

# **IMPLICACIONES DIDÁCTICAS DEL ABPr EN LA CONSTRUCCIÓN DEL CONCEPTO OXIDACIÓN**

Laura Tatiana González Cuéllar

Universidad Pedagógica Nacional  
Facultad de Ciencia y Tecnología  
Departamento de Química

Bogotá, Colombia

2023

# **IMPLICACIONES DIDÁCTICAS DEL ABPr EN LA CONSTRUCCIÓN DEL CONCEPTO OXIDACIÓN**

Laura Tatiana González Cuéllar

Trabajo de Grado para optar por el título de Licenciada en Química

Director

Dir: Químico, MSc, MDA, Dr. Rodrigo Rodríguez Cepeda

Universidad Pedagógica Nacional

Facultad de Ciencia y Tecnología

Departamento de Química

Bogotá, Colombia

2023

## **AGRADECIMIENTOS**

*Agradezco a mi mamá y mi abuela por apoyarme en este camino y ser ejemplo de constancia y autonomía.*

*A Andrey por estar a mi lado en cada momento y motivarme a ser mejor cada día.*

*A mis amigas, por no dejarme sola y aprender conmigo de cada situación.*

*A la Universidad Pedagógica Nacional por formarme como profesional y enseñarme a no quedarme callada frente a las injusticias.*

*A mis profesores, porque de todos ellos me llevo miles de aprendizajes.*

## CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	3
3.	JUSTIFICACIÓN.....	5
4.	OBJETIVOS.....	6
4.1	Objetivo General.....	6
4.2	Objetivos Específicos.....	6
5.	ANTECEDENTES.....	7
6.	MARCO TEÓRICO.....	15
6.1	Oxidación.....	15
6.2	Antioxidantes.....	16
6.3	Radicales libres y estrés oxidativo.....	16
6.4	Aprendizaje Basado en Proyectos.....	17
6.5	Aprendizaje Basado en Problemas.....	20
6.6	Diferencia entre ABP y ABPr.....	21
6.7	Aprendizaje.....	21
7.	METODOLOGÍA.....	23
7.1	Muestra poblacional.....	24
7.2	Fases de la investigación.....	25
7.2.1	<i>Fase diagnóstica</i> .....	25
7.2.2	<i>Fase de intervención:</i> .....	25
7.2.3	<i>Fase evaluativa:</i> .....	25
7.2.4	<i>Fase final:</i> .....	25
8.	RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	26
8.1	Instrumento inicial, ideas previas.....	26
8.1.1	Pregunta 1.....	27
8.1.2	Pregunta 2.....	31
8.1.3	Pregunta 3.....	32
8.1.4	Pregunta 4.....	34
8.1.5	Pregunta 5.....	35
8.1.6	Pregunta 6.....	36

8.1.7	Pregunta 7 .....	37
8.2	Secuencia de actividades .....	39
8.2.1	Actividad 1. Estrés oxidativo .....	39
8.2.1.1	Pregunta 1 .....	47
8.2.1.2	Pregunta 2 .....	49
8.2.1.3	Pregunta 3 .....	52
8.3	Actividad 2. Licopeno como antioxidante .....	53
8.3.1	Práctica demostrativa.....	53
8.3.2	Mecanismo de reacción .....	57
8.3.3	Actividad 3. Infografía y respuesta “¿Qué pasaría si...?” .....	61
8.4	Implicaciones didácticas encontradas .....	70
9	CONCLUSIONES .....	73
10	RECOMENDACIONES Y LIMITACIONES .....	75
11	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	76
12	ANEXOS .....	81
12.1	Anexo 1. Instrumento inicial.....	81
12.2	Anexo 2. Rúbrica de validación instrumento 1.....	83
12.3	Anexo 3. Respuestas pregunta 1 (instrumento inicial).....	83
12.4	Anexo 4. Respuestas pregunta 3 .....	85
12.5	Anexo 5. Respuestas pregunta 4 .....	85
12.6	Anexo 6. Respuestas pregunta 7 .....	86
12.7	Anexo 7. Rúbrica de evaluación. Diagnóstico .....	87
12.8	Anexo 8. Actividad 1.....	88
12.9	Anexo 9. Rúbrica de evaluación diagrama de Venn. Actividad 1. ....	90
12.10	Anexo 10. Rúbrica de evaluación diagrama de espina de pescado. Actividad 1. ....	90
12.11	Anexo 11. Rúbrica de evaluación ¿Qué pasaría si...?. Actividad 1. ....	91
12.12	Anexo 12. Respuestas diagrama de Venn. Actividad 1. ....	92
12.13	Anexo 13. Respuestas diagrama de espina de pescado. Actividad 1. ....	95
12.14	Anexo 14. Preguntas ¿Qué pasaría? propuestas. Actividad 1. ....	98
12.15	Anexo 15. Diseño práctica de laboratorio: Extracción Soxhlet. Actividad 3.....	99
12.16	Anexo 16. Análisis de los cambios en la manzana. Actividad 3.....	102
12.17	Anexo 17. Mecanismos de reacción propuestos. Actividad 3.....	103

