes manifestaron poseer conocimientos sobre la función que cumplen los radicales libres (opción C). Este hallazgo indica que una mayoría significativa de la población evaluada tiene una noción clara respecto a este concepto. Sin embargo, el 20 % (opción B) y el 5 % (opción A) evidencian la

existencia de un grupo minoritario que presenta vacíos conceptuales, lo que sugiere la necesidad de reforzar, aclarar o introducir de manera más profunda el tema durante el proceso formativo.

**Figura 16** Frecuencia de respuestas, pregunta 2 – prueba diagnóstico - Los radicales libres son:



**Fuente:** Elaboración propia

\*A corresponde a la frecuencia de estudiantes que seleccionaron la opción A; B corresponde a la frecuencia de estudiantes que seleccionaron la opción B; y C corresponde a la frecuencia de estudiantes que seleccionaron la opción C.

**Pregunta 3:** El ADN es:

- a. Es un compuesto conformado por adenina, guanina, timina y citosina.
- b. Es una molécula que contiene la información genética de los organismos.
- c. Es una proteína que contiene la información genética de los organismos.

**Respuesta correcta:** B

De acuerdo con los datos presentados en la Tabla 6, el 35% de los estudiantes no poseen claridad conceptual acerca de qué es el ADN, tanto en su definición como en su naturaleza. Esta falta de precisión llevó a que seleccionaran opciones incorrectas. En detalle, el 65 % de los participantes eligió la opción B, correspondiente a la respuesta correcta, mientras que el 20 % seleccionó la opción A y el 15 % la opción C, ambas incorrectas.

**Tabla 6** Frecuencia de respuestas, pregunta 3 – prueba diagnóstico – El ADN es:

| Respuestas | Frecuencia de respuestas | Porcentaje |
|------------|--------------------------|------------|
| A          | 4                        | 20%        |

|   |    |     |
|---|----|-----|
| B | 13 | 65% |
| C | 3  | 15% |

*Fuente: Elaboración propia*

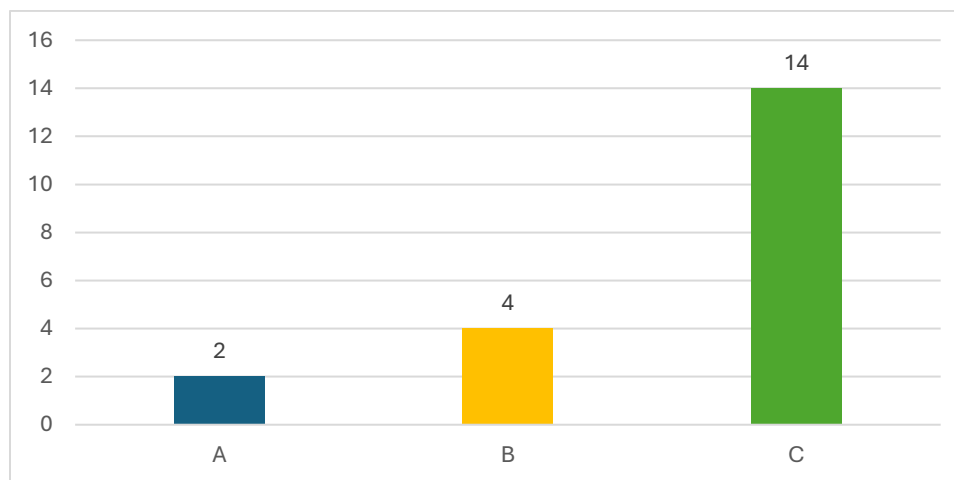
**Pregunta 4:** Las enfermedades neurodegenerativas son:

- a. Lesión en el tejido cerebral que se asocian con factores de riesgo cardiovascular.
- b. Condiciones agudas, severas, prolongadas y raramente se curan por completo.
- c. Trastornos que afectan al sistema nervioso central y provocan la muerte celular

**Respuesta correcta:** C

De acuerdo con la información presentada en la Figura 17, correspondiente a la pregunta 4 de la prueba diagnóstico, se observa que el 70% de los estudiantes identificaron correctamente el concepto y algunas de las afecciones que este tipo de enfermedades puede provocar, seleccionando la opción C. Por otro lado, el 20 % eligió la opción B y el 10 % seleccionó la opción A, ambas incorrectas.

**Figura 17** Frecuencia de respuestas, pregunta 4 – prueba diagnóstico - Las enfermedades neurodegenerativas son.



*Fuente: Elaboración propia*

\*La opción A, es una respuesta incorrecta que refleja una definición errónea del concepto, la opción B, es una respuesta incorrecta que contiene elementos parcialmente relacionados pero imprecisos y la opción C, es la respuesta correcta que define adecuadamente las enfermedades neurodegenerativas e identifica algunas de las afecciones que pueden generar.

Estos resultados indican que, si bien la mayoría del grupo cuenta con concepciones previas acertadas sobre las enfermedades neurodegenerativas, existe un porcentaje minoritario que presenta ideas erróneas, lo que sugiere la necesidad de reforzar los contenidos relacionados con la definición, características y ejemplos de estas patologías. De esta manera, se podría asegurar una comprensión más homogénea dentro del grupo, favoreciendo la construcción de aprendizajes significativos.

**Pregunta 5:** Una mutación se define como:

- a. Es un cambio en la producción de proteínas y enzimas
- b. Es un cambio en el funcionamiento de la mitocondria
- c. Es un cambio en la secuencia de ADN de un organismo

**Respuesta correcta:** C

De acuerdo con la información presentada en la Tabla 7, el 90 % de los estudiantes seleccionaron correctamente la opción C, lo que evidencia que la mayoría posee conocimientos previos acertados sobre el concepto de mutación y su relación directa con cambios en la secuencia de ADN. Sin embargo, un 10 % presentó ideas erróneas, eligiendo opciones A o B, que describen fenómenos biológicos distintos y no constituyen una definición precisa de lo que se pregunta.

**Tabla 7** Frecuencia de respuestas, pregunta 5 – prueba diagnostico – Una mutación se define como:

| Respuestas | Frecuencia de respuestas | Porcentaje |
|------------|--------------------------|------------|
| A          | 1                        | 5%         |
| B          | 1                        | 5%         |
| C          | 18                       | 90%        |

**Fuente:** Elaboración propia

Estos resultados sugieren que, aunque existe una base conceptual sólida en la mayoría de los estudiantes, es pertinente reforzar las diferencias entre alteraciones en la secuencia genética y otros cambios celulares o bioquímicos, con el fin de evitar confusiones conceptuales y promover una comprensión precisa del tema.

**Pregunta 6:** Marque con una X la enfermedad que considere que se puede catalogar como enfermedad neurodegenerativa: (Puede marcar las de una opción)

- a. Demencia frontotemporal
- b. Síndrome de Down
- c. Parkinson
- d. Esclerosis Lateral Amiotrófica (ELA)
- e. Fibrosis quística
- f. Neurofibromatosis
- g. Alzheimer
- h. Anemia
- i. Huntington
- j. Síndrome de Turner

**Respuesta correcta:** Demencia frontotemporal, Parkinson, Esclerosis lateral amiotrófica (ELA), Alzheimer, Huntington.

*Tabla 8 Frecuencia de respuestas, pregunta 6 - Prueba diagnóstica – respuesta por enfermedad.*

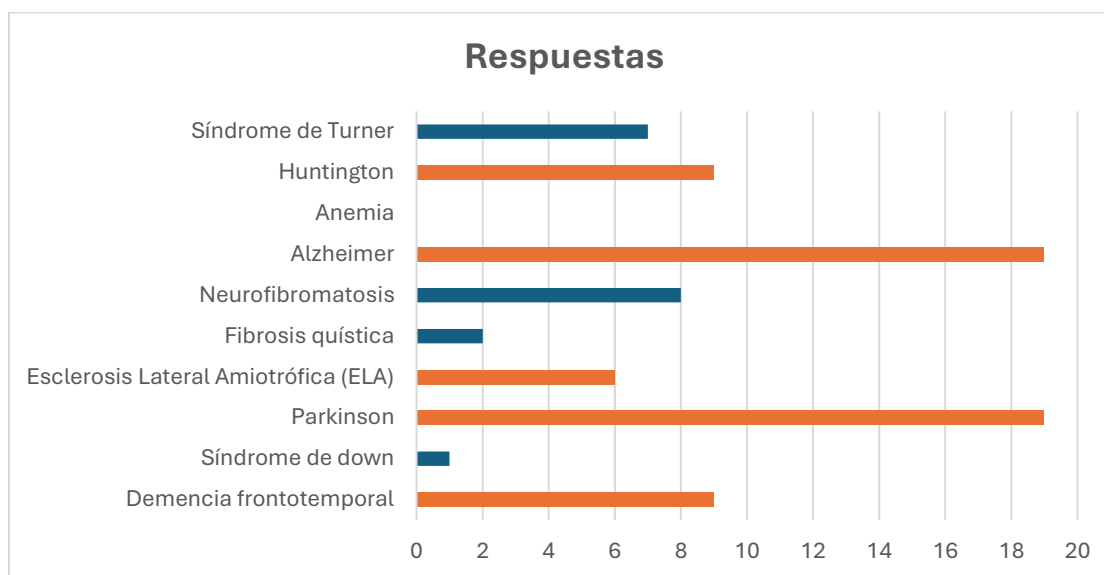
| RESPUESTAS                           | RESPUESTAS | PORCENTAJE |
|--------------------------------------|------------|------------|
| Demencia frontotemporal              | 9          | 45%        |
| Síndrome de Down                     | 1          | 5%         |
| Parkinson                            | 19         | 95%        |
| Esclerosis Lateral Amiotrófica (ELA) | 6          | 30%        |
| Fibrosis quística                    | 2          | 10%        |
| Neurofibromatosis                    | 8          | 40%        |
| Alzheimer                            | 19         | 95%        |
| Anemia                               | 0          | 0%         |
| Huntington                           | 9          | 45%        |
| Síndrome de Turner                   | 7          | 35%        |

*Fuente: Elaboración propia*

De acuerdo con la información presentada en la Tabla 8 y la Figura 18, se observa que una cantidad significativa de estudiantes identifica correctamente algunas enfermedades neurodegenerativas. Entre las más reconocidas dentro de la cotidianidad, se encuentran Alzheimer y Parkinson, ambas con un 95 % de aciertos, seguidas por Huntington y Demencia frontotemporal, con un 45 % cada una.

No obstante, se evidencia confusión en ciertos casos, dado que patologías como Síndrome de Turner, Fibrosis quística y Neurofibromatosis (que no están clasificadas como enfermedades neurodegenerativas) fueron seleccionadas por un número relevante de estudiantes. Esto indica que, si bien existe un conocimiento previo en torno a las enfermedades más comunes, persisten vacíos conceptuales en la diferenciación entre enfermedades genéticas, metabólicas y neurodegenerativas.

**Figura 18** Clasificación de enfermedades neurodegenerativas, pregunta 6 – prueba diagnóstico.



**Fuente:** Elaboración propia

\*Las respuestas de color naranja, representan enfermedades neurodegenerativas correctas, mientras que las de color azul, corresponden a opciones incorrectas.

Este hallazgo refuerza la pertinencia de implementar la secuencia didáctica propuesta, ya que podría fortalecer la comprensión conceptual, favorecer la discriminación entre distintos tipos de enfermedades y, en consecuencia, ampliar el conocimiento de los participantes.

**Pregunta 7:** El ADN se encuentra en:

- a. Los ribosomas
- b. Los cromosomas
- c. Las mitocondrias

**Respuesta correcta:** B

En la Tabla 9 se evidencia que la mayoría de los estudiantes (70 %) logró identificar correctamente cuáles son los orgánulos celulares, reconociendo además que los cromosomas son estructuras esenciales encargadas de contener y organizar la información genética de un organismo. Este resultado refleja un nivel de comprensión adecuado respecto a conceptos fundamentales de biología celular y genética.

Sin embargo, el 30 % restante presentó respuestas incorrectas, lo que podría indicar vacíos en la consolidación de estos conocimientos o posibles confusiones con otras estructuras

subcelulares. Este aspecto sugiere la necesidad de reforzar, dentro de la propuesta didáctica, actividades orientadas a la profundización en el papel de los cromosomas en los procesos de herencia y expresión genética.

**Tabla 9** Frecuencia de respuestas, pregunta 7 – prueba diagnóstico – El AND se encuentra en.

| Respuestas | Frecuencia de respuestas | Porcentaje |
|------------|--------------------------|------------|
| A          | 0                        | 0%         |
| B          | 14                       | 70%        |
| C          | 6                        | 30%        |

*Fuente: Elaboración propia*

**Pregunta 8:** cuáles son los tipos de mutaciones:

- a. Mutación genética, genómica y cromosómica
- b. Mutación cromosómica, genéricas y mitocondrial
- c. Mutación secuencial, somática y germinal

**Respuesta correcta:** A

En la Figura 19 se observa que la opción A concentra la mayor proporción de respuestas (80 %), lo que evidencia que la gran mayoría de los estudiantes logró identificar correctamente el concepto de cuáles son los tipos de mutaciones. Las opciones B y C obtuvieron un 10 % cada una, lo que representa un grupo minoritario con respuestas incorrectas o que refleja confusión en la interpretación del contenido.

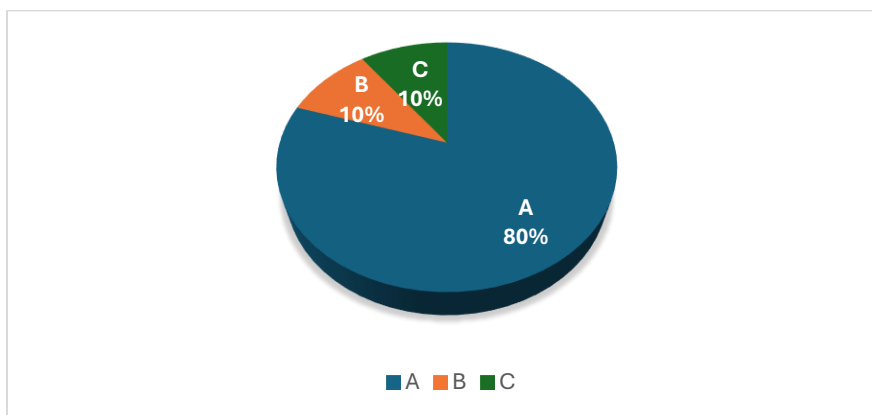
Estos resultados sugieren que, si bien el nivel de acierto es alto, aún persisten pequeños vacíos conceptuales que convendría abordar mediante estrategias pedagógicas que refuercen la comprensión y consoliden la información.

**Tabla 10** Frecuencia de respuestas, pregunta 8 - momento 2

| Respuestas | Frecuencia de respuestas | Porcentaje |
|------------|--------------------------|------------|
| A          | 16                       | 80%        |
| B          | 2                        | 10%        |
| C          | 2                        | 10%        |

*Fuente: Elaboración propia*

**Figura 19** Frecuencia de respuestas, pregunta 8 – prueba diagnóstico - tipos de mutaciones:



**Fuente:** Elaboración propia

\*A corresponde a la frecuencia de estudiantes que seleccionaron la opción A; B corresponde a la frecuencia de estudiantes que seleccionaron la opción B; y C corresponde a la frecuencia de estudiantes que seleccionaron la opción C.

#### **Análisis de la caracterización de la población e identificación de conocimientos previos:**

Para hacer un análisis más detallado de los resultados obtenidos en esta prueba diagnóstico o prueba de entrada, estaba dividida en dos componentes, que representaban momento 1 Actitud y momento 2 Conocimiento.

Dentro del momento 1, se observó que los estudiantes tienen claridad sobre el potencial que tienen las fuentes naturales como medio terapéutico para patologías de orden neurodegenerativas. Tienen perspectivas fuertes respecto a la influencia y necesidad de la tecnología en la ciencia y claramente como esta favorece el tratamiento de enfermedades; y finalmente, demuestran que tienen gran aprobación con la implementación de políticas públicas y/o apoyo institucional tanto para las personas que padecen las enfermedades neurovegetativas, como a los cuidadores y familiares.

Por otro lado, tienen un alto nivel de conciencia ambiental, en donde relacionan la afectación del medio ambiente como precursor de algunas patologías. A comparación con este ítem, los participantes presentan posturas divididas en cuanto cuestiones bioéticas, relacionadas a la herencia-enfermedad, dudas referentes a la enfermedad y/o creencias.

Dentro del momento 2, se analiza preguntas que permite identificar un panorama inicial sobre los conocimientos previos de los estudiantes en torno a conceptos fundamentales de genética, biología celular y enfermedades neurodegenerativas.

De este modo, se concluye que el grupo evaluado posee bases conceptuales importantes, pero no uniforme. Los aciertos se concentran en conceptos ampliamente difundidos y de uso frecuente en el ámbito educativo e incluso dentro de su cotidianidad, mientras que los errores se asocian principalmente a contenidos menos familiares. Esto refuerza la necesidad de implementar la secuencia didáctica, que no solo consolide los conocimientos previos, sino que permita ampliar el conocimiento hacia temas menos conocidos en el contexto de las enfermedades neurodegenerativas.

El cruce de datos cuantitativos y cualitativos obtenidos con este instrumentos, permite observar que los estudiantes con mayor dominio conceptual también muestran actitudes más favorables hacia la investigación, la biotecnología y las políticas públicas para enfrentar las enfermedades neurodegenerativas. Sin embargo, el conocimiento formal no siempre garantiza percepciones fundamentadas en todos los aspectos: por ejemplo, algunos estudiantes que identificaron correctamente conceptos básicos no valoraron como relevante el impacto ambiental de los fármacos, lo que apunta a la necesidad de integrar contenidos de sostenibilidad y salud ambiental en la enseñanza.

### **Fase 3 - Aplicación de la secuencia didáctica**

La secuencia didáctica se encuentra dividida en cuatro momentos, los cuales han sido organizados y planificados de manera estratégica para abordar inicialmente los conceptos generales y, posteriormente, aquellos que presentan mayor complejidad. Esta estructura busca garantizar la progresión lógica y la coherencia en el proceso de enseñanza-aprendizaje, evitando la pérdida de linealidad en el desarrollo de los contenidos.

#### **Momento 1**

Antes de iniciar las intervenciones y comenzar a aplicar la secuencia didáctica, se les compartió a los estudiantes, el link de una plataforma (Mentimeter) en la cual permitió desarrollar en tiempo real, una nube de palabras con los conceptos que ellos consideraban que estaban relacionados con el ADN. (véase Figura 20) .

**Figura 20** Palabras que predominan al hablar de ADN.



**Fuente:** Ideas previas estudiantes de bioquímica 2025 UPN -licenciatura en química

Las palabras que se repitieron con más frecuencia fueron: Cromosomas, bases nitrogenadas, herencia, genes, mutaciones genéticas, material hereditario y proteínas.

La nube de palabras permitió identificar que los estudiantes tenían conocimientos previos bastante sólidos, que permitió que toda secuencia didáctica les resultara familiar y no tuvieran problemas al desarrollarla. Sin embargo, es importante mencionar que nadie relacionó el estrés oxidativo y las enfermedades neurodegenerativas; por ende, se consideró en crear estrategias que permitiera reforzar el concepto y la relación que existe.