<b>12.18</b>	<b>Anexo 18. Rúbrica de evaluación mecanismos de reacción. Actividad 3.....</b>	<b>105</b>
<b>12.19</b>	<b>Anexo 19. Infografías diseñadas por los estudiantes. Actividad final.....</b>	<b>107</b>
<b>12.20</b>	<b>Anexo 20. Rúbrica de evaluación infografías. Actividad final. ....</b>	<b>111</b>
<b>12.21</b>	<b>Anexo 21. Secuencia didáctica .....</b>	<b>112</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Matriz de evaluación instrumento inicial. Tomado y adaptado de Escobar-Pérez, Jazmine &amp; Martínez, A.. (2008). Validez de contenido y juicio de expertos: Una aproximación a su utilización. Avances en Medición. 6. 27-36. ....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 2. Enraizamiento y densidad. Pregunta 1. Fuente: Elaboración propia .....</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 3. Resultados cuantitativos actividad 1. Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 4. Evaluación estudiante 5. Fuente: Elaboración propia .....</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 5. Análisis estadístico. Actividad 1. Fuente: Elaboración propia .....</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 6. Respuestas a la pregunta ¿Qué pasaría? Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>66</i>
<i>Tabla 7. Correlación de Pearson. Pruebas antes y después de la intervención. Fuente: Elaboración propia.....</i>	<i>69</i>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1. Ejemplo de respuesta 1</i> .....	27
<i>Ilustración 2. Ejemplo de respuesta 2</i> .....	27
<i>Ilustración 3. Red de conceptos pregunta 1. Elaboración propia</i> .....	28
<i>Ilustración 4. Representación estudiante 8</i> .....	29
<i>Ilustración 5. Representación estudiante 9</i> .....	30
<i>Ilustración 6. Oxidación. Pregunta 1</i> .....	30
<i>Ilustración 7. Resultados pregunta 2. Instrumento inicial Elaboración propia</i> .....	31
<i>Ilustración 8. Respuesta estudiante 2</i> .....	32
<i>Ilustración 9. Red estrés oxidativo</i> .....	33
<i>Ilustración 10. Resultados pregunta 4</i> .....	35
<i>Ilustración 11. Red antioxidantes</i> .....	36
<i>Ilustración 12. Resultados pregunta 6</i> .....	37
<i>Ilustración 13. Red pregunta 7</i> .....	38
<i>Ilustración 14. Valoraciones prueba inicial</i> .....	39
<i>Ilustración 15. Ejemplo de respuesta. Actividad 1</i> .....	45
<i>Ilustración 16. Valoraciones pregunta 1. Elaboración Propia</i> .....	48
<i>Ilustración 17. Respuesta estudiante 2</i> .....	49
<i>Ilustración 18. Valoraciones diagrama causa – efecto</i> .....	50
<i>Ilustración 19. Respuesta con valoración máxima</i> .....	51
<i>Ilustración 20. Respuesta con valoración mínima</i> .....	51
<i>Ilustración 21. Valoraciones construcción pregunta</i> .....	53
<i>Ilustración 22. Manzana tratada con extracto (mitad derecha) y si tratar (mitad izquierda)</i> .....	54
<i>Ilustración 23. Estudiantes realizando la experiencia</i> .....	55
<i>Ilustración 24. Red actividad 3</i> .....	55
<i>Ilustración 25. Ejemplo de mecanismo elaborado por el estudiante 9</i> .....	57
<i>Ilustración 26. Red mecanismo de reacción</i> .....	58
<i>Ilustración 27. Iniciación</i> .....	59
<i>Ilustración 28. Propagación</i> .....	60
<i>Ilustración 29. Terminación</i> .....	61
<i>Ilustración 30. Ejemplo de infografía</i> .....	62
<i>Ilustración 31. Red concepto oxidación</i> .....	63
<i>Ilustración 32. Red estrés oxidativo</i> .....	64
<i>Ilustración 33. Red antioxidantes – salud</i> .....	65
<i>Ilustración 34. Valoraciones infografía final</i> .....	68



## 1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación pretende identificar las implicaciones didácticas que tiene el modelo del Aprendizaje Basado en Proyectos, aplicado a la construcción del concepto oxidación debido a, que existe una gran preocupación por involucrar a los docentes en formación en un ejercicio de aprendizaje bajo modelos no tradicionales, con el objetivo de que los estudiantes aprendan y desarrollen habilidades a través del quehacer y no solo desde la observación y participación pasiva en el aula.

De otro lado, se hace necesario replantear la idea que tienen los docentes en formación de que la ciencia, especialmente la química, solo tiene lugar en los laboratorios, por lo que se ve aislada o difícil y de esta misma manera se lleva a las aulas cuando están en ejercicio, a raíz de esta situación, nace la propuesta de la construcción del concepto oxidación bajo el modelo del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABPr). Se propone diseñar y aplicar una secuencia didáctica enmarcada en el modelo y en el contexto del estudio de compuestos bioactivos presentes en los alimentos.

El modelo del ABPr propone un escenario donde los estudiantes desarrollan autonomía y responsabilidad en su proceso de aprendizaje, el profesor resulta un facilitador o mediador. Además, el estudiante asume un rol de investigador y fortalece no solo habilidades como análisis y explicación de fenómenos, sino también habilidades sociales como la asertividad, síntesis y presentación de la información; esto, debido a que el trabajo en equipo estará inmerso en las diferentes actividades.

El presente trabajo de investigación se desarrolló de acuerdo con los objetivos y lineamientos del Semillero de investigación χημεία (Chimeía) adscrito a la línea de investigación “Alimentómica + E” del grupo de investigación de Didáctica y sus Ciencias, en el marco del proyecto de investigación DQU-037-S-22, financiado por el CIUP-Universidad Pedagógica Nacional.

La investigación se encuentra dividida en los siguientes capítulos: en primer lugar, el planteamiento del problema, seguido de la justificación y los objetivos tanto general como específicos que son los que direccionan el proyecto y buscan reconocer las implicaciones

didácticas del modelo ABPr en la construcción del concepto oxidación, evaluar el nivel conceptual de los estudiantes antes y después de la aplicación y construir la secuencia didáctica que será aplicada. Luego, se encuentra una revisión de antecedentes de los últimos 10 años con documentos tanto nacionales (Bogotá, Medellín y Córdoba) como internacionales (Chile y España) donde se hace mención del uso del modelo en diferentes contextos y que dan respaldo a la presente investigación.

Por otro lado, se mencionan los referentes teóricos que se tuvieron en cuenta para la comprensión de los resultados y las conclusiones del proyecto, continuando con el diseño metodológico planteado para abordar y cumplir los objetivos, la población de estudio y las cuatro fases de la investigación. Posteriormente, se presentan los resultados de la intervención y su respectivo análisis, seguido del apartado de conclusiones donde se realiza una conexión con los objetivos mencionados anteriormente y para finalizar, se presentan las recomendaciones y limitaciones encontradas.

## 2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Lombana (2012) como se citó en Cabeza, L., Zapata, Á., & Lombana, J (2018) afirma que la crisis de la calidad de la educación en Colombia no es un tema nuevo, pues se han venido realizando estudios de años donde se realiza la misma recomendación final: establecer mecanismos de control y estándares de calidad para la profesión docente, acompañado de estrategias de formación y retroalimentación constante.

Esta crisis y la falta de acompañamiento por parte del Estado, ha llevado a que los docentes en Colombia se dediquen a reproducir y transferir información en las aulas sin brindar un contexto o sin generar algún tipo de vínculo con sus estudiantes. Aún más los docentes de ciencias *exactas*, que se tienen que enfrentar entre otras cosas al desinterés y falta de compromiso de los estudiantes.

Con miras a prevenir la reproducción de dichos comportamientos desinteresados en el aula, se debe iniciar un proceso las Universidades para profesores, partiendo de su formación inicial hasta en el ejercicio y la práctica pedagógica, de allí la importancia de que los docentes de Instituciones de Educación Superior, específicamente de licenciaturas relacionadas con ciencias sean completamente rigurosos con sus estudiantes y logren innovar en el aula para garantizar que los procesos de aprendizaje se estén llevando a cabo de la mejor manera y así brindar una mejor calidad de docentes al país.

Los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, específicamente de la química, han mantenido las mismas dinámicas por años: los estudiantes no son sujetos activos, el maestro se centra en un discurso con palabras poco familiares y ejercicios prácticos de lápiz y papel, entre otras dificultades que desembocan en el problema principal de la química descontextualizada y el poco interés de los estudiantes en continuar sus estudios con carreras científicas.

Adicionalmente, en Colombia la mayoría de los currículos de Licenciatura en química para educación superior no incorporan problemáticas actuales ni propuestas innovadoras donde el estudiante sea consciente de su contexto y a partir de él pueda adquirir conocimientos.

Los desafíos desde la enseñanza de la química para profesores de química son entonces: (1) motivar procesos que ocasionen en el estudiante consciencia de su proceso de aprendizaje a

través de la enseñanza de contenidos próximos a su realidad; (2) articular la evolución histórica de la ciencia, su naturaleza, pertinencia, relevancia, desarrollos tecnológicos y comprensión de tópicos socio-ambientales con los contenidos disciplinares; (3) integrar en los planos curriculares modelos y propuestas didácticas pertinentes que permitan abordar los contenidos desde un enfoque situado en la realidad. (Parga-Lozano, D. L., & Piñeros-Carranza, G. Y., 2018).

De acuerdo con lo anterior, para el presente trabajo se plantea la siguiente pregunta problema, que orientará la investigación: ¿Qué implicaciones didácticas tiene el modelo del ABPr en la construcción del concepto oxidación, en el contexto de las moléculas antioxidantes, a partir del estudio de extractos de alimentos?

### 3. JUSTIFICACIÓN

El aprendizaje basado en proyectos (ABPr) es un modelo pedagógico que requiere de una máxima entrega no solo del profesor, que es quien se encarga de ser guía en el proceso de enseñanza-aprendizaje sino de los estudiantes y padres de familia, pues su papel es fundamental para poder tomar conciencia de su proceso y hacerse responsables del mismo. (Sánchez, J., 2013)

Generalmente, los estudiantes perciben el área de ciencias naturales como espacios donde no pueden desarrollar habilidades diferentes a la lógico-matemática y es allí donde cobra importancia el hecho de hacer al estudiante sujeto activo en su proceso de aprendizaje; transformar la idea de la ciencia difícil y aislada a los laboratorios a una ciencia cotidiana y a la que cualquier persona pueda tener acceso.

Conocer los retos que presenta la educación para profesores de ciencias en Colombia e idear estrategias que contrarresten estos problemas se convierte en un punto fundamental para la didáctica de las ciencias y, si bien es cierto que se ha intentado atacar el problema, no ha sido suficiente con los esfuerzos de un grupo reducido de maestros. Se hace necesario entonces que no solo los profesores sino también las Instituciones de Educación Superior y el Estado construyan políticas internas encaminadas a ello.

El presente trabajo de investigación se hace relevante en tanto busca conocer qué implicaciones tiene el modelo del ABPr en un concepto clave para la formación en química como la oxidación, retomando prácticas de laboratorio y actividades académicas que le permitan al estudiante acercarse a la ciencia desde un papel protagónico.

Además, cabe resaltar que, al realizar una búsqueda bibliográfica de artículos en revistas indexadas, tesis de maestría y doctorado consultadas en repositorios de universidades nacionales e internacionales así como bases de datos en un periodo de 10 años (2013-2023), no se encontró una gran cantidad de trabajos de investigación anteriores que relacionaran el modelo del ABPr con el concepto de oxidación, incluso, dentro de la Universidad Pedagógica Nacional en los últimos 5 años solo se encontró un trabajo de grado elaborado por Rojas Patarroyo, J (2020) en el departamento de matemáticas. De allí entonces la importancia de avanzar en la investigación de este modelo aplicado a conceptos y ambientes de la química.