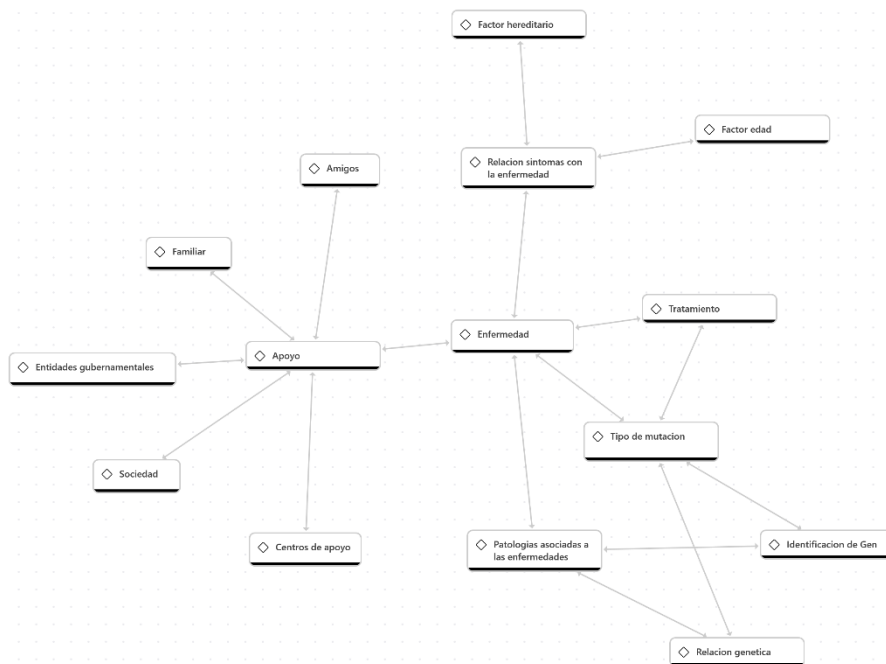
**Guía de estudio de caso, aplicada en el momento numero 1:** Para el desarrollo de esta actividad, los estudiantes debían definir el tipo de mutación de acuerdo al caso que les correspondió, explicar el gen promotor de la enfermedad y dar algunas ideas en las que consideren que se puede apoyar a las personas con enfermedades causadas por mutaciones genéticas y sus familias.

De acuerdo con las respuestas de los estudiantes, la información fue codificada en el software Atlas. Ti, obteniéndose la Figura 21. Esta representación permite identificar los conceptos clave que los participantes vinculan con el reconocimiento y comprensión de enfermedades de origen genético, así como los factores asociados a su desarrollo y manejo.

- 1. Identificación genética:** Los estudiantes lograron reconocer genes precursores de diversas enfermedades, así como la importancia de identificar el tipo de mutación para orientar el diagnóstico y el tratamiento.

2. **Fuentes de apoyo:** Se mencionaron instancias de ayuda que incluyen entidades gubernamentales, organizaciones de índole social, centros especializados, familiares y amigos, destacando la relevancia de un acompañamiento integral.
3. **Factores asociados:** Se estableció la relación de variables como el factor hereditario y la edad con la aparición y el desarrollo de enfermedades, así como el impacto que pueden tener en su evolución.

**Figura 21** Ocurrencia de respuestas en estudios de caso.



**Fuente:** Estudiantes de bioquímica 2025 UPN -licenciatura en química

*\*Realizado desde el software Atlas. Ti*

En relación con los resultados obtenidos con la prueba diagnóstico y los arrojados por esta primera actividad (estudio de caso), se identifica que los estudiantes logran diferenciar adecuadamente elementos celulares, reconocer la función de los cromosomas y comprender que estos contienen la información genética esencial. Estos resultados concuerdan con la presencia, en el diagrama, de nodos relacionados con la identificación del gen y la relación genética como puntos centrales para el entendimiento de la enfermedad.

### Momento 3 - Actividad 1

Para el desarrollo de esta actividad, los estudiantes visualizaron un documental emitido por el programa *séptimo día* del canal caracol, el cual se grabó en el municipio Juan de Acosta, en el departamento del Atlántico Colombiano. Este documental ofrecía una perspectiva amplia sobre la enfermedad de Huntington, abordando no solo el impacto físico y neurológico que esta patología genera en quienes la padecen, sino también el papel fundamental de las familias cuidadoras, las implicaciones emocionales y sociales para los portadores del gen, así como los testimonios en primera persona de pacientes que viven o padecen esta condición.

Con el propósito de analizar las percepciones y aprendizajes de los estudiantes, se usó el software de análisis cualitativo Atlas. Ti. En una primera fase, se elaboró una nube de palabras (véase Figura 22) a partir de las respuestas de todos los participantes. Esta representación permitió identificar, de manera preliminar, los términos y conceptos más recurrentes como “enfermedad”, “paciente”, “familia”, “gen” y “Huntington”, entre otras. La frecuencia de aparición de estas palabras evidencia la relevancia que los estudiantes otorgaron a aspectos tanto médicos como familiares y sociales de la enfermedad.

**Figura 22** Actividad 1 – momento 3 – Recurrencia de palabras clave.



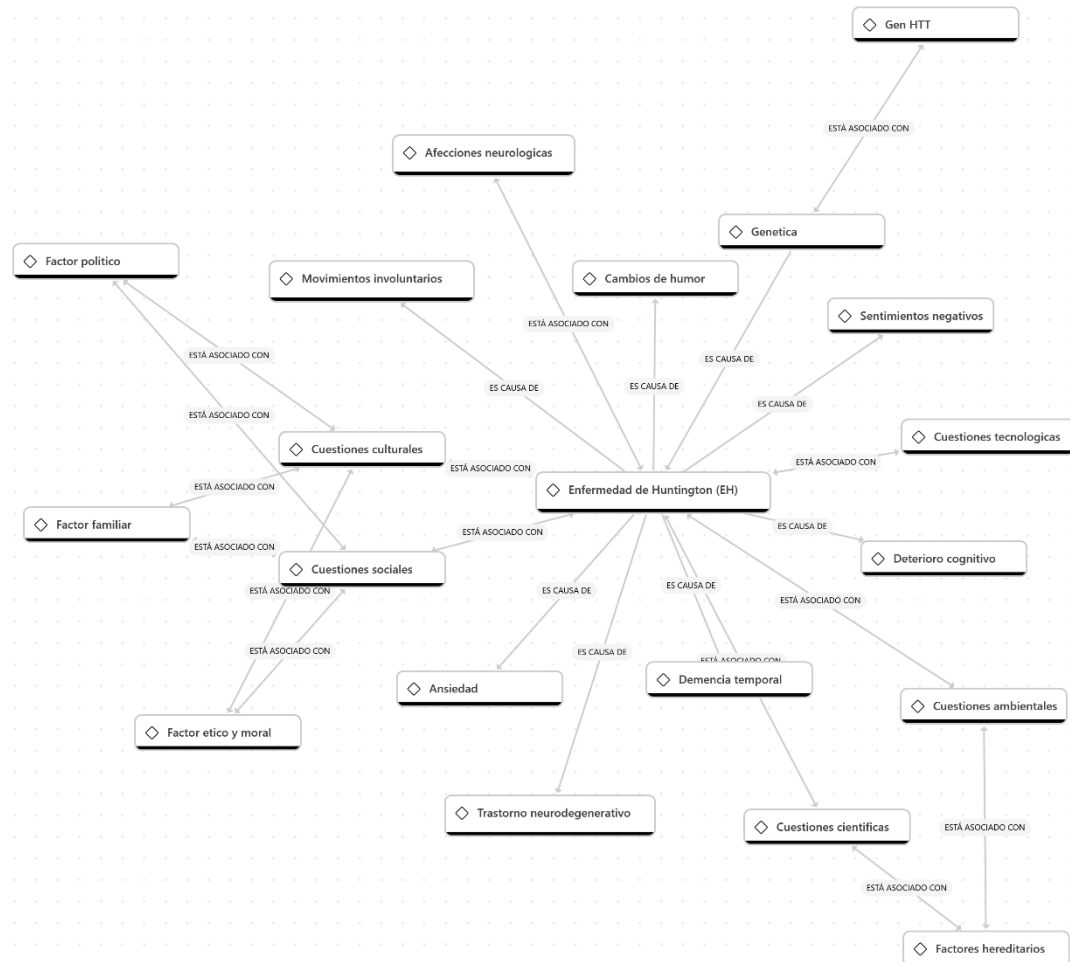
**Fuente:** Elaboración propia

*\*Análisis realizado por medio de Atlas. Ti*

Posteriormente, en una segunda fase, se construyó un mapa conceptual (véase Figura 23) que integró y organizó los conceptos más significativos descritos por los estudiantes al responder las preguntas de la actividad propuesta para el momento 3 de la secuencia didáctica (véase Anexo

5). Este esquema permitió visualizar las relaciones entre los diferentes ejes temáticos, tales como los factores genéticos, el deterioro cognitivo, los cambios emocionales, las cuestiones sociales y culturales, y los retos éticos y morales que enfrentan los pacientes y sus familias. Asimismo, se evidenció la asociación entre la enfermedad y otros elementos como las problemáticas de índole política y tecnológica.

**Figura 23** Concurrencia de palabras en el escrito.



**Fuente:** Elaboración propia

*\*Análisis realizado por medio de Atlas. Ti*

La comparación entre la nube de palabras y el mapa conceptual revela una evolución significativa en la comprensión de los estudiantes sobre la enfermedad de Huntington.

De acuerdo con lo analizado en la nube de palabras (Figura 22), refleja que los estudiantes identificaron principalmente los elementos más visibles y evidentes del documental: la condición médica, los actores involucrados y la causa genética. Mientras que en el mapa conceptual (Figura 23) se evidencia que los conceptos ya no aparecen de forma aislada, sino que se organizan en una estructura relacional que permite comprender la complejidad del tema. Además, de incorporar categorías más abstractas como cuestiones éticas y morales, lo que indica una reflexión más profunda como lo son las implicaciones de la enfermedad en el ámbito comunitario y ético.

En síntesis, la secuencia metodológica de visualización del documental, elaboración de respuestas y análisis con herramientas digitales, favoreció una progresión desde un reconocimiento básico de términos relevantes hacia la comprensión más interconectada y multidimensional del fenómeno, integrando dimensiones biológicas, emocionales, sociales y éticas.

#### **Momento 4 - Actividad 1**

Para la actividad uno, los estudiantes se organizaron en ocho grupos de trabajo, a cada uno se le asignó una pareja de moléculas para el desarrollo de la tarea. Las moléculas fueron distribuidas en pares, conformados por un alcaloide y una antraquinona. La Tabla 11 presenta la organización de los grupos junto con las moléculas asignadas para la realización de la actividad.

Esta actividad, consistió en utilizar herramientas bioinformáticas como PubChem que les permitiera visualizar como al juntar las parejas de moléculas asignadas, reaccionaban con la proteína gama secretasa. De este modo, identificar si la interacción de estas moléculas representan algún beneficio para el ser humano.

**Tabla 11** Distribución de grupos y parejas de alcaloides y antraquinonas.

| <b>Alcaloides</b> | <b>Antraquinonas</b>        | <b>Grupo</b> |
|-------------------|-----------------------------|--------------|
| Quinina           | Alizarina                   | 1            |
| Cocaína           | Quina                       | 2            |
| Cafeína           | Barbaloína                  | 3            |
| Morfina           | Isobarbaloína               | 4            |
| Nicotina          | Tectoquinona                | 5            |
| Ricino            | Amarillo de antrapirimidina | 6            |

|              |            |   |
|--------------|------------|---|
| Escopolamina | Crisofanol | 7 |
| Arecolina    | Senósidos  | 8 |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

Posteriormente, mediante la técnica docking molecular, los estudiantes tuvieron como objetivo analizar el comportamiento de las moléculas asignadas, enfocándose en realizar cambios significativos que pudieran mejorar su interacción, como por ejemplo la optimización del gasto energético mínimo.

Como evidencia de esta actividad, los estudiantes elaboraron una infografía en la que expusieron las interacciones moleculares observadas, los cambios estructurales efectuados y cómo dichos cambios podrían influir en el desarrollo de tratamientos para enfermedades neurodegenerativas.

Se revisaron todas las infografías elaboradas; sin embargo, en este documento se presentan únicamente aquellas que demostraron mayor pertinencia y proximidad con los objetivos establecidos en la actividad número 1 del momento 4.

A continuación, se incluyen dichas infografías junto con un breve resumen que refleja lo expresado por los estudiantes. Este análisis fue posible gracias al uso de la herramienta analítica Atlas. Ti, la cual facilitó el examen detallado de cada imagen contenida en las infografías.

Por otro lado, en los anexos, se presenta la rúbrica de evaluación utilizada para esta actividad, donde se especifican los criterios considerados en el proceso evaluativo. Asimismo, dicha tabla recopila la puntuación obtenida por los ocho grupos participantes.

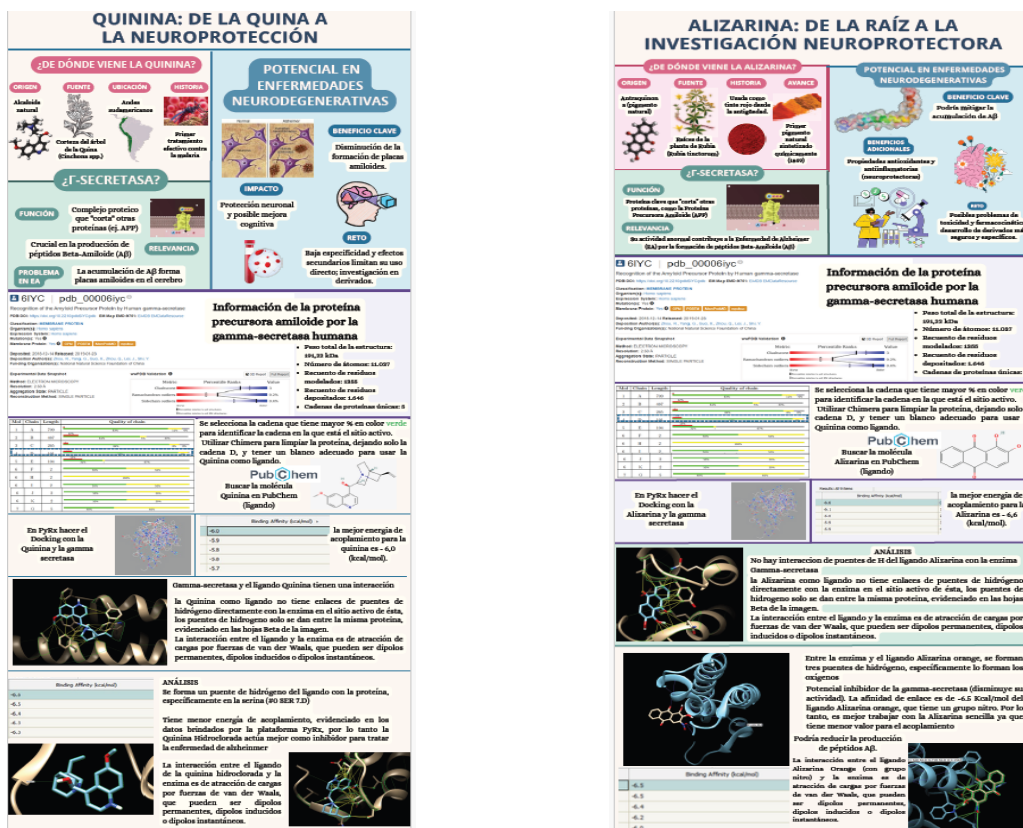
## **INFOGRAFÍA GRUPO 1**

### **Análisis del contenido de a infografía:**

Los estudiantes lograron cumplir con los objetivos propuestos para esta actividad, identificar si el alcaloide y la antraquinona, podían interactuar con la proteína gamma-secretasa, e identificar sus efectos en beneficiosos para el tratamiento de enfermedades neurodegenerativas. Concluyeron, que la quinina facilita la producción de péptidos Beta-Amiloide (A $\beta$ ), los cuales representan un potencial beneficioso en enfermedades neurodegenerativas. Mientras que la

Alizarina, a pesar de tener un potencial como inhibidor de gamma-secretasa podría generar problemas de toxicidad y farmacocinética.

Figura 24 Infografía



Fuente: Grupo 1 – estudiantes de bioquímica de la UPN.

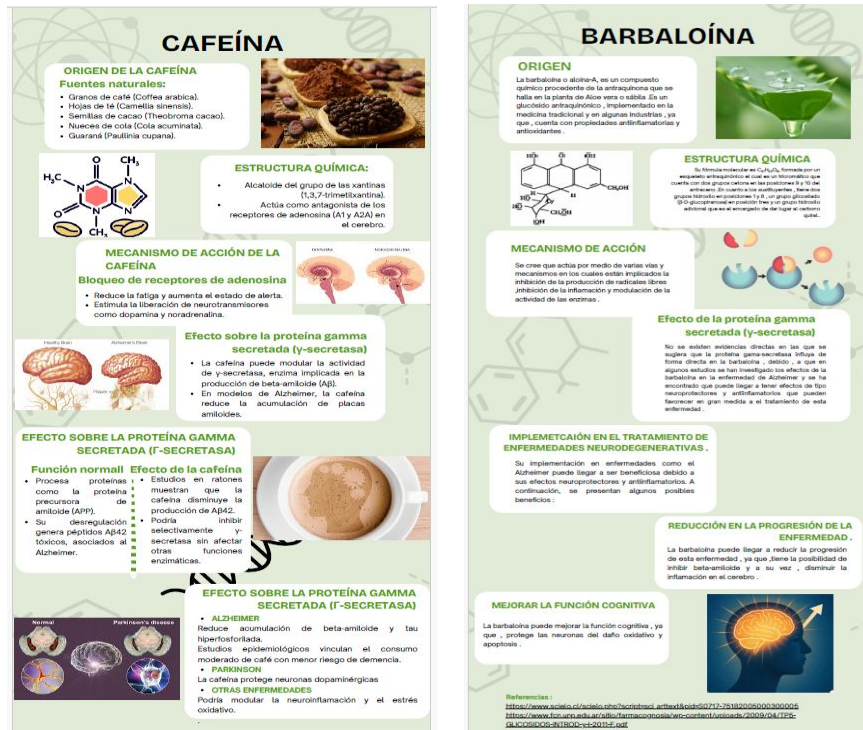
## INFOGRAFÍA GRUPO 3

### Análisis del contenido de la infografía:

El documento describe como la cafeína y la Barbaloína, presentan gran potencial como inhibidores para el tratamiento de enfermedades neurodegenerativas por su capacidad para reducir la inflamación y el estrés oxidativo. Puesto que, por ejemplo la cafeína actúa como modulador para la activación de la  $\gamma$ -secretasa, una enzima asociada con la producción de beta-amiloide, mientras que la Barbaloína, tiene propiedades antioxidantes y antiinflamatorias.

De este modo, ambas moléculas son potenciales para el tratamiento de enfermedades neurodegenerativas.

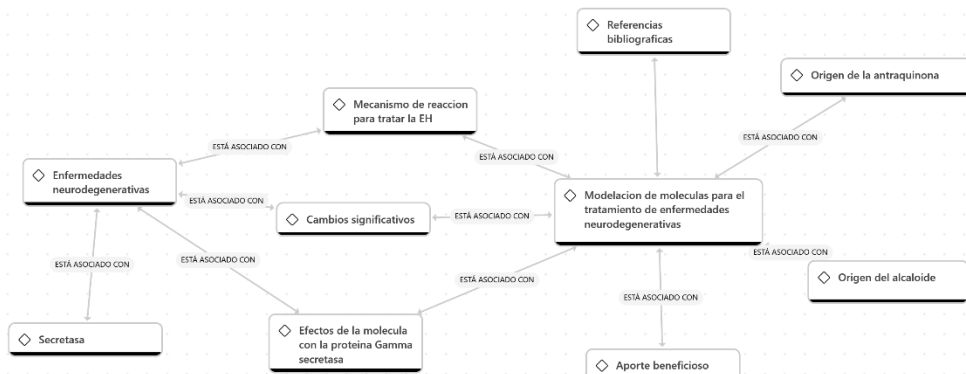
Figura 25 Infografía



Fuente: Grupo 3 – estudiantes de bioquímica de la UPN.

Tras el análisis general de la información observada y revisada en las infografías, se procedió a elaborar un mapeo conceptual mediante el software de análisis cualitativo Atlas. Ti, lo que permitió identificar las relaciones esenciales establecidas por los estudiantes (Figura 26).

Figura 26 Ocurrencia de respuestas - Infografías



Fuente: Elaboración propia

\*Realizado desde el software Atlas. Ti

En este diagrama se evidencian conceptos claves empleados durante la construcción de las infografías, tales como el origen de la molécula y su interacción con proteínas específicas, considerando sus propiedades químicas y su potencial aplicación en el tratamiento de enfermedades neurodegenerativas. También se registraron nociones relacionadas con el mecanismo de acción, los efectos sobre la proteína gamma-secretasa, así como la identificación de aportes beneficiosos y cambios significativos derivados de dichos procesos.