## 4. OBJETIVOS

**4.1 Objetivo General:** Identificar las implicaciones didácticas de la construcción del concepto oxidación desde el modelo del aprendizaje basado en proyectos (ABPr) en el contexto de los compuestos bioactivos presentes en alimentos.

### 4.2 Objetivos Específicos:

- ✓ Evaluar el nivel conceptual que tienen los estudiantes frente al concepto oxidación, antes de la intervención, a través de un instrumento de ideas previas, que permita obtener el punto de partida para el diseño metodológico.
- ✓ Diseñar y aplicar una secuencia didáctica en el contexto de los extractos bioactivos antioxidantes, enmarcado en el modelo ABPr para que el estudiante construya el concepto oxidación.
- ✓ Proponer las implicaciones didácticas de la intervención por medio de un instrumento que dé cuenta de la construcción de conceptos alcanzada por los estudiantes.

## 5. ANTECEDENTES

Para desarrollar el presente trabajo de investigación se realizó una búsqueda de artículos y tesis publicadas en los últimos 10 años, tanto en la enseñanza y aprendizaje del concepto oxidación, como el uso del modelo del ABPr en otros contextos. Durante esta búsqueda de material bibliográfico se logró evidenciar que dentro de la Universidad Pedagógica Nacional no existen muchos trabajos de investigación que relacionen el modelo con el concepto químico propuesto.

A continuación, se presenta el consolidado de trabajos de investigación previos tanto a nivel regional, como nacional e internacional.

En la Universidad Nacional de Colombia (Sede Medellín) para el año 2018, se desarrolló una Unidad de Enseñanza Potencialmente Significativa para enseñar el concepto de oxidación y reducción a estudiantes de grado décimo. González Henao, C. (2018) propuso diferentes actividades como celdas electroquímicas, circuitos para encender bombillos, puentes salinos y clases magistrales. Finalmente, obtuvo muy buenos resultados teniendo en cuenta que los estudiantes después de la intervención lograron describir cada uno de los fenómenos, potenciar habilidades de escritura, identificar el agente oxidante y reductor en una reacción y luego plantear las semirreacciones.

De otro lado, en la Universidad de Córdoba se desarrolló un proyecto denominado “Aprendizaje Basado en Proyectos, una estrategia para desarrollar competencias en estudiantes de Secundaria en Colombia” por Mercado Mercado, F., et al (2018) el cuál fue presentado en el VIII Congreso Internacional sobre Formación de Profesores en Ciencias, en el cual se pretendía aplicar una estrategia de ABPr específicamente en el área de Ciencias Naturales y Educación Ambiental; se desarrolló una investigación de tipo cualitativo donde a través de diferentes actividades se buscaba potenciar las competencias de los estudiantes.

En los resultados, presentan un avance significativo en cuanto al desarrollo de algunas competencias como indagación, explicación e interpretación; dentro de este mismo apartado se presenta como principales impedimentos para el desarrollo de estas competencias antes de la intervención fueron el trabajo exclusivo en el aula de clase y los ejercicios de lápiz y papel.

Es importante resaltar que, este trabajo no solo fue de ayuda para los estudiantes, sino también para la docente titular, pues se amplió el espectro que tenía acerca de la enseñanza de las ciencias y la relevancia que tiene llevar propuestas innovadoras al aula, explorar diferentes espacios y estilos de aprendizaje.

De la misma forma, Algumedo, C., (2020) realiza un proyecto de grado de maestría en Medellín que consiste en enseñar ciencias naturales a través de la elaboración de jabón artesanal haciendo uso de aceite de cocina usado, inicialmente se realizó una prueba diagnóstica para conocer el nivel de conocimiento de los estudiantes frente a los jabones y su proceso productivo, luego se realizaron diferentes intervenciones en el laboratorio lo que permitió desarrollar en los estudiantes algunas actitudes positivas hacia la ciencia que quizá no se habían evidenciado antes.

Además, se logró un aumento en el desempeño académico de los estudiantes, inicialmente se observó un desempeño deficiente y luego de la experiencia, un desempeño alto. En cuanto al rol del estudiante y el maestro en el desarrollo de proyectos para el aprendizaje de un concepto, se puede decir que el estudiante toma un rol de líder, haciéndose cargo de su proceso y el de su grupo de trabajo; además, el hecho de tomar residuos y poder convertirlos en productos nuevos y funcionales aumenta en ellos la capacidad de asombro y de indagación.

Mientras que, el profesor actúa como guía y orientador de las instrucciones, vela por el bienestar de los estudiantes mientras se realiza la actividad y finalmente, evalúa los avances que cada estudiante desarrolla. Sin embargo, Algumedo, C., (2020) enfatiza en que trabajar bajo el ABPr representa un reto no solo para los estudiantes (por el trabajo que supone entregar un producto final) sino también para el profesor, pues debe adaptar el proyecto al currículo, ser coherente con la evaluación y además garantizar resultados de aprendizaje.

Ahora bien, es importante reconocer uno de los trabajos de grado presentado en la Universidad Pedagógica Nacional desde el departamento de matemáticas llamado “Acercamiento al concepto de función lineal mediante un aprendizaje basado en proyectos: “armemos la bici y aprendamos matemáticas” presentado por Rojas Patarroyo, J (2020) allí el autor tomó como población el grado noveno de una institución educativa distrital de la ciudad de Bogotá para enseñar el concepto de función lineal a partir del modelo pedagógico del aprendizaje basado en



proyectos. El proyecto que se planteó para los estudiantes fue determinar la relación entre dos o más aspectos asociados a diferentes tipos de bicicletas; por ejemplo, en uno de los casos se estudió la relación de la altura del usuario con la talla de bicicleta.

Es importante mencionar que, los estudiantes fueron los que eligieron el tipo de bicicleta y la relación que presentaron. En un primer momento, antes de conocer el concepto de función lineal, los estudiantes presentaron un primer acercamiento a la bicicleta, su historia, partes, funcionamiento y los datos que obtuvieron en la investigación. Posteriormente, los profesores orientaron una sesión de función lineal y finalmente, los estudiantes corrigieron sus proyectos y presentaron un producto de manera teórica dejando la posibilidad de llevarlo a la realidad en algún futuro.

Cabe destacar, que los objetivos del trabajo de investigación se cumplieron, pues después de analizar los resultados de las actividades realizadas se evidenció el aumento en el interés de los estudiantes en la asignatura no sin antes mencionar que el impacto hubiera sido mayor si los productos hubieran saltado al plano de lo material. A pesar de ello, los estudiantes demostraron un aumento en sus capacidades de trabajo en equipo y diálogo entre ellos, y de manera individual se pudo observar cómo al avanzar se hacían más responsables y autónomos de su aprendizaje.

Finalmente, como referentes internacionales se encontraron dos artículos, uno aplicado en Chile y el otro en España. En el primero Lazo Santibáñez, L., Vidal Fuentes, J., & Vera Aravena, R. (2013) se centraron en la investigación del proceso de enseñanza-aprendizaje del concepto de oxidación y reducción a partir del fenómeno de la corrosión haciendo uso de dos monedas del mismo valor, pero diferente composición; así los estudiantes debían hacer una serie de determinaciones para reconocer la pérdida de peso de los metales y atribuirla a la corrosión.

Después de la intervención, los estudiantes lograron un desenvolvimiento en el laboratorio y además se les noto bastante interesados en el tema dado que lo percibían un poco más cercano.

Retomando, la segunda intervención tuvo lugar en Granada, España Ayerbe, J., & Perales Palacios, F. J. (2020) pretendían aumentar la conciencia ambiental de los estudiantes de 4º de secundaria en un instituto público de la zona haciendo uso del modelo de aprendizaje basado en proyectos.

La temática principal fue el medio ambiente urbano y los problemas asociados a este, inicialmente se hicieron unas actividades de sensibilización y cuando los investigadores decidieron que la población estaba preparada para abordar las temáticas, iniciaron con el proyecto. Primero se hicieron grupos de trabajo colaborativo teniendo en cuenta algunos criterios de compatibilidad propuestos y allí se asignaron diferentes roles a cada uno de los estudiantes.

Luego, se hicieron actividades fuera de la institución educativa que les permitieran a los estudiantes interactuar con su entorno, hicieron encuestas a los habitantes de la zona, analizaron la calidad de aire y la contaminación acústica con equipos dispuestos en la ciudad además de verificar el estado de los ríos. Para llevar el control de sus actividades los estudiantes debían llevar un portafolio y un diario de campo donde, por medio de preguntas orientadoras, registraban los avances, datos e hipótesis de su investigación. Finalmente, con ayuda de los profesores, cada grupo presentó un plan de mejora del medio ambiente urbano haciendo de herramientas TIC.

Ahora bien, el objetivo principal del proyecto se alcanzó pues en los análisis estadísticos se observó un incremento importante en el nivel de conciencia ambiental de los estudiantes, además de evidenciar un aumento en el interés por la investigación a la hora de realizar tareas que impliquen contacto con sujetos externos a la institución y la presentación de resultados a una audiencia especializada (en este caso, la Universidad de Granada).

Sin embargo, resaltan que la experiencia hubiese sido aún más significativa y con resultados más duraderos si los docentes de las áreas diferentes a ciencias naturales se hubieran involucrado más en el proceso y no solo como agentes de apoyo y cumplimiento de tareas específicas, es allí donde el concepto de interdisciplinariedad en el modelo del ABPr debe tomar más fuerza.

En esa misma línea, se encuentra la tesis de maestría titulada “Aprendizaje Basado en Proyectos. Un modelo innovador para el aprendizaje de la química” desarrollada en la Universidad Pedagógica Nacional por Luis Alfonso Martín donde buscaba estudiar la influencia que tiene la implementación de un proyecto en el proceso de aprendizaje de química evaluando el papel que cumple el docente y estudiante dentro de los procesos de innovación educativa y la relación con el aprendizaje de la química.

El proyecto consistió en orientar a los estudiantes de grado once en la fabricación de un producto cotidiano como jabones, geles, cerveza artesanal, entre otros. La elaboración del producto se propone de manera colaborativa con siete fases, inicialmente los estudiantes recibieron un documento base para comprender la estructura, seguido de un espacio de consulta para continuar con la elaboración de un anteproyecto (tomando como ejemplo la estructura del documento entregado por el docente) que posteriormente fue evaluado y finalmente el desarrollo del proyecto (elaboración del producto) y la socialización de este.

El proyecto que desarrollaron los estudiantes consistió no solo en la fabricación de su producto sino también en la construcción de un documento que debía dar cuenta de la relación de los aprendizajes de la asignatura de química con el proceso productivo del producto. Además de un vídeo donde se observara cada uno de los pasos de elaboración del producto.

Martín Roldan, L. A. (2016) categoriza los resultados de la investigación en tres grandes grupos: Construcción del conocimiento, indagación y creatividad. Dentro de la primera categoría, el autor obtuvo resultados satisfactorios en cuanto a que los estudiantes lograron establecer explicaciones en cuanto a los procesos físicos, químicos y biológicos involucrados en la elaboración de los productos y como estos se relacionan con la utilidad o función del mismo.