Asimismo, se evaluó la capacidad de los estudiantes para seleccionar y emplear información proveniente de fuentes académicas confiables, tales como revistas científicas y repositorios especializados. No obstante, se evidenció que solo uno de los grupos realizó un uso adecuado de las normas de citación y referencia.

### **Momento 3 Actividad 2**

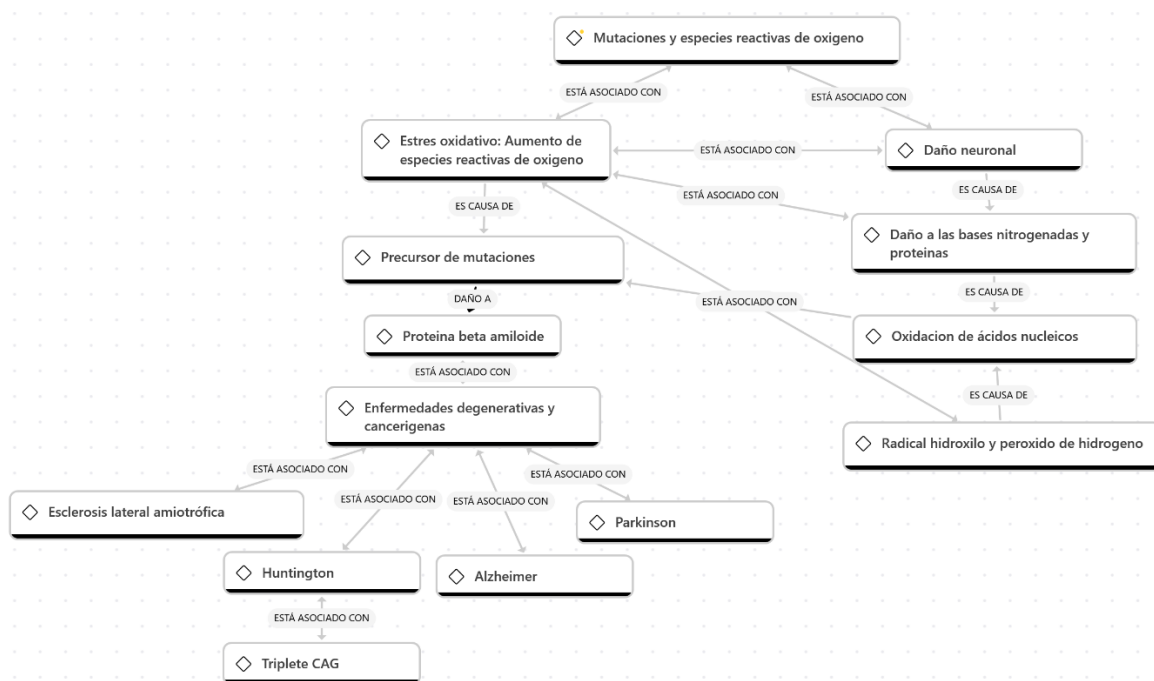
La actividad número 2, consistió en que los estudiantes respondieran una serie de preguntas basadas en dos lecturas “guía” y en información complementaria obtenida de fuentes confiables, tales como revistas indexadas, trabajos de grado y sitios especializados en divulgación científica. A partir de sus respuestas, en grupos de trabajo, realizaron una serie de videos a modo de presentación.

Las preguntas estaban orientadas a determinar los siguientes aspectos:

- ¿Cómo el estrés oxidativo afecta la replicación del ADN?
- ¿Cómo el estrés oxidativo es precursor de mutaciones genéticas?
- ¿Por qué el estrés oxidativo está relacionado con enfermedades neurodegenerativas?

Para el análisis de estas respuestas, se recopilaron todas las producciones de los participantes y se procesaron mediante la herramienta de análisis cualitativo Atlas. Ti. A partir de esta, se generó la Figura 27, en la cual, de acuerdo con los códigos más recurrentes identificados en las respuestas, se construyó una red organizada en forma de mapa conceptual que relaciona los conceptos clave detectados.

**Figura 27** Ocurrencia de respuestas.



**Fuente:** Elaboración propia

*\*Realizado desde el software Atlas. Ti*

En cuanto al análisis de la presentación en formato video elaborada por cada grupo, se aplicó la rúbrica evaluativa descrita en el Anexo 5, diseñada específicamente para esta actividad. Esto permitió constatar que los estudiantes cumplieron con los objetivos propuestos, demostrando comprensión de la relación existente entre el estrés oxidativo, las mutaciones y las enfermedades neurodegenerativas.

Finalmente, al integrar los resultados obtenidos en la guía estudio de caso, la actividad 1 del momento 3 y las dos actividades del momento 4, permitió constatar que la mayoría de los estudiantes alcanzó los objetivos de aprendizaje propuestos. En sus producciones, evidenciaron una comprensión sólida sobre las conexiones entre el estrés oxidativo, las mutaciones y el desarrollo de enfermedades neurodegenerativas, logrando integrar la información de manera crítica y estructurada. Además, de construir conocimientos sólidos frente a los conceptos trabajados.

#### **Fase 4 – Evaluación**

La prueba inicial tuvo como objetivo identificar el nivel de conocimientos y conceptos previos que los estudiantes poseían en relación con los temas centrales de la secuencia, particularmente sobre el estrés oxidativo, las mutaciones y su relación con las enfermedades neurodegenerativas. Esta evaluación permitió establecer una línea base para identificar vacíos conceptuales y fortalezas tanto individuales como grupales.

Ya para la evaluación final, se diseñó un formulario por medio de Microsoft Forms que permitió a los estudiantes adjuntar archivos y responder a preguntas abiertas y cerradas, garantizando la recolección de información tanto cuantitativa como cualitativa. Los resultados fueron procesados mediante gráficos estadísticos y diagramas, lo que facilitó un análisis más profundo y visual de la evolución de los aprendizajes.

El contraste entre ambas pruebas se realizó de la siguiente manera:

- **Comparación cuantitativa:** Se analizó el porcentaje de respuestas correctas en cada ítem de la prueba inicial y la final, identificando la variación en el dominio de los conceptos como estrés oxidativo, mutaciones genéticas y enfermedades neurodegenerativas.
- **Comparación cualitativa:** Se examinó la calidad y precisión de las respuestas abiertas, observando el uso de terminología científica y la capacidad para establecer relaciones entre los conceptos abordados.
- **Evolución conceptual:** Se revisaron ejemplos de respuestas individuales que evidenciaron un progreso notable, destacando casos en los que inicialmente se presentaban errores conceptuales o explicaciones incompletas, pero que en la prueba final muestran mayor profundidad, coherencia y fundamentación científica.

Este enfoque permitió no solo identificar el avance en el dominio conceptual, sino también evaluar la capacidad de los estudiantes para aplicar los conocimientos adquiridos de forma integrada y argumentada.

A continuación se realiza un análisis detallado de la prueba de salida:

#### **Prueba de salida**

La prueba de salida se está dividida en tres partes.

La primera consiste en una única pregunta, en la cual los estudiantes deben acceder a un enlace, resolver la actividad propuesta y enviar las evidencias mediante capturas de pantalla de la solución en formato PDF.

La segunda parte está compuesta por tres preguntas de selección múltiple con única respuesta, enfocadas a aspectos específicos de la enfermedad de Huntington, tales como el gen particular que promueve la enfermedad, los síntomas característicos que presentan y la relación del estrés oxidativo con esta patología.

Por último, la tercera parte incluye dos preguntas abiertas, cuyo objetivo es que los estudiantes demuestren, a través de un discurso estructurado y con el uso de terminología científica, su comprensión sobre la relación entre el estrés oxidativo y la enfermedad de Huntington. Asimismo, se solicita que describan aspectos relacionados con el impacto que esta patología tiene en las familias cuidadoras de las personas que la padecen.

### **Primera parte**

#### **Pregunta 1:**

Realice las actividades propuestas en el siguiente link y suba los pantallazos correspondientes donde se evidencie su calificación.

Link: [https://www.topworksheets.com/es/ciencias-naturaleza/biologia/adn-y-mutaciones-biologia-682bf5526e40e?no\\_redir=true](https://www.topworksheets.com/es/ciencias-naturaleza/biologia/adn-y-mutaciones-biologia-682bf5526e40e?no_redir=true)

#### **Respuesta:**

### IDENTIFICANDO EL ADN

1. Señale las partes del ADN de acuerdo con lo aprendido.

**ORIGEN**

3'

Codón

Adenina

Timina

Grupo fosfato-desoxirribosa

Citosina

Anticodón

Guanina

5'

### Mutaciones

De acuerdo con las descripciones de la parte inferior, arrastre la respuesta correcta, donde se identifican las principales diferencias entre las mutaciones genéticas y mutaciones cromosómicas.

| Item                            | Mutaciones genéticas                                | Mutaciones cromosómicas                   |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| <b>Nivel de alteración</b>      | Ocurren en un gen en específico.                    | Ocurre en un cromosoma o en varios los    |
| <b>Organización</b>             | Contiene una secuencia específica de ADN.           | Contiene ADN y genes.                     |
| <b>Función celular</b>          | Codifican proteínas o características hereditarias. | Almacena y organiza el material genético. |
| <b>Consecuencias frecuentes</b> | Mas comunes.                                        | Menos comunes.                            |

Ocurren en un gen en específico.

Contiene una secuencia específica de ADN.

Mas comunes.

Contiene ADN y genes.

Almacena y organiza el material genético.

Menos comunes.

Ocurre en un cromosoma o en varios los cromosomas (afectan a varios genes).

Codifican proteínas o características hereditarias.

*Fuente: Estudiante 14 – bioquímica 2025-1 UPN*

## Resultado estudiante 14

### IDENTIFICANDO EL ADN

1. Señale las partes del ADN de acuerdo con lo aprendido.

**ORIGEN**

3'

Codón

Adenina

Timina

Grupo fosfato-desoxirribosa

Citosina

Anticodón

Guanina

5'

### Mutaciones

De acuerdo con las descripciones de la parte inferior, arrastre la respuesta correcta, donde se identifican las principales diferencias entre las mutaciones genéticas y mutaciones cromosómicas.

| Item                            | Mutaciones genéticas                                | Mutaciones cromosómicas                                                     |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| <b>Nivel de alteración</b>      | Ocurren en un gen en específico.                    | Ocurre en un cromosoma o en varios los cromosomas (afectan a varios genes). |
| <b>Organización</b>             | Contiene una secuencia específica de ADN.           | Contiene ADN y genes.                                                       |
| <b>Función celular</b>          | Codifican proteínas o características hereditarias. | Almacena y organiza el material genético.                                   |
| <b>Consecuencias frecuentes</b> | Mas comunes.                                        | Menos comunes.                                                              |

Ocurren en un gen en específico.

Contiene una secuencia específica de ADN.

Mas comunes.

Contiene ADN y genes.

Almacena y organiza el material genético.

Menos comunes.

Ocurre en un cromosoma o en varios los cromosomas (afectan a varios genes).

Codifican proteínas o características hereditarias.

*Fuente: Estudiante 14 – bioquímica 2025-1 UPN*

## Análisis respuestas

El análisis de los resultados muestra que más del 90 % de los estudiantes identificaron correctamente las partes que conforman el ADN, lo que refleja un alto nivel de asimilación de los contenidos trabajados durante las intervenciones pedagógicas. Este desempeño, evidencia una comprensión sólida de la estructura molecular del ADN, permitiéndoles reconocer con precisión la ubicación y función de componentes como las bases nitrogenadas (adenina, timina, citosina y guanina), el grupo fosfato-desoxirribosa, así como los extremos 3' y 5'.

El alto porcentaje de aciertos sugiere que las estrategias de enseñanza y aprendizaje empleadas fueron efectivas para facilitar la construcción y retención de conceptos. Además, el dominio demostrado indica que los estudiantes no solo memorizaron las partes, sino que comprendieron su organización y papel dentro de la doble hélice, así como la importancia de mantener la secuencia de bases nitrogenadas sin alteraciones o mutaciones para garantizar el funcionamiento correcto del material genético.

Este resultado, representa un indicador positivo de aprendizaje significativo, ya que los estudiantes lograron integrar la información teórica.

Se determinó que los estudiantes identifican correctamente las diferencias entre los principales tipos de mutación: génicas y cromosómicas. Aunque ambos tipos implican alteraciones genéticas, comprendieron que las enfermedades asociadas son distintas, por ende, también son los tratamientos requeridos. De este modo, se puede concluir que hay una apropiación conceptual sobre el impacto biológico y clínico de cada mutación.

### **Segunda parte**

**Pregunta 2:** ¿Qué relación existe entre las mutaciones genéticas que causan la enfermedad de Huntington y el papel del estrés oxidativo en la desarrollo de esta enfermedad?

- A. Las mutaciones en el gen HTT reducen el estrés oxidativo, ralentizando la degeneración neuronal.
- B. Las mutaciones en el gen HTT no tienen relación con el estrés oxidativo en la enfermedad de Huntington.
- C. El aumento de estrés oxidativo mejora la función neuronal en la enfermedad de Huntington.
- D. Las mutaciones en el gen HTT causan una disminución de radicales libres, favoreciendo así la salud cerebral.
- E. Las mutaciones en el gen HTT aumentan el estrés oxidativo, acelerando la degeneración neuronal.

**Respuesta correcta:** E

En la Tabla 12 se observa que la opción E concentra la mayor proporción de respuestas (85 %), lo que evidencia que la mayoría de los estudiantes logró establecer correctamente la relación entre las mutaciones en el gen *HTT*, el aumento del estrés oxidativo y la aceleración de la degeneración neuronal. Las opciones A y D obtuvieron en conjunto, un 15 % de las respuestas, lo que representa un grupo minoritario con respuestas incorrectas o que refleja confusión en la interpretación del contenido. Las opciones B y C no registraron selección, indicando que no hubo confusión significativa con afirmaciones sin fundamento en la evidencia científica.

*Tabla 12 Frecuencia de respuestas, pregunta 1 - momento 2 - prueba de salida*

| Respuestas | Frecuencia de respuestas | Porcentaje |
|------------|--------------------------|------------|
|------------|--------------------------|------------|

|   |    |     |
|---|----|-----|
| A | 1  | 5%  |
| B | 0  | 0%  |
| C | 0  | 0%  |
| D | 2  | 10% |
| E | 17 | 85% |

*Fuente: Elaboración propia*

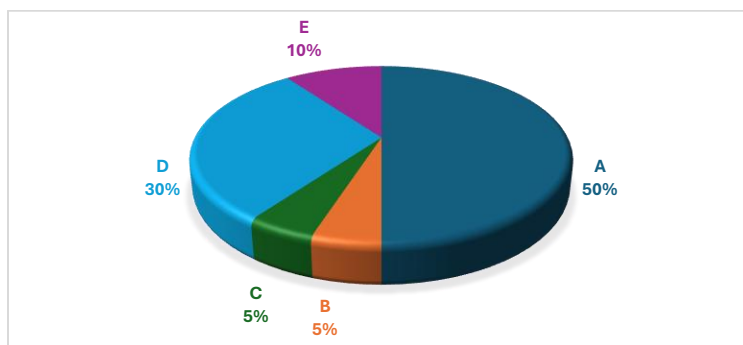
**Pregunta 3:** ¿Cuáles de los siguientes síntomas, son característicos de la enfermedad de Huntington? (puede marcar varias opciones).

- A. Trastornos motrices, mentales, cognitivos, cambios de humor y mayor deseo sexual.
- B. Trastornos mentales, dolor en las articulaciones y cambios de humor.
- C. Mayor deseo sexual, trastornos motrices, dificultad para hablar y dolor de cabeza.
- D. Trastornos mentales, espasmos, pérdida del apetito y la memoria.
- E. Cambios de humor, sudoración excesiva, trastornos motrices y pérdida de peso.

**Respuesta correcta:** A

De acuerdo con la información de la Figura 28, el 50% de los estudiantes selecciono la respuesta correcta, identificando de manera precisa el conjunto de síntomas característicos de la enfermedad de Huntington (EH). Si bien algunos de los síntomas incluidos en las demás opciones también pueden presentarse en otras patologías, la opción A agrupa la totalidad de signos clínicos más representativos, lo que la convierte en la alternativa más acertada.

*Figura 28 Frecuencia de respuestas, pregunta 2 – prueba de salida.*



*Fuente: Elaboración propia*

Este resultado sugiere que la mitad de los estudiantes logró consolidar y/o reforzar su conocimiento sobre la sintomatología propia de las enfermedades neurodegenerativas, distinguiendo con exactitud aquellos que son más específicos de la EH. Sin embargo, el 50 % restante optó por respuestas incorrectas, lo que indica que identificaron síntomas más generales de

las enfermedades neurodegenerativas, pero no lograron asociarlos de manera precisa de esta patología.

En consecuencia, se plantea que estos estudiantes podrían presentar dificultades de comprensión lectora o una débil asociación conceptual entre los síntomas estudiados y la enfermedad específica.

**Pregunta 4:** ¿Cómo se relacionan las mutaciones genéticas con el desarrollo de la enfermedad de Huntington ?

- A. La enfermedad de Huntington es causada por factores ambientales y no por mutaciones genéticas.
- B. Las mutaciones en el gen HTT provocan un aumento en la codificación de la proteína huntingtina, que se acumula en las neuronas, provocando su daño y muerte.
- C. Las mutaciones en el gen HTT no tienen relación con el estrés oxidativo ni afectan al cerebro.
- D. Las mutaciones en el gen THH llevan a una producción normal de neurotransmisores, protegiendo las neuronas de daño.
- E. Las mutaciones en el gen HTT generan una disminución en la codificación de la proteína huntingtina, que se acumula en las neuronas, provocando apoptosis.

**Respuesta correcta:** B

Según la información de la Tabla 13, el 100 % de los estudiantes seleccionó la respuesta correcta, reconociendo que la enfermedad de Huntington es consecuencia directa de una mutación del gen *HTT* que produce una sobre producción de la proteína huntingtina, la cual se acumula en las neuronas, desencadenando su deterioro y muerte.

*Tabla 13 Frecuencia de respuestas, pregunta 3 - momento 2 - prueba de salida*

| Respuestas | Frecuencia de respuestas | Porcentaje |
|------------|--------------------------|------------|
| A          | 0                        | 0%         |
| B          | 20                       | 100%       |
| C          | 0                        | 0%         |
| D          | 0                        | 0%         |
| E          | 0                        | 0%         |

**Fuente:** *Elaboración propia*

Este resultado evidencia una comprensión sólida y generalizada del mecanismo genético de la enfermedad, así como de su implicación en el daño neuronal. Además, la cantidad de las respuestas correctas sugiere que la intervención pedagógica permitió no solo identificar el gen afectado, sino también integrar el conocimiento sobre el proceso fisiopatológico asociado.

### Parte #3

Para el análisis de las preguntas abiertas (1 y 2) que contenía la prueba, inicialmente se identificaron cuatro factores claves en cada una, que resume las ideas de todos los participantes. También se anexan algunos ejemplos de las respuestas obtenidas.

**Pregunta 1:** ¿Describe cuál es el papel del estrés oxidativo en la enfermedad de Huntington?

**Análisis de las respuestas respuesta:** De acuerdo a las respuestas obtenidas por los estudiantes, se clasificaron los cuatro factores que destacaron.

- 1. Producción de radicales libres:** El estrés oxidativo provoca un aumento en la producción de radicales libres, lo que genera desequilibrios que afectan negativamente los sistemas neurológicos, contribuyendo a enfermedades neurodegenerativas.
- 2. Desequilibrio ROS:** Hay un desequilibrio entre la producción de especies reactivas de oxígeno (como los radicales libres) y la capacidad del cerebro para neutralizarlas mediante sistemas antioxidantes. Este exceso de radicales libres daña componentes celulares vitales, como proteínas, lípidos y ADN, lo que a su vez causa disfunción mitocondrial, inflamación y muerte neuronal, características de la EH.
- 3. Acumulación de sustancias dañinas:** En la enfermedad de Huntington, las neuronas del cerebro sufren un deterioro progresivo a causa de la acumulación de radicales libres. Aunque el cuerpo tiene mecanismos para eliminarlos, en las personas con esta enfermedad, estos mecanismos se ven comprometidos. Esto lleva a un deterioro acelerado de las células nerviosas.
- 4. Factores ambientales y hábitos de vida:** La exposición a diversos factores ambientales, junto con hábitos y enfermedades, contribuye al desequilibrio entre la producción de radicales libres y la disminución de antioxidantes. Este desequilibrio aumenta la inflamación en las redes neuronales, lo que empeora los síntomas característicos en los pacientes con Huntington.