De otro lado, para la categoría 2, referente a los procesos de indagación de los estudiantes, se resaltan consultas relacionadas con aspectos físicos, químicos, biológicos e ingredientes que intervienen en la elaboración del producto, así como la cantidad y calidad de fuentes utilizadas dentro de las cuales se destacan las webgraffías y una sola fuente bibliográfica. De la misma manera, se encontró que los estudiantes realizaron algunos aportes en la parte experimental como el diseño y buen manejo de algunos montajes, así como la entrega final del producto en cuanto a empaque y embalaje.

Finalmente, dentro de la categoría número 3, creatividad, se identificó que los estudiantes dieron soluciones a situaciones problemáticas que se presentaron a lo largo del desarrollo de los proyectos además de la innovación en cuanto a equipos y montajes “caseros”, así como la creatividad en los nombres y logos de los productos y la producción del video de paso a paso.

A partir de los resultados de la investigación de Roldan, se logró identificar que cuando el aprendizaje se ve mediado por un proyecto donde los estudiantes se encuentren involucrados logran generar un puente entre el conocimiento propio de la disciplina y su aplicación en la vida cotidiana y así producir nuevos conocimientos.

Otro de los aportes significativos está relacionado con el enlace que el estudiante realiza entre sus saberes previos, conocimientos propios de las disciplinas y actividades donde sean protagonistas y autónomos de su aprendizaje, otra de las características y beneficios de aplicar el modelo ABPr en la enseñanza y aprendizaje de la química.

Del mismo modo, Carmen Ochoa en el 2017 en su tesis de fin de máster titulada “Aprendizaje Basado en Proyectos. Cómo ganar MasterChef Junior utilizando la química” desarrollada en la Universidad Pública de Navarra en España utiliza la estrategia ABPr con el objetivo de que “los alumnos comprendan la materia (disolvente, soluto, mezclas homogéneas y heterogéneas, concentración, moléculas, masa molecular, ...) al finalizar el mismo, además de adquirir todos los conocimientos transversales que esta metodología implica.” (Ochoa Sagüés, C., 2017)

Esta propuesta está diseñada bajo el contexto de la técnica de la esferificación utilizada en la cocina tradicional, esta consiste en presentar los alimentos líquidos en forma de esfera con textura de gelatina, los estudiantes fueron divididos en grupos con diferentes roles: secretario, moderador y ponente teniendo en cuenta los resultados de una prueba de personalidad.

El proyecto que los estudiantes desarrollaron fue la esferificación de bebidas como te, café o batidos sin alcohol a partir de una serie de actividades previas de contextualización acerca de la conformación de compuestos y su respectiva nomenclatura IUPAC, así como una práctica de laboratorio introductoria de preparación de soluciones de cloruro de calcio para practicar el procedimiento de la esferificación en un ejercicio inicial y luego con las bebidas escogidas.

Una de las reflexiones que deja esta investigación, es la diversidad de formas y estilos de aprendizaje que no contempla la educación bajo un modelo tradicional y que el ABPr si tiene en cuenta las habilidades y competencias de cada estudiante de manera individual y como potenciarlas al estar en un equipo de trabajo cumpliendo un rol específico. Además, Ochoa

enfatisa en la importancia de que el docente conozca a su estudiante y su realidad próxima, con el objetivo de plantear actividades y proyectos que llamen su atención y potencien sus habilidades para adquirir y construir conocimientos a partir de la guía del profesor.

Por otro lado, un artículo publicado en la revista *Avances en Ciencias e Ingeniería* en 2020 titulado “Implementación del Aprendizaje Basado en Proyectos en laboratorios de Química Analítica del grado de química” da cuenta de la aplicación de modelo ABPr en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la química analítica con el objetivo de mejorar los análisis y la revisión crítica de los resultados obtenidos de las diferentes experiencias, así como llevar a un contexto específico las prácticas de laboratorio y el trabajo colaborativo.

Ayala Cabrera, J. F., Pérez Ràfols, C., Núñez, O., & Serrano, N. (2020) implementaron una estrategia que se desarrolló en cinco fases: la primera relacionada con la formación de los grupos y la asignación de un proyecto, la segunda con la búsqueda de información, la tercera con la presentación y evaluación de la propuesta, la cuarta el desarrollo y la última la exposición y presentación final. El proyecto base que se le presentó a cada grupo de estudiantes fue un producto o muestra entre aceites, agua de consumo, metales, fármacos y haluros y cada grupo debía proponer una pregunta o preguntas orientadoras de la práctica, qué parámetros se pretendía analizar y la cantidad y naturaleza de las muestras.

De acuerdo con el diseño metodológico de la investigación, se desarrolló cada una de las fases y se obtuvieron resultados con respecto al avance de los estudiantes en cuanto a la evaluación crítica de los resultados de las prácticas que fueron categorizados en dos grupos: Resultados en el cuaderno de laboratorio y análisis crítico en la exposición final. Los resultados denotaron una diferencia significativa entre los análisis antes y después de la intervención en cuanto a que antes los estudiantes se limitaban a analizar resultados numéricos y los relacionaban con parámetros como precisión y veracidad, mientras que al final no solo incluían estos parámetros sino que también “los extrapolaba y los interpretaba para poder relacionarlos con la problemática que se planteaba en la práctica realizada y extraer conclusiones sobre la muestra analizada” (Ayala Cabrera, J. F. et al., 2020)

Para determinar si la propuesta y el modelo resultaron ser efectivos para que los estudiantes logaran contextualizar las prácticas, se empleó una encuesta donde el 96% de los estudiantes consideró que el modelo ABPr resultó bastante útil a la hora de contextualizar los laboratorios con escenarios de control de calidad en las diferentes industrias que trabajaron.

Finalmente, se evaluó el trabajo colaborativo en el marco del desarrollo de los proyectos con un formato de coevaluación que dio como resultado que más del 95% de los estudiantes sintieron el trabajo equitativo lo cual resulta ser un factor determinante en la conformación de conflictos intra e intergrupales.

Uno de los aportes más significativos de esta propuesta desarrollada en España tiene que ver con la relación que se encontró entre el uso del modelo ABPr y la mejora en cuanto a los procesos de análisis y contextualización de los estudiantes, sin dejar de lado el papel del maestro de guía y facilitador de espacios y materiales en los momentos oportunos con el objetivo de cumplir a cabalidad con el proyecto, además de ser garante de que sus estudiantes estén llevando a cabo un buen proceso por medio de tutorías y encuentros con cada uno de los grupos.

Así pues, los antecedentes presentados anteriormente son la base para la presente investigación, en tanto que el modelo y el aprendizaje o desarrollo de diferentes conceptos y habilidades han sido aplicados y trabajados en diferentes contextos obteniendo resultados satisfactorios, lo que daría un amplio soporte en el presente proyecto. Así mismo, el proyecto en curso podría aportar bastante en tanto no se encontró un amplio banco de referencias de artículos o tesis publicadas que relacionen el modelo del ABPr con el concepto oxidación y, con los resultados obtenidos se sienta un precedente en el estudio de esta relación.

## 6. MARCO TEÓRICO

### 6.1 Oxidación

La historia de la humanidad ha estado marcada por los diferentes descubrimientos y los materiales empleados por los seres humanos para sobrevivir, es el caso de la era del fuego, la piedra, los metales, la era digital... estos materiales y descubrimientos están estrechamente relacionados con el avance científico y con él las construcciones de los conceptos. Es el caso del concepto de oxidación, que resulta de la transformación del modelo del flogisto propuesto por científicos franceses cerca de 1770.

Para esta época, Johann Joachim Becher estudió las sustancias que interactuaban con el fuego y postuló que esta interacción era posible debido a la existencia de una “tierra inflamable”, tiempo después Georg Ernst Stahl continuó con la investigación del fenómeno y le cambió el nombre a la tierra inflamable por “flogisto”; esta nueva premisa afirmaba que los metales y elementos sensibles al fuego desprendían (después de la calcinación) esta sustancia y que además era la responsable de que existiera fuego, sin serlo propiamente. (Amador Rodríguez, R. Y, Gallego Badillo, R. & Pérez Miranda, R., 2005)

Otra de sus premisas hablaba acerca de la producción de metales a partir de la reacción entre cal y flogisto, este modelo funcionaba para explicar el aumento de peso de los metales durante la combustión, sirvió para caracterizar diferentes gases y proponer afinidad entre entidades químicas.

Sin embargo, no fue hasta 1774 con los estudios de Antoine Lavoisier que la teoría del flogisto se debilitó, pues realizó un experimento donde dejó agua en un recipiente cerrado y cuando alcanzó el punto de ebullición y se formó un precipitado tomó de nuevo el peso, y se fijó en que la diferencia no era significativa.

Entonces, realizó diferentes experimentos con metales y gases y definió que el fenómeno de la calcinación y el aumento de peso asociado a ella dependía de si el recipiente donde estaba contenida la sustancia era hermético o no y explicó que las diferencias de peso se debían al aire que absorbían (Amador Rodríguez, R., et.al, 2005) y es así como descubre que en las reacciones de calcinación interviene una parte muy pura del aire, lo que hoy conocemos como oxígeno,

principal responsable de generar reacciones de oxidación (evidenciadas por la transferencia electrónica).

## **6.2 Antioxidantes**

Los antioxidantes actúan como inhibidores de los efectos negativos en la salud humana (ácidos nucleicos, lípidos y proteínas) de los radicales libres (López, A., Fernando, C., Lazarova, Z., Bañuelos, R., & Sánchez, S., 2012). Existen diferentes estudios que demuestran que un tratamiento con antioxidantes puede mejorar y alargar de manera significativa la calidad y tiempo de vida de los seres vivos sin olvidar que debe existir una proporción idónea de radicales libres y antioxidantes para evitar generar desbalances a nivel enzimático.

Cabe mencionar, que el consumo de antioxidantes ha demostrado ser beneficioso para tratar y evitar enfermedades como la infertilidad, el cáncer, la diabetes, Alzheimer, daño cerebral, alergias, pérdida del oído, entre otros.

El mecanismo de acción y la efectividad de los antioxidantes se resume básicamente en la velocidad con la que se pueden enlazar a los radicales libres, pues lo hacen mucho más rápido que, por ejemplo, los lípidos. Además, se puede definir la función de estas moléculas como “un sacrificio de su propia integridad molecular... actúan como moléculas suicidas, ya que se oxidan al neutralizar el radical libre, por lo que la reposición de ellos debe ser continua...” (Venereo Gutiérrez, J. R., 2002).

## **6.3 Radicales libres y estrés oxidativo**

Los radicales libres son, en síntesis, moléculas o átomos que poseen un electrón (de su capa de valencia) desapareado, es decir, que en lugar de compartir el mismo orbital con otro electrón se encuentra solo y se caracterizan por ser bastante reactivos.