#### *Figura 29 Actividad evaluativa #2 – Estudiante 1 - pregunta 5*

5. ¿Describe cuál es el papel del estrés oxidativo en la enfermedad de Huntington? \*

Genera un desequilibrio entre la producción de especies reactivas de oxígeno (radicales libres) y la capacidad de los sistemas antioxidantes del cerebro para neutralizarlas. Este exceso de radicales libres causa daño a componentes celulares vitales como proteínas, lípidos y ADN, contribuyendo a la disfunción mitocondrial, la inflamación y la muerte neuronal característica de la enfermedad

**Fuente:** Estudiante 1

**Figura 30** Actividad evaluativa #2 – Estudiante 2 - pregunta 5

5. ¿Describe cuál es el papel del estrés oxidativo en la enfermedad de Huntington? \*

La liberación de radicales libres, ayuda a el aumento de la proteína HTT con mutación lo cual ayuda a desarrollar la enfermedad.

**Fuente:** Estudiante 2

**Pregunta 2:** Describa como las familias cuidadoras de quienes padecen la enfermedad de Huntington se ven afectadas:

- 1. Impacto psicológico:** Los cuidadores sufren emocionalmente al ver el deterioro de su ser querido, experimentando sentimientos de desesperanza y pena ante la progresión de la enfermedad. La incertidumbre sobre el futuro y la posibilidad de desarrollar la enfermedad ellos mismos provoca una carga emocional considerable y estrés constante.
- 2. Carga económica y sacrificios personales:** El cuidado de un familiar enfermo a menudo implica costos elevados y, en muchos casos, obliga a los cuidadores a sacrificar sus propias vidas, ya sea dejando trabajos remunerados o reduciendo su tiempo en actividades personales.
- 3. Estrés físico y emocional:** Cuidar a una persona con la enfermedad de Huntington es agotador, tanto física como emocionalmente. Los cuidadores deben lidiar con cambios de humor, movimientos involuntarios y comportamientos impredecibles, lo que genera estrés y fatiga.
- 4. Percepción de la enfermedad:** La enfermedad suele ser vista como una maldición, especialmente debido a su naturaleza hereditaria y los altos riesgos de transmitirla a futuras generaciones. La carga de cuidar a alguien que no puede satisfacer sus necesidades básicas sin ayuda, combinada con la falta de soporte gubernamental y financiero, hace que la situación sea aún más desgarradora. Las familias deben además someterse a capacitaciones y terapias para manejar el proceso, lo que puede ser un desafío adicional en un contexto de recursos limitados.

En conjunto, estos factores crean un entorno de considerable tensión y dificultades para las familias cuidadoras, que luchan día a día con el impacto de la enfermedad de Huntington en sus vidas.

**Figura 31** Actividad evaluativa #2 – Estudiante 1 - pregunta 6

6. Describa como las familias cuidadoras de quienes padecen la enfermedad de Huntington se ven afectadas \*

Se ven afectadas económicamente, emocionalmente y psicológicamente, esas tres especialmente, ya que moralmente no podrían abandonar a sus familiares que parecen de la enfermedad sino están con la responsabilidad de cuidarlos y atenderlos wn todo ya que no se pueden bandera solos. Entonces, pueden incluso dejar o sacrificar aspectos de su propia vida para atender a la de su familiar enfermo

**Fuente:** Estudiante 1

**Figura 32** Actividad evaluativa #2 – Estudiante 2 - pregunta 6

6. Describa como las familias cuidadoras de quienes padecen la enfermedad de Huntington se ven afectadas \*

Se ven afectadas por el cuidado que se le requiere al paciente, y el desgaste excesivo que este representa.

**Fuente:** Estudiante 2

Teniendo en cuenta los resultados previamente mencionados, se empleó el software analítico atlas ti, el cual permitió realizar un análisis cualitativo más detallado de las respuestas brindadas por los estudiantes.

La Figura 33 representa una nube de palabras creada generada a partir del análisis cualitativo de las respuestas brindadas por los estudiantes, mediante el uso del software. Esta visualización permite identificar los conceptos más recurrentes y significativos que emergieron en las intervenciones pedagógicas sobre las mutaciones genéticas y la enfermedad de Huntington.

Entre los términos más destacados se encuentran “Huntington”, “estrés”, “radical”, “mutación”, “cerebro”, “proteína”, “inflamación” y “disfunción”, lo que evidencia una apropiación conceptual adecuada de los contenidos científicos abordados. Estos términos reflejan una comprensión de los mecanismos celulares implicados en enfermedades neurodegenerativas.

Un aspecto especialmente relevante es la aparición de términos como “familiar”, “vida” y “atenderlos”, lo que indica que los estudiantes no solo comprendieron la dimensión biológica de la enfermedad, sino que también integraron una perspectiva social y humana, reconociendo la importancia del entorno familiar y del acompañamiento psicosocial en el abordaje de estas patologías.

Este tipo de análisis demuestra que la propuesta didáctica no solo promovió el desarrollo de conocimientos científicos, sino también una visión crítica y contextualizada del papel de la ciencia en la sociedad, en línea con el enfoque CTSA (Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente).

**Figura 33** Palabras con mayor recurrencia en preguntas abiertas.

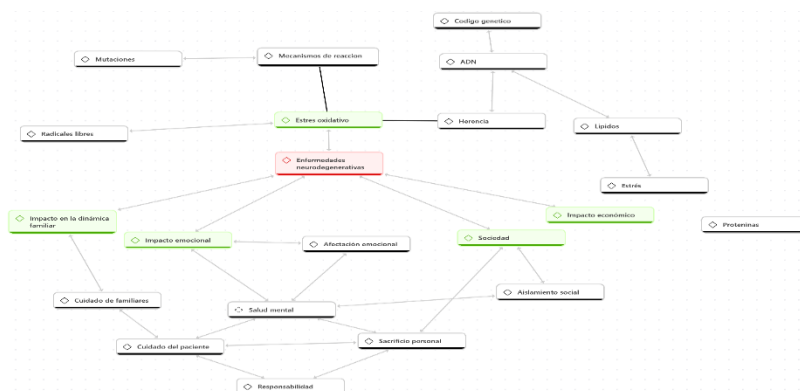


**Fuente:** Elaboración propia

\*Análisis realizado por medio de Atlas. Ti

Por otro lado, se elaboró la Figura 34 a partir del análisis de las respuestas de los estudiantes. Esta herramienta permitió decodificar y organizar la información más relevante, expresada por los estudiantes, identificando las conexiones conceptuales que se abordaron en los distintos componentes abordados de la secuencia didáctica.

**Figura 34** Ocurrencia de respuestas, preguntas abiertas - Prueba final.



**Fuente:** Elaboración propia

\*Análisis realizado por medio de Atlas. Ti

Este diagrama, demuestra el enfoque interdisciplinar de las respuestas, las cuales están alineadas con el enfoque de la secuencia didáctica, el enfoque CTSA (ciencia, tecnología y sociedad). Pues se integra la biología molecular, salud pública, ética del cuidado y factores emocionales. Asimismo, refleja que las estrategias pedagógicas implementadas favorecieron una comprensión holística de la problemática, permitiendo a los estudiantes relacionar conceptos científicos con situaciones reales y contextos cercanos.

### **Análisis prueba de entrada vs prueba de salida**

El análisis comparativo de los resultados obtenidos en la prueba de entrada y en la prueba de salida evidencia un cambio significativo en el nivel de comprensión y apropiación de conceptos relacionados con la enfermedad de Huntington, sus bases genéticas, la influencia del estrés oxidativo y la identificación de síntomas característicos. En la prueba diagnóstica, se observaron respuestas dispersas, con porcentajes bajos de aciertos en preguntas de consideración clave, lo que reflejaba vacíos conceptuales y dificultades para relacionar información biomédica con un contexto más amplio.

Por ejemplo, varios estudiantes no lograban vincular la mutación en el gen *HTT* con el proceso neurodegenerativo ni identificar de forma precisa el papel del estrés oxidativo en el desarrollo de la patología. Asimismo, la confusión en la selección de síntomas y factores implicados indicaba que, al inicio, predominaban ideas fragmentadas o incompletas.

En contraste, los resultados de la prueba de salida muestran una mejora significativa, con incrementos notables en el porcentaje de respuestas correctas, llegando en algunos casos al 100 % de aciertos. Esto revela que los estudiantes no solo asimilaron los conceptos trabajados, sino que lograron integrarlos en una visión coherente de la enfermedad, reconociendo la interacción entre mutaciones genéticas, procesos fisiopatológicos y manifestaciones clínicas.

El avance observado, se atribuye a la implementación de la secuencia didáctica basada en el enfoque CTSA (Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente). Dicho enfoque permitió articular el conocimiento científico con problemáticas socio ambientales, lo que favoreció la contextualización de los contenidos y su aplicación en situaciones cercanas a la realidad de los estudiantes. A través de actividades interactivas, análisis de casos reales y el uso de recursos digitales, se promovió la comprensión de la enfermedad de Huntington no solo desde la perspectiva biomédica, sino también considerando su impacto en las familias, la calidad de vida y la sociedad.

De este modo, el enfoque CTSA actuó como un hilo conductor de la investigación, asegurando que cada actividad y contenido estuviera orientado hacia un aprendizaje significativo y contextualizado. La secuencia didáctica permitió construir el conocimiento de manera progresiva, relacionando teoría, práctica, y fomentando la reflexión crítica.

A continuación, se presenta un análisis más detallado de ambas pruebas. Es importante señalar que, si bien la primera y la segunda evaluación abordan conceptos similares, difieren en el nivel de complejidad y en la profundidad con la que se exploran los contenidos.

| <b>Análisis de preguntas (prueba de entrada)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <b>Análisis de preguntas (prueba de salida)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Pregunta 4:</b> Las enfermedades neurodegenerativas son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Lesión en el tejido cerebral que se asocian con factores de riesgo cardiovascular.</li> <li>b. Condiciones agudas, severas, prolongadas y raramente se curan por completo.</li> <li>c. Trastornos que afectan al sistema nervioso central y provocan la muerte celular.</li> </ul> | <p><b>Pregunta 2:</b> ¿Qué relación existe entre las mutaciones genéticas que causan la enfermedad de Huntington y el papel del estrés oxidativo en la desarrollo de esta enfermedad?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Las mutaciones en el gen HTT reducen el estrés oxidativo, ralentizando la degeneración neuronal.</li> <li>b. Las mutaciones en el gen HTT no tienen relación con el estrés oxidativo en la enfermedad de Huntington.</li> <li>c. El aumento de estrés oxidativo mejora la función neuronal en la enfermedad de Huntington.</li> <li>d. Las mutaciones en el gen HTT causan una disminución de radicales libres, favoreciendo así la salud cerebral.</li> <li>e. Las mutaciones en el gen HTT aumentan el estrés oxidativo, acelerando la degeneración neuronal.</li> </ul> |
| <p><b>Pregunta 8:</b> cuales son los tipos de mutaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Mutación genética, genómica y cromosómica.</li> <li>b. Mutación cromosómica, genéricas y mitocondrial.</li> <li>c. Mutación secuencial, somática y germinal.</li> </ul>                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

En la prueba de entrada, las preguntas (ejemplo 4 y 8), fueron diseñadas para indagar sobre los conocimientos previos de los estudiantes en relación con conceptos básicos de genética, mutaciones y enfermedades neurodegenerativas, específicamente la enfermedad de Huntington. Los resultados evidenciaron que, si bien algunos estudiantes poseían nociones

generales sobre el ADN y las mutaciones, existían vacíos significativos en la comprensión de la relación entre estos conceptos y los mecanismos patológicos de la enfermedad.

En la prueba de salida, las preguntas presentaron un mayor nivel de complejidad, integrando no solo el reconocimiento de conceptos básicos, sino también la capacidad de relacionarlos, analizarlos e interpretarlos dentro del contexto de la enfermedad de Huntington. Los resultados reflejaron un avance significativo: en varias preguntas, más del 85 % de los estudiantes respondieron correctamente, y en otras, la totalidad de los participantes identificó la respuesta adecuada. Este incremento en el porcentaje de aciertos evidencia una apropiación conceptual más sólida y una mejor capacidad para aplicar los conocimientos adquiridos.

### Ejemplo de aprendizaje significativo

**Figura 35** Ejemplo de respuestas a prueba caracterización de la población y conocimientos previos vs respuestas prueba final estudiante #5

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Incorrecto</b></p> <p><b>6</b></p> <p>Las enfermedades neurodegenerativas son: *</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Lesión en el tejido cerebral que se asocian con factores de riesgo cardiovascular.</li> <li><input checked="" type="radio"/> Condiciones agudas, severas, prolongadas y raramente se curan por completo.</li> <li><input type="radio"/> Trastornos que afectan al sistema nervioso central y provocan la muerte celular.</li> </ul> | <p><b>Incorrecto</b></p> <p><b>10</b></p> <p>Cuáles son los tipos de mutaciones: *</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Mutación genética, genómica y cromosómica ✓</li> <li><input checked="" type="radio"/> Mutación cromosómica, genéticas y mitocondrial</li> <li><input type="radio"/> Mutación secuencial, somática y germinal</li> </ul> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**Fuente:** Estudiante numero 5

**Figura 36** Ejemplo de respuestas a prueba final - estudiante #5

**Correcto 10/10 Puntos**

2. ¿Qué relación existe entre las mutaciones genéticas que causan la enfermedad de Huntington y el papel del estrés oxidativo en la desarrollo de esta enfermedad? \*

- ☐ Las mutaciones en el gen HTT reducen el estrés oxidativo, ralentizando la degeneración neuronal.
- ☐ Las mutaciones en el gen HTT no tienen relación con el estrés oxidativo en la enfermedad de Huntington.
- ☐ El aumento de estrés oxidativo mejora la función neuronal en la enfermedad de Huntington.
- ☐ Las mutaciones en el gen HTT causan una disminución de radicales libres, favoreciendo así la salud cerebral.
- ☒ Las mutaciones en el gen HTT aumentan el estrés oxidativo, acelerando la degeneración neuronal. ✓

**Fuente:** Estudiante numero 5

En las Figuras 35 y 36 se observa un ejemplo de aprendizaje significativo en el estudiante #5, que en la prueba inicial mostró dificultades para responder de forma precisa, en la evaluación final logró articular diferentes términos y conceptos para elaborar una respuesta correcta.

En la prueba de entrada, la mayoría de los estudiantes abordaba las enfermedades neurodegenerativas de forma general, limitándose a mencionar tipos de mutaciones sin profundizar en sus implicaciones. En cambio, en la prueba de salida demostraron haber integrado nuevos conocimientos, explicando con precisión cómo las mutaciones en el gen HTT generan una producción irregular de la proteína huntingtina, la cual se acumula en las neuronas, provocando su daño y muerte celular.

Este cambio evidencia que la secuencia didáctica aplicada no solo permitió a los estudiantes reforzar conocimientos previos, sino también construir relaciones conceptuales más complejas, favoreciendo un aprendizaje contextualizado y aplicable a problemas reales.

**Figura 37** Ejemplo de respuestas a prueba caracterización de la población y conocimientos previos - estudiante #9

|                                                                                                                  | Opción 1                         | Opción 2              | Opción 3              | Opción 4                         | Opción 5                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Las plantas tienen componentes curativos que se podrían implementar para el tratamiento de algunas enfermedades. | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>            | <input checked="" type="radio"/> |
| Las enfermedades neurodegenerativas no tienen relevancia en la ciencia.                                          | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/>            |
| Las mutaciones genéticas se pueden desarrollar por factores hereditarios.                                        | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/>            |
| No es importante aprender sobre la relación de las mutaciones genéticas.                                         | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/>            |
| La ciencia permite comprender los mecanismo de replicación, codificación y reparación del ADN.                   | <input type="radio"/>            | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> | <input type="radio"/>            |

**Fuente:** Estudiante numero 5

**Figura 38** Ejemplo de respuestas a prueba final estudiante #9

5. ¿Describa cuál es el papel del estrés oxidativo en la enfermedad de Huntington? \*

El estrés oxidativo originado por el aumento de los radicales libres como las ROS y RNS causan reacciones en cadena dentro del organismo específicamente sobre las membranas celulares dañando a las mismas, este daño puede llegar a afectar el ADN, lípidos, proteínas y demás moléculas de importancia biológica alta en el organismo, de esta manera el organismo no cuenta con una defensa fiable ante la toxicidad de la Huntingtina mutada causada por mutaciones genéticas hereditarias, de igual manera la forma en la que el estrés oxidativo altera la función mitocondrial y la señalización celular unido a los factores descritos anteriormente contribuyen a la degeneración neuronal como la del Huntington

**Fuente:** Estudiante numero 5

El contraste entre los resultados de la prueba de entrada y la prueba de salida se evidencia que, tras la implementación de la secuencia didáctica basada en el enfoque CTSA, se generó un cambio positivo en la actitud de los estudiantes hacia el valor de la ciencia y el estudio de las enfermedades neurodegenerativas.

Asimismo, se observa una comprensión más sólida sobre el papel que desempeñan las mutaciones genéticas en el desarrollo de enfermedades hereditarias, especialmente en lo referente a la enfermedad de Huntington. Este avance no solo implica la adquisición de nuevos

conocimientos, sino también el desarrollo de la capacidad para analizarlos e interpretarlos desde una perspectiva crítica.

El enfoque CTSA permitió que el aprendizaje estuviera vinculado a contextos reales, integrando aspectos científicos, tecnológicos, sociales y ambientales. De esta manera, los estudiantes pudieron articular la comprensión de los mecanismos genéticos con problemáticas de impacto social, considerando además las implicaciones éticas y las cuestiones sociocientíficas relacionadas con el diagnóstico, tratamiento y prevención de este tipo de enfermedades. Por otro lado, esta estrategia favoreció la motivación, el interés y la conexión del aprendizaje con la vida cotidiana, lo que se refleja en la mejora de los resultados obtenidos.

En consecuencia, la secuencia didáctica no solo fortaleció el aprendizaje conceptual, sino que también promovió una visión más integral, reflexiva y contextualizada del conocimiento científico frente a cuestiones socio científicas y socio ambientales.

## 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La implementación de una secuencia didáctica bajo el enfoque CTSA, centrada en la enfermedad de Huntington, se consolidó como una estrategia pedagógica efectiva para promover el aprendizaje significativo de conceptos complejos, como las mutaciones genéticas, el estrés oxidativo y su papel en el desarrollo de enfermedades neurodegenerativas. Al situar el aprendizaje en un contexto real, favoreció que los estudiantes establecieran conexiones directas entre la ciencia y problemáticas sociales, familiares e incluso ambientales, formando una visión más integral y crítica del conocimiento científico.

Por otro lado, el enfoque CTSA permitió que los conceptos teóricos se vincularan con la dimensión social —al abordar el impacto que estas enfermedades tienen en las familias, los sistemas de salud y las decisiones éticas relacionadas con la investigación y el tratamiento— y con la dimensión ambiental, al incluir discusiones sobre el uso responsable de recursos biotecnológicos y el aprovechamiento de compuestos bioactivos provenientes de residuos agroindustriales. Esto enriqueció la comprensión de la ciencia como un fenómeno interdisciplinario, con implicaciones que trascienden del aula convencional al laboratorio.

En cuanto a los objetivos propuestos, se cumplió con cada uno de ellos: se identificaron los conocimientos previos de los estudiantes, se diseñó e implementó una propuesta pedagógica fundamentada en el enfoque CTSA y se evaluó su impacto en la apropiación conceptual y en la capacidad para relacionar ciencia, tecnología, sociedad y medioambiente. El análisis cualitativo evidenció un cambio notable, en el cual los estudiantes pasaron de manejar definiciones fragmentadas y poco contextualizadas a elaborar explicaciones integradas que incluyeron aspectos biológicos, éticos, sociales y ambientales. Este avance se reflejó tanto en la precisión de sus respuestas como en la calidad de los productos académicos elaborados (conceptos, infografías y análisis escritos y producción oral de presentaciones).

La secuencia didáctica, además de fortalecer el conocimiento disciplinar, impulsó el pensamiento crítico, la capacidad de análisis y la reflexión sobre el papel de la ciencia en la solución de problemas reales, cumpliendo así con el propósito central del enfoque CTSA. No obstante, se considera que el orden, enfoque y presentación que se le dio a la secuencia didáctica, influyeron en gran medida a obtener resultados positivos, existen otros medios (como la enseñanza

clásica), que podría generar buenos resultados, pero no asegurar que los conocimientos se mantuvieran a largo plazo, ya que la motivación e interés, son otros factores importantes que influyeron en el desarrollo y ejecución de este trabajo.

Citando referentes como el trabajo elaborado por Mora (2023), se evidencia que el uso de herramientas bioinformáticas, cuando se emplean como estrategias pedagógicas para la enseñanza y el aprendizaje de conceptos de bioquímica, favorece una comprensión integral del conocimiento. Estas herramientas no solo permiten que los estudiantes asimilen los contenidos teóricos, sino que también facilitan la vinculación de dichos conceptos con situaciones reales y cotidianas, como el diagnóstico, la comprensión y el abordaje de enfermedades.

Se recomienda a futuras investigaciones profundizar en el análisis fitoquímico de la pulpa de café, en donde puedan caracterizar con mayor precisión compuestos bioactivos con potencial terapéutico para las enfermedades neurodegenerativas. Asimismo, emplear otros métodos de análisis como la cromatografía y espectroscopia considerando la similitud que tuvo el extracto con la espectro (IR) del diacilglicerol (DAG), para proceder a realizar una síntesis parcial de los compuestos identificados.

Finalmente, se sugiere emplear el enfoque CTSA en contextos escolares donde se aborden temáticas de bioquímica, para promover el aprendizaje significativo, favorecer el pensamiento crítico, reflexivo y la formación científica en torno al aprovechamiento de residuos agroindustriales, con alto valor agregado en otras industrias

## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, Barrera, Breijo, & Bonilla. (2018). El proceso de enseñanza-aprendizaje de los Estudios Lingüísticos: su impacto en la motivación hacia el estudio de la lengua. *MENDIVE - Revista de educación*, 611 - 616.
- Aikenhead, G. (2005). Educación ciencia-tecnología-sociedad (CTS): una buena idea como quiera que se llame.
- Alarcón, A., Maycotte, P., Cortés, P., & Königsberg, N. L. (2018). Dinámica mitocondrial en las enfermedades neurodegenerativas. *Universidad Autónoma Metropolitana*.
- Alvarez, Y., Arroyave, D., & García, A. (2021). Relaciones ciencia-tecnología-sociedad en la educación científica colombiana: una revisión del estado de la cuestión (2017-2021). *Revista ciencia, ingeniería y educación científica - Udistrital*, 353 - 367. Obtenido de <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/revcie/article/view/18231>
- Ariza, & Torres & Blanco, L. L. (2016). El enfoque CTSA: una alternativa para mejorar los niveles de alfabetización científica y tecnológica desde el estudio de aerogeles de carbono. *Revista tecné, episteme y didaxis: TED*.
- Arshiya, S., Tarique, M., Farogh, A., & Arun, K. &. (05 de 2018). *ScienceDirect* . Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352939318300010>
- Berg, J., Tymoczko, J., & Stryer, L. (2008). *Bioquímica*. Barcelona, Bogotá, Buenos aires, Caracas & Mexico: Reverté.
- Berumen*. (s.f.). Obtenido de [https://berumen.com.mx/que-es-la-metodologia-de-la-investigacion/?utm\\_](https://berumen.com.mx/que-es-la-metodologia-de-la-investigacion/?utm_)
- Bravo, P., & Santos, K. (2017). Propuesta para el diseño de una guía didáctica en la disciplina Bioquímica. *Dialnet* , 49 - 55.
- Buitrago, A. (2016 ). *Repositorio de la universidad nacional de colombia* . Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/56666/79703411-2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Buitrago, I. (2013). Elaboración y aplicación de una unidad didáctica para el aprendizaje del concepto función basado en la solución de problemas para los estudiantes de segundo semestre . *Repositorio universidad nacional de colombia*.
- Caicedo, L. (2023). Potencialidades didácticas del uso de herramientas bioinformáticas en el fortalecimiento de competencias tecnológicas con enfoque investigativo. *Repositorio universidad pedagogica nacional de colombia* .
- Calderón, K. (2020). Secuencia didáctica con enfoque CTS para favorecer el aprendizaje de la química a través de la chamba con estudiantes de educación rural. *Repositorio universidad pedagogica nacional*.
- Camacho, S. (08 de 2018). Estudio documental de secuencia didáctica contextualizada mediante la cartografía conceptual. *Revista electronica, desafios educativos - REDECI*. Obtenido de [https://revista.ciinsev.com/assets/pdf/revistas/REVISTA4/6.pdf?utm\\_](https://revista.ciinsev.com/assets/pdf/revistas/REVISTA4/6.pdf?utm_)
- Campos, M. (20 de 04 de 2007). Soxhlet, del inventor al método . *Saber mas*. Obtenido de <https://www.sabermas.umich.mx/archivo/articulos/244-numero-29/450-soxhlet-del-inventor-al-metodo.html>
- Carbajal, C. N. (2018). Una nueva forma de aprender bioquímica: metodología. *Elsevier* , 40-44.
- Carmona, B. (2017 ). Secuencias didácticas como estrategia de aprendizaje colectivo para fortalecer el pensamiento espacial en los niños de grado tercero de la institución educativa Evaristo García. *Universidad ICESI* .
- Cuellar, L. (2019). *Repositorio universidad nacional de colombia*. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/78509/26421785.2019.pdf?sequence=6&isAllowed=y>
- Cuellar, L. M. (2019). El proceso enseñanza-aprendizaje del. *Universidad nacional de colombia*, <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/78509/26421785.2019.pdf?sequence=6&isAllowed=y>.
- Cuellar, Z. (2014). La secuencia didáctica en el aula . *Tecné, episteme, y didaxis (TED)* .

- Diaz, A. (2013). Guía para la elaboración de una secuencia didáctica . *Universidad nacional autónoma de México* .
- Elizabeth, D. &. (s.f.). Unidades didácticas. Herramientas de la enseñanza. *Noria - Investigación educativa*, 42-47.
- Fernandez, I., Pires, D., & Villamañán, R. (2014). Educación Científica con enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente. Construcción de un Instrumento de análisis de las directrices curriculares. *Scielo*, 1-6. Obtenido de <https://www.scielo.cl/pdf/formuniv/v7n5/art04.pdf>
- Fernandez, I., Pires, D., & Villamañán, R. (26 de 10 de 2023). Educación Científica con enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente. Construcción de un Instrumento de Análisis de las Directrices Curriculares. *Scielo*, 1-10. Obtenido de [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-50062014000500004#:~:text=El%20objetivo%20principal%20del%20enfoque,una%20ciudadan%C3%ADa%20activa%20y%20consciente.](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50062014000500004#:~:text=El%20objetivo%20principal%20del%20enfoque,una%20ciudadan%C3%ADa%20activa%20y%20consciente.)
- Flick, U. (2015). *El diseño de la investigación cualitativa*. Morata.
- Frade, L. (2008). *Materiales educativos*. Obtenido de <https://materialeseducativos.net/recursos/que-es-una-secuencia-didactica-i-guia-y-ejemplo-para-elaborar-una-secuencia/?utm>
- García, A. (2017). *Universidad nacional de Colombia* . Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/64249/30338324.2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Guillén, & Cabo. (1997). *Principios de espectroscopía FTIR*. IntechOpen.
- Harkous, A. Y. (2019). Efectos de los polifenoles en el tratamiento de la esclerosis múltiple. *Dialnet*.
- Hernández, G., & Marino, L. (2019). Flavonoides: Aplicaciones medicinales e industriales. *Instituto de Física de Rosario, CCT-CONICET*, 13-15.

- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *McGraw-Hill Education*. Obtenido de [https://maestrias.clavijero.edu.mx/cursos/MCDEMS/T5/515MIE/modulo2/contenidos/2\\_enfoques\\_de\\_la\\_investigacin\\_tipos\\_y\\_caractersticas.html?utm](https://maestrias.clavijero.edu.mx/cursos/MCDEMS/T5/515MIE/modulo2/contenidos/2_enfoques_de_la_investigacin_tipos_y_caractersticas.html?utm)
- Hewavitharana, G., Perera, & Dilini. (08 de 2020). *Science* . Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/topics/chemistry/soxhlet-extraction>
- Huntington's disease society of America. (2010). La enfermedad de Huntington. *Huntington's disease society of America*, 7-20. Obtenido de [https://hdsa.org/wp-content/uploads/2015/03/7\\_la-enfermedad-de-huntington.pdf](https://hdsa.org/wp-content/uploads/2015/03/7_la-enfermedad-de-huntington.pdf)
- Huntington's disease society of america*. (2010). Obtenido de <https://hdsa.org/about-hdsa/annual-convention/2010-convention/>
- IFEMA MADRID. (2023). Obtenido de <https://www.ifema.es/noticias/educacion/que-son-las-secuencias-didacticas-proceso-y-beneficios>
- Irene, D. L. (2017). *Universidad nacional autonoma de colombia* . Obtenido de <https://es.slideshare.net/slideshow/371482322destilacionporarrastredevaporanteprojectopdf/251777941>
- Lopez, Miguel, & Aleixander. (2012). Propiedades beneficiosas de los terpenos iridoides sobre la salud . *Nutricion clinica y dietética hospitalaria* .
- Loyola, V., Sánchez, P., Canto, B., Gutiérrez, L., & Galaz, R. &. (2004). Biosíntesis de los alcaloides indólicos. Una revisión crítica. *Centro de Investigación Científica de Yucatán*, 5-20.
- Mariana, M. (2019). Didáctica de la neurociencia molecular y celular STEM para la salud humana en la escuela secundaria. *Conferencias internacionales de Pixel* .
- Martínez, L., & Parga, D. (2013). La emergencia de las cuestiones sociocientíficas en el enfoque CTSA. *Góndola*.
- Mena, L., Tamargo, B., & Plaza, L. (01 de 2015). *Scielo*. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1028-47962015000100010](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962015000100010)

- Ministerio, s. y. (04 de 01 de 2023). *Ministerio de salud y prosperidad social*. Obtenido de [https://www.minsalud.gov.co/Normatividad\\_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%20No.%20023%20de%202023.pdf](https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%20No.%20023%20de%202023.pdf)
- Mora, J. (2023). La bioinformática en la comprensión del dogma central de la biología molecular. *Repositorio universidad pedagogica nacional* , 25-56. Obtenido de <http://repositorio.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/18848/LA%20BIOINFORM%C3%81TICA%20EN%20LA%20COMPRESI%C3%93N%20DEL%20DOGMA%20CENTRAL%20DE%20LA%20BIOLOG%C3%8dA%20MOLECULAR%208.0.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Nacional, M. E. (2022). *Programa para la Evaluacion Internacional de Alumnos*.
- Narcisa, M., & Seni, O. (2023). Aprendizaje basado en problemas para la enseñanza de la biología en la educación para adultos. *Minerva*, 97-107.
- National human genome reseacrch institute* . (Julio de 2025). Obtenido de <https://www.genome.gov/es/genetics-glossary/Bioinformatica#:~:text=La%20bioinform%C3%A1tica%2C%20en%20relaci%C3%B3n%20con,o%20anotaciones%20sobre%20esas%20secuencias>.
- National Library of medicine* . (10 de 12 de 2020). Obtenido de <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7758970/>
- Palomino, R., Garcia, C., & Gil, J. (09 de 2009). *Scielo* . Obtenido de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0121-40042009000300013](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-40042009000300013)
- Paredes, F., & Clemente, A. (2005). Polifenoles de aplicación en farmacia. *Elsevier*, 85-94.
- Parga, D. (2022). Del CTSA educativo a la ambientación del contenido y la formacion ciudadana ambiental. *Conicet*.
- Parra, M., & Rodriguez, R. (2021). Alimentacion y enfermedades neurodegenerativas: una cuestion sociocientifica para desarrollar la habilidad argumentativa. *Praxis & Saberes*, 1 - 4.

- Pérez, & Roa. (2010). Incidencia de una secuencia didáctica basada en el análisis de las estructuras organizacionales del cuento, en la comprensión lectora de los estudiantes del grado transición. *Library* , 61 - 72.
- Petrucci, D. (2017). Visiones y actitudes hacia las Ciencias naturales:. *REVISTA ELECTRÓNICA DE INVESTIGACIÓN*, 3-10.
- Portal de tesis Universidad de Colima* . (2015).
- Quintero, C. (2009). Enfoque ciencia, tecnología y sociedad (CTS): perspectivas educativas para Colombia . *Zona proxima* .
- Quiñones, Aleixandre, & Miguel. (2010). Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular. *Instituto de Investigación en Ciencias de Alimentación*, 1-10.
- Remitly. (02 de 05 de 2023). El polémico mapa de los trabajos preferidos en cada país: ¿'influencer' o funcionario? *El confidencial* .
- Robert, S., & Francis, W. D. (2014). *Identificación espectrométrica de compuestos orgánicos*, 8.<sup>a</sup> edición. Wiley .
- Rodriguez, & Ordaz, C. &. (2016). *Conceptos básicos de genética*. Universidad nacional autónoma de México.
- Rodríguez, J., Díaz, Y., Rojas, Y., & Rodríguez, Y. &. (2013). Actualización en enfermedad de Huntington. *Scielo*, 1-12. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/ccm/v17s1/ccm03513.pdf>
- Rodriguez, M., Alcaraz, L., & Real, S. (20 de 04 de 2024). Procedimiento para la extracción de aceites esenciales en plantas aromaticas . *Repositorio universidad nacional de Mexico* , 8-15. Obtenido de [https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/540/1/rodriguez\\_m.pdf](https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/540/1/rodriguez_m.pdf)
- Sandoval, C. (2002). *Investigacion cualitativa*. Bogota : Arfo.
- Santos, K., & Bravo, L. (2017). Propuesta para el diseño de una guía didáctica en la disciplina buoquímica. *Elsevier*, 49-55.

- Suta, M. L. (Noviembre de 2021). Secuencia de Enseñanza Desde el Enfoque Ctsa Para Fortalecer el Reconocimiento de la Deforestación Como Problema Ambiental de la Localidad de San Cristobal. *Repositorio universidad de los libertadores*. Obtenido de <https://repository.libertadores.edu.co/server/api/core/bitstreams/95229d9d-f9fb-4d9d-9b3b-797c3a309cb0/content>
- Toro, J. (2013). *Repositorio universidad nacional*. Obtenido de <https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/2819/P-UTB-FCJSE-SECED-EBAS-000037.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Torres, L. (2023). Compromiso ambiental desde las CTS-A con una secuencia didactica para estudiantes del curso tercero de un colegio de Bogota. *Repositorio universidad pedagogica nacional*.
- Universidad Pedagogica Nacional*. (s.f.). Obtenido de <https://cienciaytecnologia.upn.edu.co/departamento-de-quimica/licenciatura-en-quimica/perfil-del-aspirante-y-del-egresado/>
- Varela, L., Giraldo, C., & Arias, J. L. (2021). La enfermedad de Huntington: una difícil relación entre los enfermos y el derecho a la salud en Colombia. *Universidad de antioquia*.
- Viña, S., & Ringuelet, J. (2013). *Productos naturales vegetales*. Argentina: Universidad de la plata. Obtenido de [https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/155455/Documento\\_completo.pdf?sequence=1](https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/155455/Documento_completo.pdf?sequence=1)
- Vizcaíno, P., Cedeño, R., & Maldonado, I. (2023). Metodología de la investigación científica: guía práctica. *Ciencia latina revista científica multidisciplinar* .



|                                                                                                                                                        |                                                                 |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--|
| <br>UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA<br>NACIONAL<br><i>Formación de calidad</i> | <b>FORMATO</b>                                                  |  |
|                                                                                                                                                        | <b>CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN</b> |  |
| <b>Código: FOR026INV</b>                                                                                                                               | <b>Versión: 01</b>                                              |  |
| <b>Fecha de Aprobación: 02-06-2016</b>                                                                                                                 | <b>Página 101 de 140</b>                                        |  |

## ANEXOS

### ANEXO 1. CONSENTIMIENTO INFORMADO

**Vicerrectoría de Gestión Universitaria**  
**Subdirección de Gestión de Proyectos – Centro de Investigaciones CIUP**  
**Comité de Ética en la Investigación**

En el marco de la Constitución Política Nacional de Colombia, la Resolución 0546 de 2015 de la Universidad Pedagógica Nacional y demás normatividad aplicable vigente, considerando las características de la investigación, se requiere que usted lea detenidamente y si está de acuerdo con su contenido, exprese su consentimiento firmando el siguiente documento:

#### PARTE UNO: INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

|                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Facultad,<br/>Departamento o<br/>Unidad Académica</b>     | Facultad de ciencia y tecnología – departamento de química                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>Título del proyecto<br/>de investigación</b>              | Secuencia didáctica, bajo el enfoque (CTSA), para el aprendizaje de las mutaciones genéticas relacionadas con el estrés oxidativo en la enfermedad de Huntington                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Descripción breve y<br/>clara de la<br/>investigación</b> | Partiendo del contexto de los principios bioactivos presentes en plantas, frutas y alimentos de origen natural, se ha identificado que estos han sido empleados para la elaboración de medicamentos e implementados en algunos tratamientos médicos por sus efectos antiinflamatorios, protección al daño celular y retraso en el proceso de envejecimiento celular; sin embargo, varios estudios han identificado que algunos desechos y/o residuos agroindustriales tales como hojas, cáscaras y pulpa de algunos alimentos, pueden contener trazos de antioxidantes tales como flavonoides, taninos, fenoles, polifenoles, entre otros componentes |

|                                                                                                                                                           |                                                                 |  |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--|--|
| <br>UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA<br>NACIONAL<br><i>Formando al profesional</i> | <b>FORMATO</b>                                                  |  |  |
|                                                                                                                                                           | <b>CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN</b> |  |  |
| <b>Código: FOR026INV</b>                                                                                                                                  | <b>Versión: 01</b>                                              |  |  |
| <b>Fecha de Aprobación: 02-06-2016</b>                                                                                                                    | <b>Página 102 de 140</b>                                        |  |  |

|                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                 |            |
|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------|
|                                                                                 | <p>químicos que se consideran potenciales fuentes de materias primas para el sector farmacéutico y farmacológico.</p> <p>Dicho esto, nace la propuesta de crear e implementar una secuencia didáctica bajo el enfoque CTSA que permita fomentar la enseñanza y el aprendizaje de las mutaciones genéticas relacionadas con el estrés oxidativo en la enfermedad de Huntington. Partiendo que la EH es una de las enfermedades neurodegenerativas más complejas por sus efectos, incidencia y su implicación en la genética en cuanto a mutaciones, herencia, y estrés oxidativo, se caracteriza la pulpa del café identificando si esta puede ser empleada en enfermedades de este tipo.</p>                         |                 |            |
| <b>Descripción de los posibles riesgos de participar en la investigación</b>    | No existe ningún tipo de riesgo al ser partícipe de esta investigación, ya que es con fines netamente académicos y la información suministrada será confidencial.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                 |            |
| <b>Descripción de los posibles beneficios de participar en la investigación</b> | <p>Fomentar el aprendizaje de la bioquímica en temáticas con relación al ADN, mutaciones genéticas, estrés oxidativo y enfermedades neurodegenerativas, por medio de una secuencia didáctica bajo el enfoque CTSA.</p> <p>La secuencia didáctica permitirá que los participantes generen y/o fortalezcan conocimientos con esas temáticas, reflexión crítica y argumentación científica frente a como la sociedad, los pacientes y las familias involucradas perciben las enfermedades neurodegenerativas. Por otro lado, conocerán como la medicina en el contexto de principios bioactivos de fuentes naturales puede ser una opción eficaz de reemplazar medicamentos con base sintética a fuentes naturales.</p> |                 |            |
| <b>Datos generales del investigador principal</b>                               | <b>Nombre(s) y Apellido(s) :</b> Paula Andrea Arévalo Rodríguez                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                 |            |
|                                                                                 | <b>N° de Identificación:</b><br>1023971569                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>Teléfono</b> | 3123023950 |
|                                                                                 | <b>Correo electrónico:</b> <a href="mailto:paarevalor@upn.edu.co">paarevalor@upn.edu.co</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                 |            |

|                                                                                                                                                                            |                                                                 |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--|
| <br><small>UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL</small><br><small>Realidad Al Servicio</small> | <b>FORMATO</b>                                                  |  |
|                                                                                                                                                                            | <b>CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN</b> |  |
| <b>Código: FOR026INV</b>                                                                                                                                                   | <b>Versión: 01</b>                                              |  |
| <b>Fecha de Aprobación: 02-06-2016</b>                                                                                                                                     | <b>Página 103 de 140</b>                                        |  |

|  |                                           |
|--|-------------------------------------------|
|  | <b>Dirección: Kr 10 B ESTE #26-06 SUR</b> |
|--|-------------------------------------------|

|                                                                                                                                                                         |                                                                     |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--|
| <br>UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA<br>NACIONAL<br><small>Escuela Nacional de Pedagogía</small> | <b>FORMATO</b>                                                      |  |
|                                                                                                                                                                         | <b>CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PROYECTOS<br/>DE INVESTIGACIÓN</b> |  |
| <b>Código: FOR026INV</b>                                                                                                                                                | <b>Versión: 01</b>                                                  |  |
| <b>Fecha de Aprobación: 02-06-2016</b>                                                                                                                                  | <b>Página 104 de 140</b>                                            |  |

## **ANEXO 2. AUTORIZACIÓN DE DATOS PERSONALES**

### **ARTE DOS: CONSENTIMIENTO INFORMADO**

Yo : \_\_\_\_\_

Mayor de edad, identificado con Cédula de Ciudadanía N° \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

Con domicilio en la ciudad de: \_\_\_\_\_ Dirección: \_\_\_\_\_

Teléfono y N° de celular: \_\_\_\_\_ Correo electrónico: \_\_\_\_\_

#### **Declaro que:**

1. He sido invitado(a) a participar en el estudio o investigación de manera voluntaria.
2. He leído y entendido este formato de consentimiento informado o el mismo se me ha leído y explicado.
3. Todas mis preguntas han sido contestadas claramente y he tenido el tiempo suficiente para pensar acerca de mi decisión de participar.
4. He sido informado y conozco de forma detallada los posibles riesgos y beneficios derivados de mi participación en el proyecto.
5. No tengo ninguna duda sobre mi participación, por lo que estoy de acuerdo en hacer parte de esta investigación.
6. Puedo dejar de participar en cualquier momento sin que esto tenga consecuencias.
7. Conozco el mecanismo mediante el cual los investigadores garantizan la custodia y confidencialidad de mis datos, los cuales no serán publicados ni revelados a menos que autorice por escrito lo contrario.
8. Autorizo expresamente a los investigadores para que utilicen la información y las grabaciones de audio, video o imágenes que se generen en el marco del proyecto.
9. Sobre esta investigación me asisten los derechos de acceso, rectificación y oposición que podré ejercer mediante solicitud ante el investigador responsable, en la dirección de contacto que figura en este documento.

En constancia el presente documento ha sido leído y entendido por mí en su integridad de manera libre y espontánea.

Firma:

\_\_\_\_\_

|                                                                                                                                                                    |                                                                 |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--|
| <br><b>UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL</b><br><small>Realidad Al Servicio</small> | <b>FORMATO</b>                                                  |  |
|                                                                                                                                                                    | <b>CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN</b> |  |
| <b>Código: FOR026INV</b>                                                                                                                                           | <b>Versión: 01</b>                                              |  |
| <b>Fecha de Aprobación: 02-06-2016</b>                                                                                                                             | <b>Página 105 de 140</b>                                        |  |

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

Identificación: \_\_\_\_\_

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

*La Universidad Pedagógica Nacional agradece sus aportes y su decidida participación*

### ANEXO 3. ENCUESTA DE CARACTERIZACIÓN DE LA POBLACIÓN Y CONOCIMIENTOS PREVIOS

#### ENCUESTA DE CARACTERIZACIÓN DE LA POBLACIÓN Y CONOCIMIENTOS PREVIOS

La presente encuesta de caracterización hace parte del trabajo de grado titulado: *Secuencia didáctica, bajo el enfoque (CTSA), para el aprendizaje de las mutaciones genéticas relacionadas con el estrés oxidativo en la enfermedad de Huntington*, realizado por la estudiante Paula Andrea Arévalo. De este modo, la información requerida será utilizada con fines netamente académicos e investigativos.

**Objetivo:** Caracterizar conocimientos previos de los estudiantes que sean partícipes en el desarrollo de la secuencia didáctica bajo el enfoque (CTSA) para el aprendizaje de las mutaciones genéticas relacionadas con el estrés oxidativo en la enfermedad de Huntington.

#### Momento 1

De acuerdo con los siguientes ítems, marque con una X el número que mejor representa su idea teniendo en cuenta los criterios descritos en la Tabla 14.

*Tabla 14 Criterios*

| Criterio                 | Valoración |
|--------------------------|------------|
| Totalmente de acuerdo    | 5          |
| De acuerdo               | 4          |
| Indiferente              | 3          |
| En desacuerdo            | 2          |
| Totalmente en desacuerdo | 1          |

| Caracterización sobre perspectivas |                                                                                                                  | Puntaje |   |   |   |   |
|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---|---|---|---|
| Ítems                              |                                                                                                                  | 5       | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 1                                  | Las plantas tienen componentes curativos que se podrían implementar para el tratamiento de algunas enfermedades. |         |   |   |   |   |
| 2                                  | Las enfermedades neurodegenerativas no tienen relevancia en la ciencia.                                          |         |   |   |   |   |



|    |                                                                                                                                                                                |  |  |  |  |  |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|
| 3  | Las mutaciones genéticas se pueden desarrollar por factores hereditarios.                                                                                                      |  |  |  |  |  |
| 4  | No es importante aprender sobre la relación de las mutaciones genéticas.                                                                                                       |  |  |  |  |  |
| 5  | La ciencia permite comprender los mecanismo de replicación, codificación y reparación del ADN.                                                                                 |  |  |  |  |  |
| 6  | Las enfermedades neurodegenerativas no son de importancia para el área de la tecnología.                                                                                       |  |  |  |  |  |
| 7  | Las nuevas tecnologías de edición de genes podrían tratar enfermedades neurodegenerativas en el futuro.                                                                        |  |  |  |  |  |
| 8  | El desarrollo de tecnologías para la edición de genes no es relevante para tratar enfermedades genéticas.                                                                      |  |  |  |  |  |
| 9  | No es importante considera que es las investigaciones sobre el estrés oxidativo, generen un impacto en la salud humana.                                                        |  |  |  |  |  |
| 10 | Las nuevas tecnología, podrían permitir mejorar la comprensión y el tratamiento de las enfermedades neurodegenerativas                                                         |  |  |  |  |  |
| 11 | Deberían existir políticas públicas que se enfoquen en el bienestar físico, mental y económico para las familias de pacientes que padecen alguna enfermedad neurodegenerativa. |  |  |  |  |  |
| 12 | Las enfermedades neurodegenerativas se deberían considerar como un tipo de discapacidad.                                                                                       |  |  |  |  |  |
| 13 | El acceso a los servicios de salud y la atención médica para las personas con enfermedades neurodegenerativas son deficientes.                                                 |  |  |  |  |  |
| 14 | Las personas que presentan enfermedades hereditarias de carácter neurodegenerativo no deberían tener hijos.                                                                    |  |  |  |  |  |
| 15 | Es de conocimiento público la relación que existe entre la herencia genética y las enfermedades neurodegenerativas.                                                            |  |  |  |  |  |
| 16 | Existen componentes naturales en alimentos y plantas que podrían usarse en medicamentos para el tratamiento de alguna enfermedad neurodegenerativa.                            |  |  |  |  |  |



|    |                                                                                                                                                                                                            |  |  |  |  |  |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|
| 17 | Los medicamentos usados para el tratamiento de enfermedades neurodegenerativas representan una problemática ambiental.                                                                                     |  |  |  |  |  |
| 18 | El impacto del medio ambiente puede afectar la salud humana, específicamente en relación con las mutaciones genéticas y las enfermedades neurodegenerativas.                                               |  |  |  |  |  |
| 19 | El gobierno debería implementar políticas más estrictas para proteger el medio ambiente y prevenir las mutaciones genéticas.                                                                               |  |  |  |  |  |
| 20 | Los recursos y apoyos gubernamentales y no gubernamentales para la protección del medio ambiente son necesarios para prevenir el desarrollo de enfermedades neurodegenerativas y las mutaciones genéticas. |  |  |  |  |  |

## Momento 2

Marque con una X según corresponda con la definición.

1. El estrés oxidativo es:
  - a. Es un desequilibrio entre la cantidad de radicales libres y antioxidantes en el cuerpo.
  - b. Es el daño celular causado por la presencia de células cancerígenas.
  - c. Es un desequilibrio en el proceso metabólico que permite la síntesis de azúcar.
  
2. Los radicales libres son:
  - a. Son compuestos que aumentan el riesgo de padecer enfermedades.
  - b. Son moléculas inestables que se forman durante el metabolismo normal de las células.
  - c. Es la capacidad que tiene el cuerpo de sintetizar proteínas, carbohidratos y lípidos.
  
3. El ADN es:
  - a. Es un compuesto conformado por adenina, guanina, timina y citosina.
  - b. Es una molécula que contiene la información genética de los organismos.
  - c. Es una proteína que contiene la información genética de los organismos.
  
4. Las enfermedades neurodegenerativas son:
  - a. Lesión en el tejido cerebral que se asocian con factores de riesgo cardiovascular.
  - b. Condiciones agudas, severas, prolongadas y raramente se curan por completo.
  - c. Trastornos que afectan al sistema nervioso central y provocan la muerte celular.

5. Una mutación se define como:
- Es un cambio en la producción de proteínas y enzimas.
  - Es un cambio en el funcionamiento de la mitocondria.
  - Es un cambio en las secuencias de ADN de un organismo.
6. Marque con una X, la enfermedad que considere que es una enfermedad neurodegenerativa.(puede marcar más de una opción).
- |                                         |                       |
|-----------------------------------------|-----------------------|
| a. Demencia frontotemporal              | f. Neurofibromatosis  |
| b. Síndrome de Down                     | g. Alzheimer          |
| c. Parkinson                            | h. Anemia             |
| d. Esclerosis Lateral Amiotrófica (ELA) | i. Huntington         |
| e. Fibrosis quística                    | j. Síndrome de Turner |
7. El ADN se encuentra en:
- Los ribosomas.
  - Los cromosomas.
  - Las mitocondrias.
8. Cuáles son los tipos de mutaciones
- Mutación genética, genómica y cromosómica.
  - Mutación cromosómica, genéricas y mitocondrial.
  - Mutación secuencial, somática y germinal.

## ANEXO 4 GUÍA DE LABORATORIO PARA LA EXTRACCIÓN DE PRINCIPIOS BIOACTIVOS DE LA PULPA DE CAFÉ

La presente guía de laboratorio hace parte del trabajo de grado titulado: *Secuencia didáctica, bajo el enfoque (CTSA), para el aprendizaje de las mutaciones genéticas relacionadas con el estrés oxidativo en la enfermedad de Huntington*, realizado por la estudiante Paula Andrea Arévalo. De este modo, los datos obtenidos serán utilizados con fines netamente académicos e investigativos.

**Objetivo:** Extracción del contenido graso de una muestra de pulpa de café, para determinar por medio de pruebas cualitativas la presencia de compuestos bioactivos que puedan ser empleados para el tratamiento de la enfermedad de Huntington, teniendo en cuenta sus características fisicoquímicas.

### Materiales

- Tamiz
- Capsulas de porcelana
- Pinzas para crisol
- Mortero con pistilo
- Espátula
- Escobilla
- Papel filtro cualitativo
- Perlas de ebullición
- Balón redondo fondo plano aforado 250 mL
- Extractor soxhlet
- Refrigerante soxhlet
- Mangueras
- Matraz de 250 mL
- Agitador de vidrio
- Vasos de precipitado
- Pinzas para balón
- Erlenmeyer con desprendimiento lateral
- Probeta de 100 mL
- Frasco lavador
- Tubos de ensayo
- Gradilla
- Gotero
- Beaker
- Pipeta aforada 10 mL
- Tubo de ensayo con tapa

### Reactivos

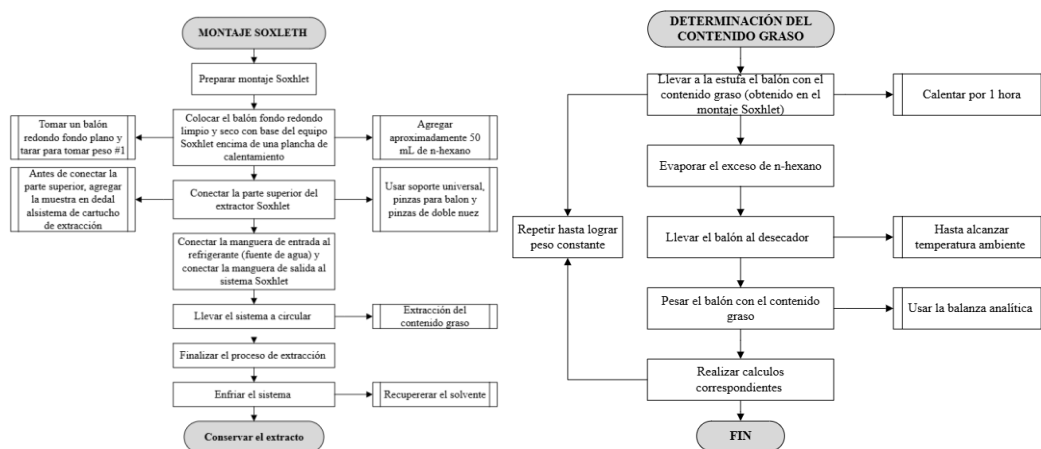
- Muestra de pulpa de café
- N-hexano
- Ácido clorhídrico
- Reactivo Mayer
- Reactivo Dragendorff
- Etanol
- Ácido sulfúrico
- Cloruro férrico

- Agua destilada
- Magnesio granulado
- Hidróxido de sodio
- Reactivo Benedict
- Reactivo de Molish

## GUÍA DE LABORATORIO PARA LA EXTRACCIÓN DE PRINCIPIOS BIOACTIVOS DE LA PULPA DE CAFÉ

### Extracción del contenido graso (Montaje Soxhleth)

La extracción por el método Soxhleth, es una técnica de laboratorio empleada para la separación de compuestos de una muestra sólida utilizando un disolvente. Este método, se caracteriza por generar un flujo constante del disolvente caliente a través de la muestra, lo que permite una extracción eficiente de los componentes solubles. (Hewavitharana, Perera, & Dilini, 2020)

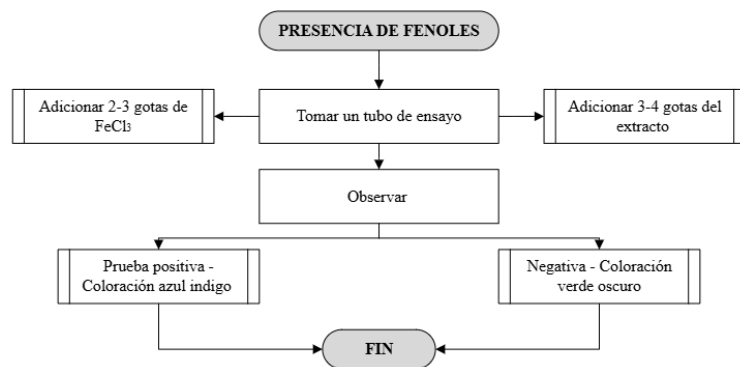


**Tomado y adaptado de:** Métodos de extracción de grasa de muestras de alimentos y preparación de ésteres metílicos de ácidos grasos para cromatografía de gases: una revisión (Hewavitharana, Perera, & Dilini, 2020)

### Pruebas cualitativas

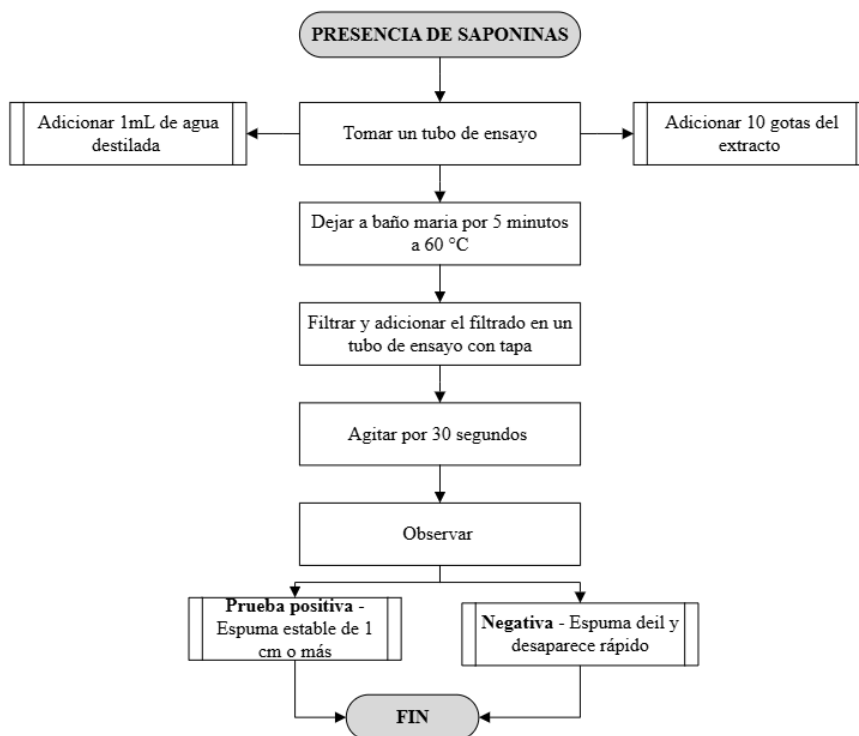
Las pruebas cualitativas, sirven para determinar la presencia o ausencia de una sustancia de manera rápida. Estas pruebas, de cierto modo, permite caracterizar una muestra, indicando si está presente o no (positivo o negativo) lo que buscamos.

### Determinación de Fenoles



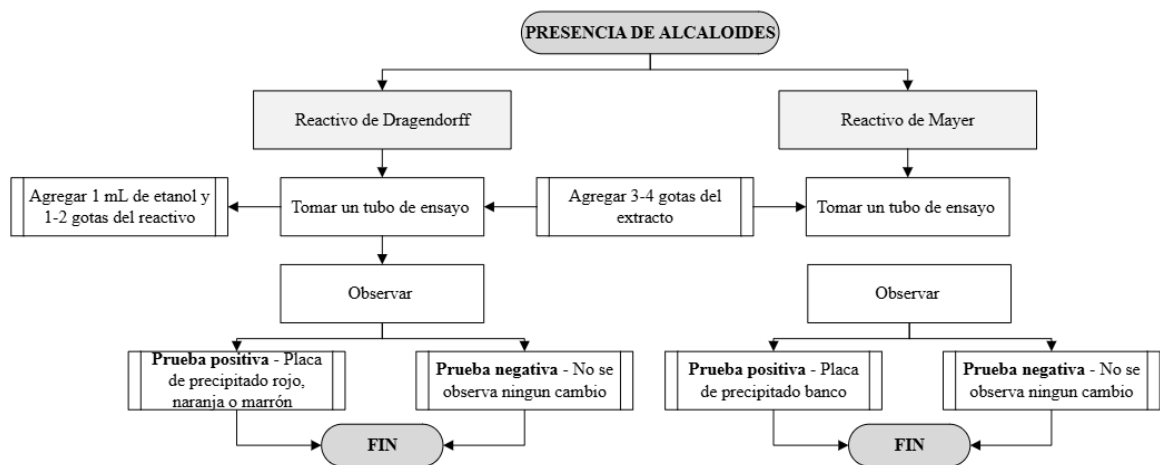
**Tomado y adaptado de:** Determinación del contenido de fenoles y evaluación de la actividad antioxidante de propóleos recolectados en el departamento de Antioquia (Colombia) (Palomino, Garcia, & Gil, 2009)

### Determinación de Saponinas



**Tomado y adaptado de:** Determinación de saponinas y otros metabolitos secundarios en extractos acuosos de *Sapindus saponaria* L. (jaboncillo) (Mena, Tamargo, & Plaza, 2015)

### Determinación de Alcaloides



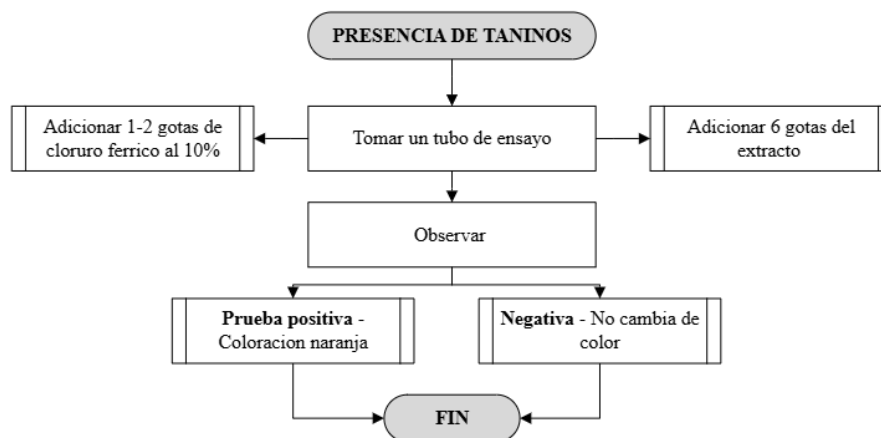
**Tomado y adaptado de:** Departamento de química analítica, facultad de medicina, universidad autónoma de nuevo león, apdo. postal 1.563, monterrey, México

### Determinación de Flavonoides



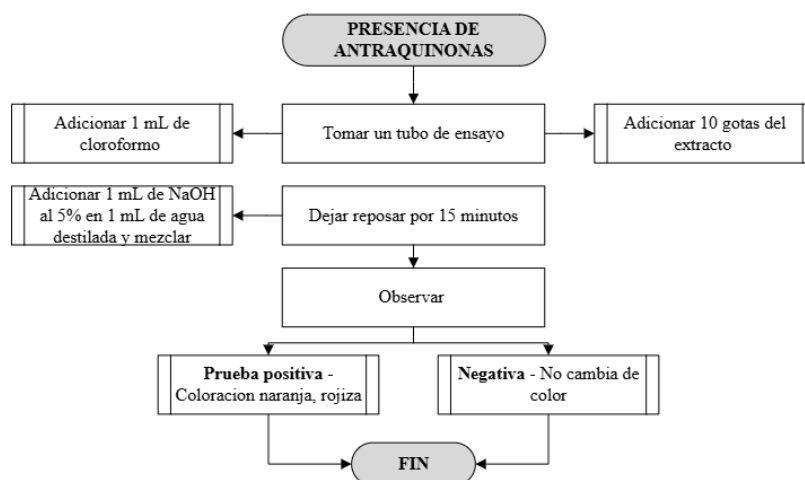
**Tomado y adaptado de:** Determinación del contenido de fenoles y evaluación de la actividad antioxidante de propóleos recolectados en el departamento de Antioquia (Colombia) (Palomino, Garcia, & Gil, 2009)

### Determinación de Taninos



**Tomado y adaptado de:** Centro de Investigación y Desarrollo de Medicamentos (CIDEM) - Método analítico para la cuantificación de taninos en el extracto acuoso de romerillo.

### Determinación de antraquinonas



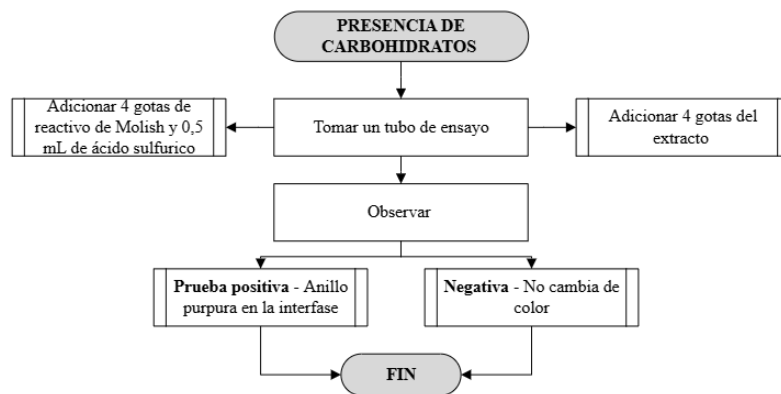
**Tomado y adaptado de:** Desarrollo de una técnica analítica para cuantificar las antraquinonas presentes en la *Senna alata* (L.) Roxb. (Guacamaya francesa)

### Determinación de azúcares reductores

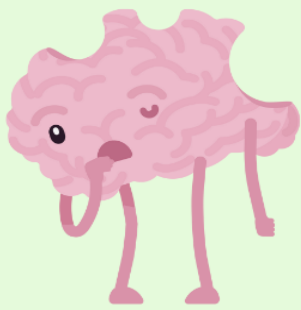


**Tomado y adaptado de:** Cuantificación de azúcares reductores basada en la técnica cualitativa de Benedict (National Library of medicine , 2020)

## Determinación de carbohidratos



**Tomado y adaptado de:** Determinación de saponinas y otros metabolitos secundarios en extractos acuosos de *Sapindus saponaria* L. (jaboncillo) (Hewavitharana, Perera, & Dilini, 2020)



# SECUENCIA DIDÁCTICA, BAJO EL ENFOQUE (CTSA) PARA EL APRENDIZAJE DE LAS MUTACIONES GENÉTICAS RELACIONADAS CON EL ESTRÉS OXIDATIVO EN LA ENFERMEDAD DEL HUNTINGTON



**ANEXO 5. SECUENCIA DIDÁCTICA, BAJO EL ENFOQUE (CTSA), PARA EL  
APRENDIZAJE DE LAS MUTACIONES GENÉTICAS RELACIONADAS CON EL ESTRÉS  
OXIDATIVO EN LA ENFERMEDAD DE HUNTINGTON**

**Conceptos**

- ADN
- Nucleótidos
- Bases nitrogenadas
- Replicación del ADN
- Mutaciones genéticas
- Estrés oxidativo
- Enfermedades neurodegenerativas

**Objetivos de aprendizaje**

1. Comprender la estructura del ADN y su función.
2. Entender el concepto de mutaciones genéticas y su relación con el estrés oxidativo.
3. Conocer la enfermedad de Huntington y su relación con las mutaciones genéticas.
4. Analizar la influencia de la sociedad y el ambiente en la investigación y el tratamiento de la enfermedad de Huntington.

**Recursos**

1. Libros de texto de biología y genética.
2. Proyector y computador para presentaciones.
3. Artículos científicos sobre la enfermedad de Huntington y el estrés oxidativo.
4. Sitios web de organizaciones de salud y educación.
5. Software de simulación de la estructura y función del ADN.
6. Hojas de trabajo sobre mutaciones genéticas.
7. Videos educativos.

## MOMENTO 1

### Clase 1: Introducción al ADN y mutaciones genéticas

#### Temáticas:

- **Estructura y función del ADN:**
  - ✓ Composición química del ADN: nucleótidos, bases nitrogenadas (adenina, timina, citosina, guanina), mecanismo de replicación del ADN.
  - ✓ Doble hélice y su importancia en la replicación.
- **Mutaciones genéticas:**
  - ✓ Tipos de mutaciones: genéticas, cromosómicas y genómicas.
  - ✓ Causas de las mutaciones: factores naturales (estrés oxidativo, radiación, etc.) factores externos.

#### Objetivos de la clase:

- Comprender la estructura del ADN y su función en la herencia genética.
- Identificar y clasificar diferentes tipos de mutaciones genéticas.

#### Duración de la clase:

90 minutos

#### Materiales necesarios:

- Proyector y computador para presentaciones.
- Modelos tridimensionales de AND mediados por software.
- Hojas de trabajo sobre ADN y mutaciones genéticas.
- Videos educativos sobre la estructura del ADN.

#### Actividades detalladas:

1. **Lectura inicial sobre genética (15 minutos):** Los estudiantes realizarán una lectura introductoria que abarcara asuntos de la cotidianidad y conceptos de ADN, códigos genéticos y mutaciones. Realizarán en grupos una nube de palabras que refleje las ideas principales de la lectura. **Lectura inicial**

**Link:** <https://www.nationalgeographicla.com/ciencia/2019/04/adn-aprende-mas-sobre-el-elemento-fundamental-de-la-vida>

2. **Presentación inicial (15-20 minutos):** Introducción a la estructura del ADN y los diferentes tipos de ADN mediante una presentación en PowerPoint que incluya imágenes y diagramas. Se explicará la importancia de la doble hélice y cómo se lleva a cabo la replicación del ADN.

**Link presentación:**

[https://www.canva.com/design/DAGgO7OsbT0/NDxkv41plFNHUsXsbaRNIw/edit?utm\\_content=DAGgO7OsbT0&utm\\_campaign=designshare&utm\\_medium=link2&utm\\_source=sharebutton](https://www.canva.com/design/DAGgO7OsbT0/NDxkv41plFNHUsXsbaRNIw/edit?utm_content=DAGgO7OsbT0&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton)

3. **Discusión en grupo (20 minutos):** Los estudiantes se dividirán en grupos pequeños para discutir los diferentes tipos de mutaciones genéticas. Cada grupo recibirá una hoja de trabajo con ejemplos de mutaciones y deberán clasificarlas de acuerdo con el tipo, explicar cómo funciona el gen afectado y dar algunos ejemplos de otras enfermedades. **Guía estudio de caso.**
4. **Actividad práctica – evaluativa (5 minutos):** Utilizando guías de apoyo, los estudiantes de manera individual identificarán las diferentes partes del ADN. **Actividad - ADN y mutaciones.**

## GUÍA ESTUDIO DE CASO

A partir de los siguientes casos médicos:

1. Realice un estudio donde defina que tipo de mutación genética es (translocación, puntual, de selección, duplicación).
2. Explique como el gen es promotor de esa enfermedad y otras. De ejemplos de enfermedades relacionadas por el gen.
3. ¿Cómo se pueden apoyar a las personas con enfermedades causadas por mutaciones genéticas y sus familias?

### Caso #1

**Respuesta:** Mutación puntual en el gen F8

Una mujer de aproximadamente 30 años asiste a un centro de salud, porque ha estado presentando hematomas y dolor en sus articulaciones, problemas de coagulación en la sangre y hemorragias frecuentes.

Después de una serie de exámenes, el medico diagnostica que la paciente padece una enfermedad llamada **Hemofilia tipo A**. Esta enfermedad es causada por una mutación en el gen F8 (factor VIII) que codifica una proteína anormal que causa la enfermedad. Se recomienda tratar con terapia de reemplazo de factor VIII, la cual consiste en incrementar en corto plazo los niveles del factor al inyectar la proteína de esta para permitir una coagulación eficaz.

### Caso #2

**Respuesta:** Mutaciones delección

Marcela tiene un hijo de 5 años diagnosticado con obesidad. Ella decide llevarlo a un pediatra, ya que ha estado observado que el niño experimenta problemas de crecimiento y desarrollo, ya que es el más pequeño de su clase, aun no pronuncia palabras, no atiende cuando se le llama, tiene problemas de visión, aun le cuesta caminar y tomar algunos objetos.

El pediatra le realiza una serie de estudios y determina que el niño padece del **síndrome de Prader-Willi** que es causado por una mutación en el cromosoma 15q11-q13 que codifica varias proteínas anormales que causan la enfermedad. Este gen se ve afectado generalmente por su ausencia. Se

recomienda tratar con terapia de crecimiento hormonal, dietas controladas, fisioterapia y citas con especialistas (optometría y oftalmología).

### **Caso #3**

#### **Respuesta:** Mutación de duplicación

Una mujer de 40 años fue diagnosticada con obesidad y diabetes. Sin embargo, se practicó una serie de exámenes por los últimos dos meses ha presentado bipolaridad, depresión, ansiedad, episodios de estrés postraumático, debilidad muscular y cierta deformidad en los pies.

Los exámenes tuvieron como resultado que la paciente tiene problemas con la presión arterial, el colesterol y salud mental. El diagnóstico final del médico, fue que la mujer padece del **síndrome de Charcot-Marie-Tooth**, que es causada por una mutación en el que se repite el gen PMP22 (proteína mielina periférica 22) que codifica una proteína anormal que causa la enfermedad. Se recomienda seguir tomando terapia para el manejo de la obesidad y la diabetes, tomar terapias ocupacionales y fisioterapia.

### **Caso #4**

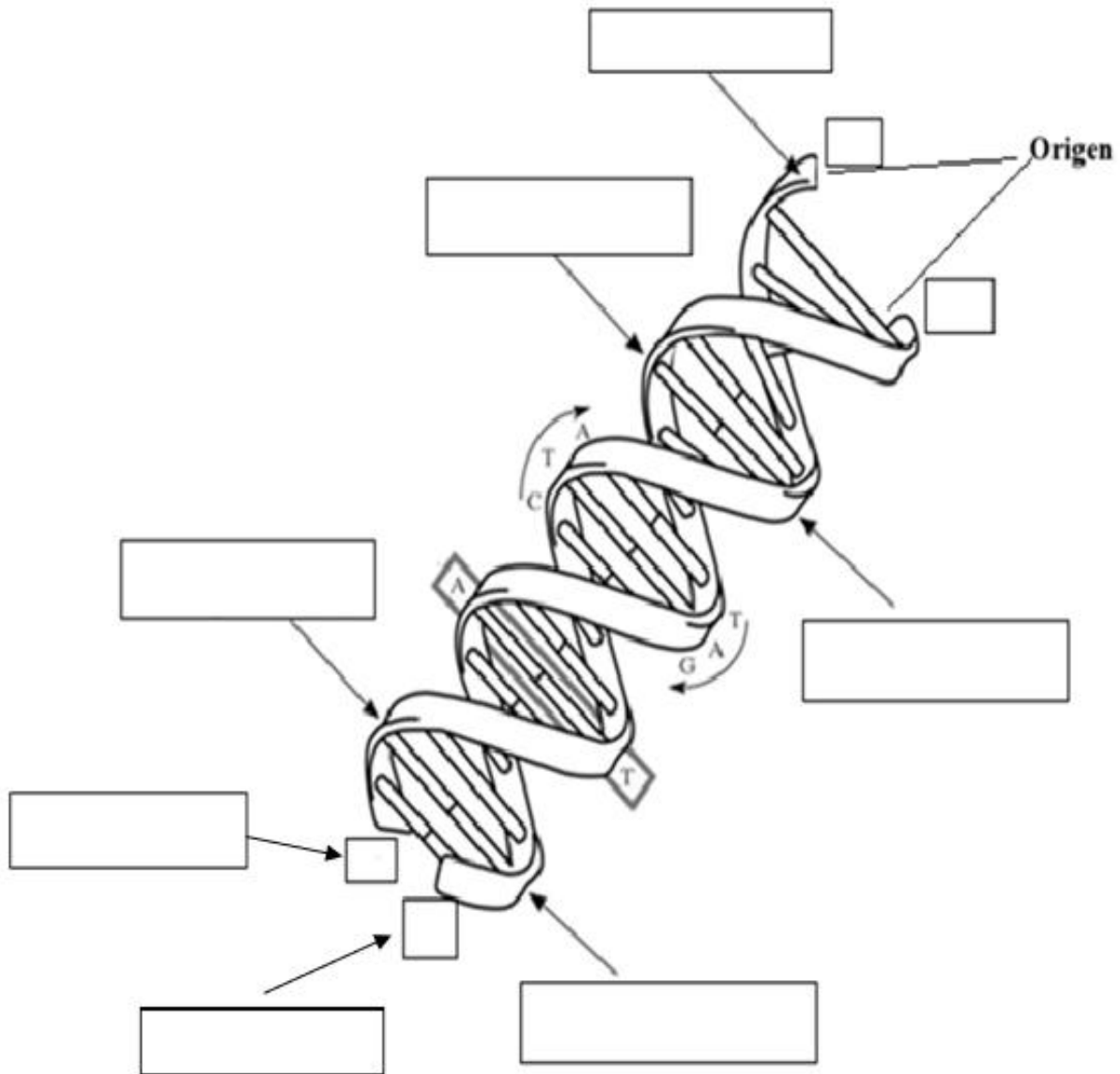
#### **Respuesta:** Mutación de translocación

Un hombre de 50 años fue diagnosticado con cáncer en la médula ósea y anemia. Sin embargo, asiste a una consulta de control y expresa que estado presentando fatiga, insomnio, cansancio, cambios de humor, se le olvidan las cosas y escucha voces.

Después de realizar una serie de estudios, el médico lo diagnostica con **leucemia mieloide crónica**, la cual es causada por una mutación en el cambio de localización entre los cromosomas 9 y 22 que codifica una proteína anormal que causa la enfermedad. Se recomienda continuar con las quimioterapias y el consumo de fármacos con inhibidores de la tirosin-cinasa (ITC).

## ACTIVIDAD - ADN Y MUTACIONES

1. Identifique las partes de ADN de acuerdo por lo aprendido y coloree las bases nitrogenadas.



- Anticodón
- Grupo fosfato-desoxirribosa
- Adenina
- Guanina
- Codón

- Citosina
- Timina
- 3' (X2)
- 5' (X2)

**Link actividad interactiva – Creación propia :** [https://www.topworksheets.com/es/ciencias-naturaleza/biologia/adn-biologia-682bf63a0aa49?no\\_redir=true](https://www.topworksheets.com/es/ciencias-naturaleza/biologia/adn-biologia-682bf63a0aa49?no_redir=true)



## Momento 2

### Clase 2: Estrés oxidativo y sus efectos en el ADN

#### Temáticas:

- **Concepto de estrés oxidativo**
  - ✓ Definición y causas del estrés oxidativo.
  - ✓ Rol de los radicales libres en la biología celular.
- **Efectos del estrés oxidativo en el ADN**
  - ✓ Daño oxidativo en el ADN y sus consecuencias.
  - ✓ Mecanismos de reparación del ADN.
  - ✓ Relación entre las mutaciones genéticas y el estrés oxidativo.

#### Objetivos de la clase:

- Definir el estrés oxidativo y sus causas.
- Analizar cómo el estrés oxidativo puede causar mutaciones en el ADN.

#### Duración de la clase:

90 minutos

#### Materiales necesarios:

- Proyector y computador para presentaciones.
- Artículos científicos sobre estrés oxidativo.
- Video sobre la reparación del ADN.

#### Actividades detalladas:

1. **Presentación sobre estrés oxidativo (15 - 20 minutos):** Exposición sobre qué es el estrés oxidativo, cómo se produce y su impacto en las células. Incluir ejemplos de fuentes de radicales libres.

#### Link

#### presentación:

[https://www.canva.com/design/DAGgO7OsbT0/NDxkv41plFNHUsXsbaRNIw/edit?utm\\_content=DAGgO7OsbT0&utm\\_campaign=designshare&utm\\_medium=link2&utm\\_source=sharebutton](https://www.canva.com/design/DAGgO7OsbT0/NDxkv41plFNHUsXsbaRNIw/edit?utm_content=DAGgO7OsbT0&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton)

2. **Análisis de artículo (15 minutos):** Los estudiantes leerán un fragmento de un artículo científico sobre el daño oxidativo en el ADN y en grupo cómo este daño puede llevar a la generación de mutaciones. **Análisis de artículo.**

**Link artículo:** <https://www.scielo.org.mx/pdf/eq/v31n1/0187-893X-eq-31-01-1.pdf>

3. **Discusión (10 minutos):** Discutir posibles aplicaciones en la investigación biomédica para tratar enfermedades neurodegenerativas y como evitarlas.
4. **Visualización de video (10 minutos):** Presentar un video que ilustre los mecanismos de reparación del ADN. Se explica cómo las células intentan reparar el daño y qué sucede si estas reparaciones fallan.

**Link video interactivo** <https://www.youtube.com/watch?v=ZHBYB7Rr6f0>



### Momento 3

#### Clase 3: La enfermedad de Huntington (EH)

##### Temáticas:

- **Introducción a la enfermedad de Huntington**
  - ✓ Historia y descubrimiento de la enfermedad.
  - ✓ Causas genéticas y el papel del gen HTT.
- **Mecanismos de la enfermedad**
  - ✓ Cómo las mutaciones en el ADN llevan a la enfermedad.
  - ✓ Efectos en el sistema nervioso y síntomas clínicos.
- **Influencia de la sociedad y el ambiente**
  - ✓ Impacto de la enfermedad de Huntington en la sociedad y la familia.
  - ✓ Papel de la investigación y el tratamiento en la enfermedad de Huntington.
  - ✓ Consideraciones éticas en el tratamiento y la atención a personas con enfermedad de Huntington.

##### Objetivos de la clase:

- Comprender la base genética de la EH.
- Identificar los síntomas y efectos de la enfermedad en los pacientes.
- Analizar como la EH genera cierto impacto social, científico, ambiental, etc.

##### Duración de la clase:

90 minutos

##### Materiales necesarios:

- Proyector y computador para presentaciones.
- Videos documentales sobre la enfermedad de Huntington.
- Artículos sobre avances en tratamientos.

**Actividades detalladas:**

1. **Presentación sobre la enfermedad de Huntington (15 minutos):** Exposición sobre la historia de la enfermedad, su descubrimiento y el papel del gen HTT.
2. **Introducción a la importancia de una dieta saludable:** Por medio de la presentación de la EH, se habla de la importancia de tener una dieta rica en alimentos que contengan altos niveles de antioxidantes para prevenir enfermedades.
3. **Visualización de video (15 minutos):** Proyección de un documental que ilustre la vida de pacientes con enfermedad de Huntington. Después del video, los estudiantes deberán realizar la actividad sobre la percepción social de la enfermedad. **Actividad #3**



## Momento 4

### Clase 4: Prevención y tratamiento de mutaciones relacionadas con el estrés oxidativo

#### Temáticas:

- **Estrategias de prevención**
  - ✓ Antioxidantes y su papel en la protección del ADN.
  - ✓ Análisis de tratamientos a través de la representación de moléculas por medio de docking molecular.
- **Tratamientos actuales para la EH**
  - ✓ Enfoques terapéuticos y avances en investigación.
  - ✓ Terapias génicas y su potencial.
  - ✓ Medicamentos.

#### Objetivos de la clase:

- Explorar estrategias de prevención para reducir el riesgo de mutaciones.
- Analizar los tratamientos actuales y futuros para la enfermedad de Huntington.

#### Duración de la clase:

60 minutos

#### Materiales necesarios:

- Proyector y computador para presentaciones.
- Artículos sobre tratamientos y prevención.
- Material para realizar un debate.
- Software para el uso de docking molecular.

#### Actividades detalladas:

1. **Presentación sobre prevención y tratamiento (15 minutos):** Exposición sobre cómo un estilo de vida saludable y el uso de antioxidantes naturales pueden prevenir el daño al ADN. (un grupo de laboratorio realizara la exposición)

2. **Actividad en clase (20 minutos):** Dividir a los estudiantes en grupos para discutirán sobre los tratamientos actuales para la enfermedad de Huntington (incluir la efectividad de las terapias génicas en comparación con los tratamientos tradicionales). Para ello, tomaran dos moléculas con las cuales van a trabajar en el docking molecular. **Actividad #1 y Actividad #2**
3. **Cierre (40 minutos):** Los estudiantes deben diligenciar la prueba final (prueba de salida), donde se relacionan todos los conceptos abordados en las intervenciones, con relación a la EH.



### ACTIVIDAD MOMENTO 3

#### ACTIVIDAD - ENFERMEDAD DE HUNTINGTON

1. Observe el siguiente video y responda las preguntas.

**Link video** [https://www.youtube.com/watch?v=i\\_R0qK0Rl4A](https://www.youtube.com/watch?v=i_R0qK0Rl4A)

##### **Preguntas:**

- ¿Qué entiende por la enfermedad de Huntington?
- ¿Cuál es la causa genética de esta enfermedad?
- ¿Qué gen se ve afectado en esta condición genética?
- ¿Cuál es el diagnóstico diferencial en pacientes con síntomas similares?
- Describe los síntomas que aparecen en las etapas avanzadas de la enfermedad.
- ¿Qué impacto tiene la enfermedad en la calidad de vida del paciente y su familia?
- ¿Qué aspectos éticos se deben considerar en las pruebas genéticas?
- ¿Qué papel juegan las asociaciones y grupos de apoyo para pacientes y familias?
- Menciona algunas complicaciones importantes relacionadas con la enfermedad. Pueden ser éticas, morales, familiares, personales, etc. (máximo 5)

**Nota:** La solución debe ser de manera individual por medio de la actividad asignada en Moodle.

2. Realice la prueba final

##### **Link prueba:**

[https://forms.office.com/Pages/DesignPageV2.aspx?origin=NeoPortalPage&subpage=design&id=nGREgiPT\\_k6Tg1M4a\\_CM6lnk200AcfNHpHy9eVQAM7JURVhCTE9OV1E3WFkwMElQRIRDNFhOWUFWRC4u&topview=Preview](https://forms.office.com/Pages/DesignPageV2.aspx?origin=NeoPortalPage&subpage=design&id=nGREgiPT_k6Tg1M4a_CM6lnk200AcfNHpHy9eVQAM7JURVhCTE9OV1E3WFkwMElQRIRDNFhOWUFWRC4u&topview=Preview)



## ACTIVIDADES MOMENTO 4

### ACTIVIDAD #1 DOCKING MOLECULAR

1. Con su grupo de trabajo, tome dos moléculas (una de alcaloides y otra de antraquinonas) y modélela por medio de la técnica computacional docking molecular. Tome pantallazos y anéxeles.

*Tabla 15 Conjunto de alcaloides y antraquinonas*

| Alcaloides   | Antraquinonas               |
|--------------|-----------------------------|
| Quinina      | Alizarina                   |
| Cocaína      | Quina                       |
| Cafeína      | Barbaloína                  |
| Morfina      | Isobarbaloína               |
| Nicotina     | Tectoquinona                |
| Ricino       | Amarillo de antrapirimidina |
| Escopolamina | Crisofanol                  |
| Arecolina    | Senósidos                   |

*Fuente: Elaboración propia*

2. Realice cambios significativos, en los cuales la molécula este más estable y presente una mayor afinidad para el tratamiento de enfermedades neurodegenerativas. Describa los cambios realizados y relaciónelos con la proteína gama secretada.
3. Realice una infografía que resuma los resultados obtenidos, de donde proviene el alcaloide y la antraquinona, como la proteína gama secretada influye en estos (el alcaloide y la antraquinona) y como su implementación podría contribuir al tratamiento de enfermedades neurodegenerativas. (máximo dos hojas por cada molécula)

**Nota:** La infografía y la solución, será entregada en la actividad asignada en Moodle.

A continuación se describen los criterios de evaluación que se tendrán en cuenta para la valoración de la infografía.

*Tabla 16 Criterios de evaluación, actividad #1*

| Criterio | 0.0 - 1.5 | 1.5 - 3.0 | 3.0 - 4.5 | 4.5 - 5.0 | Valoración |
|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|



|                              |                                                                                                                        |                                                                                              |                                                                                                     |                                                                                                                                  |  |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <b>Claridad y coherencia</b> | La infografía no tiene buena claridad, el lenguaje no es apropiado y la información no es coherente con lo solicitado. | La infografía no tiene buena claridad y la información no es coherente.                      | La infografía tiene coherencia con lo solicitado, el lenguaje usado es apropiado, pero no es claro. | La infografía es coherente con lo solicitado, el lenguaje usado es apropiado y es la información es clara para cualquier lector. |  |
| <b>Presentación visual</b>   | No usa apoyos visuales que enriquecen la estructura de la infografía.                                                  | Los apoyos visuales no son claros o no se relacionan con la información que se pretende dar. | Los apoyos visuales son poco enriquecedores.                                                        | Usa apoyos visuales que enriquecen la estructura de la infografía.                                                               |  |
| <b>Contenido</b>             | No se presenta solución de los ítems propuestos en la actividad.                                                       | Se presentan solucionados solo la mitad de los ítems propuestos en la actividad.             | Se presentan solucionados algunos los ítems propuestos en la actividad.                             | Se presentan solucionados todas los ítems propuestos en la actividad.                                                            |  |



|                   |                                                           |                                                                                                                    |                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                |  |
|-------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <b>Estructura</b> | No tiene buena estructura y no es de fácil entendimiento. | No está estructurado de manera secuencial y no se tiene en cuenta la organización de la actividad y lo solicitado. | Está estructurado de manera secuencial de lo más simple a lo más relevante, pero no se tiene en cuenta la organización de la actividad y lo solicitado. | Está estructurado de manera secuencial de lo más simple a lo más relevante teniendo en cuenta la organización de la actividad y lo solicitado. |  |
| <b>Total</b>      |                                                           |                                                                                                                    |                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                |  |

**Fuente:** Elaboración propia



## ACTIVIDAD #2 ENFERMEDADES NEURODEGENERATIVAS, ANTIOXIDANTES Y ESTRÉS OXIDATIVO

1. Responda las siguientes preguntas de acuerdo con las dos lecturas realizadas.

- ¿Cómo el estrés oxidativo afecta la replicación del ADN?
- ¿Cómo el estrés oxidativo es precursor de mutaciones genéticas?
- ¿Por qué el estrés oxidativo está relacionado con enfermedades neurodegenerativas?

**Nota:** La solución a estas preguntas debe ser en grupo y será entregada en la actividad asignada en Moodle.

**Lectura 1:** <https://www.scielo.org.mx/pdf/eq/v31n1/0187-893X-eq-31-01-1.pdf>

**Lectura 2:**

<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10197511/#:~:text=El%20estr%C3%A9s%20oxidativo%20desempe%C3%B1a%20un,ello%2C%20al%20da%C3%B1o%20cerebral%20progresivo.>

2. Realice una presentación corta (máximo 10 minutos), donde explique:

¿Qué es la enfermedad? ¿Cómo se da? ¿Qué gen o genes son afectados? ¿Como el estrés oxidativo es precursor de esta enfermedad?

- a. Demencia frontotemporal
  - b. Parkinson
  - c. Alzheimer
  - d. Huntington
  - e. Esclerosis Lateral Amiotrófica (ELA)
4. Realice una exposición sobre cómo un estilo de vida saludable y consumo de antioxidantes naturales pueden prevenir el daño al ADN. De ejemplos de antioxidantes de fuentes naturales y los que se usan con mayor frecuencia para el tratamiento de enfermedades neurodegenerativas.

**Nota:** Las presentaciones se realizarán el día **29 de Mayo** de manera aleatoria.

A continuación se mencionan los criterios de evaluación sé que tendrán en cuenta para valorar las presentaciones:



*Tabla 17 Criterios de evaluación, video de exposición - Actividad 2*

| Criterio                           | 0.0 - 1.5                                                                                                   | 1.5 - 3.0                                                                                    | 3.0 – 4.5                                                                                           | 4.5 – 5.0                                                                              | Valoración |
|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Claridad y coherencia</b>       | La información no es clara, el lenguaje no es apropiado y la información no es coherente con lo solicitado. | La información no es clara y falta coherencia.                                               | La infografía tiene coherencia con lo solicitado, el lenguaje usado es apropiado, pero no es claro. | La información es clara y coherente con lo solicitado, el lenguaje usado es apropiado. |            |
| <b>Diseño y visualización</b>      | No usa apoyos visuales que enriquecen la estructura de la infografía.                                       | Los apoyos visuales no son claros o no se relacionan con la información que se pretende dar. | Los apoyos visuales son poco enriquecedores.                                                        | Usa apoyos visuales que enriquecen la estructura e información.                        |            |
| <b>Información clara y concisa</b> | No se presenta solución de los ítems propuestos en la actividad.                                            | Se presentan solucionados solo la mitad de los ítems propuestos en la actividad.             | Se presentan solucionados algunos los ítems propuestos en la actividad.                             | Se presentan solucionados todas los ítems propuestos en la actividad.                  |            |
| <b>Apropiación del tema</b>        | Los expositores no se apropiaron del tema.                                                                  | Los expositores no se apropiaron del tema, pero se apoyaron de la presentación.              | Los expositores se apropiaron del tema pero no suministraron claramente la información .            | Los expositores tienen claridad sobre el tema y se apropiaron del mismo.               |            |



|                                  |                                                           |                                                                             |                                             |                                      |  |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------|--|
| <b>Uso de recursos creativos</b> | No utilizo recursos didácticos, ni imágenes, videos, etc. | Utilizo algunos recursos, pero no estaban relacionados con la presentación. | Utilizo imágenes y videos alusivos al tema. | Utilizo diversos recursos didácticos |  |
| <b>Total</b>                     |                                                           |                                                                             |                                             |                                      |  |

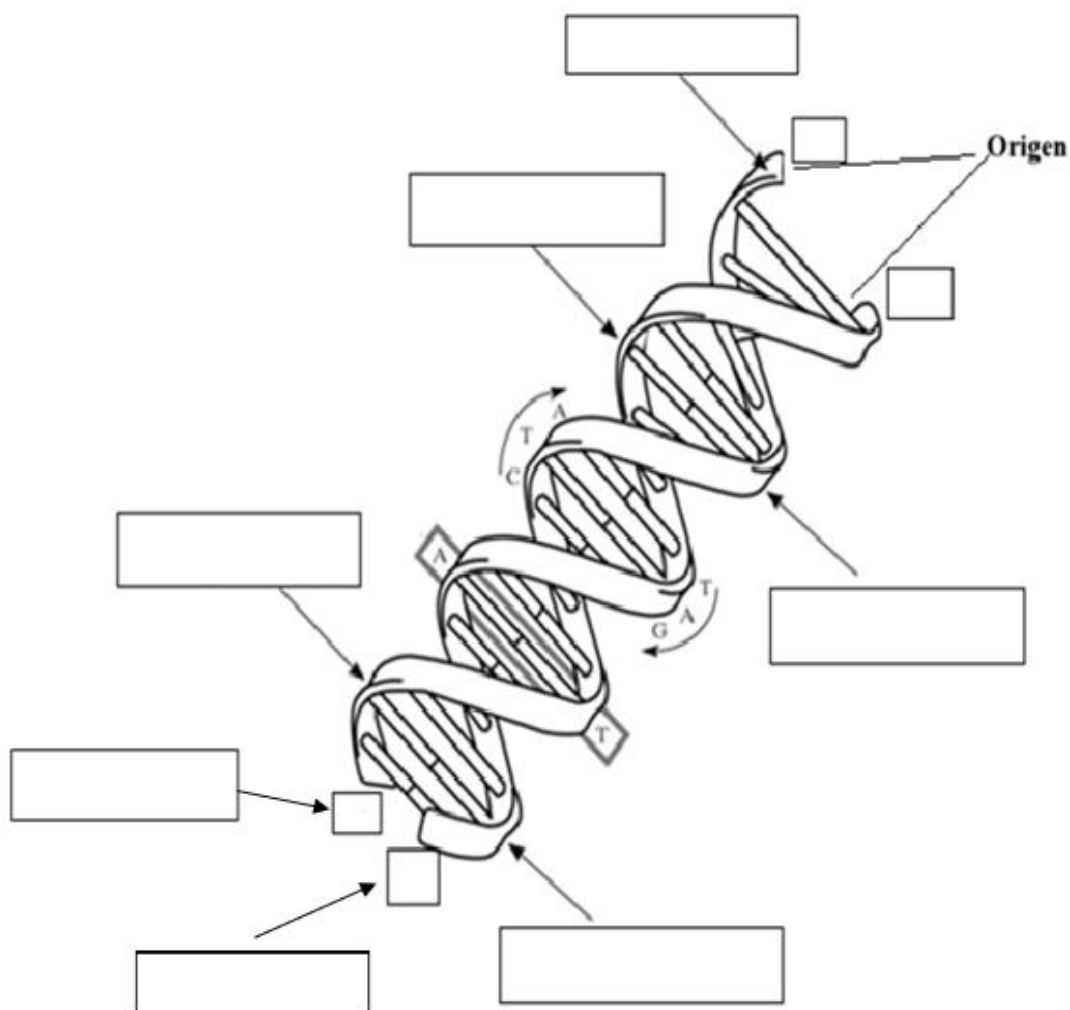
*Fuente: Elaboración propia*



## ANEXO 6 PRUEBA FINAL SOBRE CONOCIMIENTOS APRENDIDOS

### Parte #1

1. Identifique las partes de ADN de acuerdo por lo aprendido y coloree las bases nitrogenadas.



- Anticodón
- Grupo fosfato-desoxirribosa
- Adenina
- Guanina
- Codón
- Citosina
- Timina
- 3' (X2)
- 5' (X2)

## Mutaciones genéticas, estrés oxidativo y EH

### Parte #2

La enfermedad de Huntington es un trastorno neurodegenerativo que se relaciona con mutaciones genéticas y un aumento del estrés oxidativo en el cerebro. En la actualidad, donde la salud y el bienestar son temas de conversación cotidiana, es fundamental comprender cómo estas mutaciones afectan a las personas.

Marque con una X según corresponda.

2. ¿Qué relación existe entre las mutaciones genéticas que causan la enfermedad de Huntington y el papel del estrés oxidativo en la desarrollo de esta enfermedad?
  - F. Las mutaciones en el gen HTT reducen el estrés oxidativo, ralentizando la degeneración neuronal.
  - G. Las mutaciones en el gen HTT no tienen relación con el estrés oxidativo en la enfermedad de Huntington.
  - H. El aumento de estrés oxidativo mejora la función neuronal en la enfermedad de Huntington.
  - I. Las mutaciones en el gen HTT causan una disminución de radicales libres, favoreciendo así la salud cerebral.
  - J. Las mutaciones en el gen HTT aumentan el estrés oxidativo, acelerando la degeneración neuronal.
3. ¿Cuáles de los siguientes síntomas, son característicos de la enfermedad de Huntington? (puede marcar varias opciones).
  - F. Trastornos motrices, mentales, cognitivos, cambios de humor y mayor deseo sexual.
  - G. Trastornos mentales, dolor en las articulaciones y cambios de humor.
  - H. Mayor deseo sexual, trastornos motrices, dificultad para hablar y dolor de cabeza.
  - I. Trastornos mentales, espasmos, pérdida del apetito y la memoria.
  - J. Cambios de humor, sudoración excesiva, trastornos motrices y pérdida de peso.
4. ¿Cómo se relacionan las mutaciones genéticas con el desarrollo de la enfermedad de Huntington?
  - d. Las mutaciones en el gen HTT provocan un aumento en la codificación de la proteína huntingtina, que se acumula en las neuronas, provocando su daño y muerte.
  - e. La enfermedad de Huntington es causada por factores ambientales y no por mutaciones genéticas.
  - f. Las mutaciones en el gen HTT no tienen relación con el estrés oxidativo ni afectan al cerebro.

- g. Las mutaciones en el gen THH llevan a una producción normal de neurotransmisores, protegiendo las neuronas de daño.
- h. Las mutaciones en el gen HTT generan una disminución en la codificación de la proteína huntingtina, que se acumula en las neuronas, provocando apoptosis.

### Parte #3

Responda las siguientes preguntas de manera corta y concisa.

5. ¿Describe cuál es el papel del estrés oxidativo en la enfermedad de Huntington?

---

---

---

---

---

---

---

---

6. Describa como las familias cuidadoras de quienes padecen la enfermedad de Huntington se ven afectadas:

---

---

---

---

---

---

---

---

7. Escriba las diferencias entre las mutaciones genéticas y mutaciones cromosómicas.

| Ítems               | Mutaciones genéticas | Mutaciones cromosómicas |
|---------------------|----------------------|-------------------------|
| Nivel de alteración |                      |                         |
| Organización        |                      |                         |

|                                     |  |  |
|-------------------------------------|--|--|
|                                     |  |  |
| <b>Función celular</b>              |  |  |
| <b>Consecuencias<br/>frecuentes</b> |  |  |