Entonces, debido a la reactividad elevada de estas entidades químicas podrían ocurrir diferentes situaciones en cuanto se encuentre con otro radical o alguna molécula no radicalaria; la primera de ellas es que ambos radicales ligan sus electrones en un enlace covalente, la segunda ocurrirá cuando el radical libre acepta un electrón de la molécula no radicalaria dejando a esta



última como un nuevo radical y esta reacción podría ocurrir incesantemente, como sucede por ejemplo con la peroxidación lipídica (Korc, I., Bidegain, M., & Martell, M. 1995)

Cabe destacar que, estas reacciones en cadena que ocurren a partir de un radical libre son nocivas para la salud humana en la medida que estas moléculas radicalarias (especialmente los radicales de átomos de oxígeno) pueden interactuar con los ácidos nucleicos e incidir en la modificación del material genético y dañar algunos organelos importantes de las células como la membrana (Salido, F. P., & Fernández, J. J. R. 2002)

Estas especies radicalarias se producen de manera natural al interior de las células en el proceso de metabolismo, pues se estima que una cierta cantidad de los metabolitos intermedios generados en este proceso son radicales libres (Salido, F. P., & Fernández, J. J. R., 2002). Sin embargo, también se pueden encontrar y adquirir del exterior principalmente del consumo activo o pasivo de tabaco, los gases de nitrógeno presentes en el aire y el ozono representan fuentes adicionales de radicales libres en el ambiente.

Teniendo en cuenta lo anterior, es importante recordar que los conceptos químicos y la química per sé se han enseñado de manera memorística y sin un contexto que los estudiantes puedan sentir cercano a su realidad, de allí la importancia de desarrollar procesos de enseñanza-aprendizaje innovadores con modelos diferentes al tradicional, como por ejemplo, el ABPr.

#### **6.4 Aprendizaje Basado en Proyectos**

El aprendizaje basado en proyectos se puede entender como las acciones que ponen al estudiante como investigador que convergen en un producto final (Sanchez, J., 2013) que dará cuenta de los conceptos y procesos aprendidos en la medida que pueda resolver un problema de la vida cotidiana. Dentro de este modelo, los estudiantes asumen la responsabilidad de su proceso de aprendizaje en tanto indagan, proponen ideas y preguntas impulsados por el entusiasmo de presentar un producto final; mientras que, el docente se vuelve guía y garante de propiciar un espacio cómodo y con las condiciones necesarias para que sus estudiantes desarrollen diferentes habilidades y logren el objetivo propuesto (Reverte Bernabeu, J., Gallego, A. J., Molina-Carmona, R., & Satorre Cuerda, R., 2007).

Además de garantizar el aprendizaje de conceptos, el modelo del aprendizaje basado en proyectos potencia otras habilidades sociales como el trabajo en equipo, empatía, manejo de tiempos y responsabilidades, capacidades orales y escritas (Cruz, R. I., Serrano, C. L., & Rodríguez, B. J., 2021).

Si bien es cierto que las ventajas que existen al trabajar bajo este modelo son muchas, también es cierto que se pueden presentar algunas desventajas con el mismo siendo una de las principales el tiempo y dedicación que el docente debe dedicar a la planeación del proyecto (Galeana, L., 2006), delimitar los problemas y los roles de los integrantes de los grupos de trabajo; esto debido a que los profesores se encuentran en una “zona de confort” en cuanto a planeación de sesiones se trata. Otra desventaja en la ejecución de planes de aula orientados bajo este modelo es garantizar la comunicación constante y asertiva entre los grupos de trabajo, pues los tiempos de reunión suelen no coincidir, en ocasiones no se está del todo presto a recibir diferentes opiniones e ideas o diferentes malentendidos.

Sin embargo, los inconvenientes que se puedan presentar dentro y entre grupos de trabajo se pueden solucionar a medida que se avanza en el proyecto final, pues los pilares del Aprendizaje Basado de Proyectos son la comunicación, las relaciones interpersonales y el aprendizaje (Galeana, L., 2006) donde, eventualmente se tendrá que encontrar un punto de convergencia y desde allí resolver conflictos para avanzar hasta lograr el objetivo, otra habilidad que desarrolla el modelo.

Según Rodríguez, I. R., & Vílchez, J. G. en 2015, el ABPr tiene una serie de características que permiten reconocer el modelo como el aprendizaje de tipo experiencial, el trabajo colaborativo, desarrollo de competencias clave, la relación entre la escuela, la realidad y las posibilidades de producción de conocimiento.

“La introducción de proyectos en el currículo no es una idea ni nueva ni revolucionaria en educación.” (Navarro, I., Pertegal, M., Gil, D., González, C. y Jimeno, A., 2011) no obstante, es un modelo que a lo largo de los años ha ido evolucionando y tomando fuerza puesto que involucra al estudiante como sujeto activo y responsable en su proceso de aprendizaje y sitúa al maestro como facilitador y optimista en el proceso de su estudiante.

El proyecto o proyectos se deben plantear teniendo en cuenta los intereses del estudiante o grupos de estudiantes donde no solo se desarrollen y construyan conceptos propios de las disciplinas y/o asignaturas sino también habilidades sociales e idealmente de trabajo colaborativo.

El proyecto, normalmente, responde a preguntas no cotidianas y que no tienen una respuesta inmediata; de allí que al estudiante no le sea práctico acudir a la memoria, sino que debe involucrarse en el proceso de indagación y toma de decisiones. Navarro, I., et al., (2011)

En consecuencia, tiene sentido que el modelo del Aprendizaje Basado en Proyectos tenga su origen en el siglo XX con las corrientes progresistas y la teoría de John Dewey: “aprender haciendo” (Caeiro, 2018 en Salido Lopez, P. V., 2020) que surgieron en disonancia con los modelos tradicionales y buscaban demostrar que el estudiante no necesitaba recitar de memoria conceptos para aprender sino que lo podía hacer a partir del encuentro con la realidad y así establecer un puente entre ésta y la escuela.

A partir de este puente entre la academia y la realidad, el estudiante, debería estar en la capacidad de construir conceptos y conocimientos para que sean aplicables o bien para alcanzar un objetivo específico en los espacios académicos, o bien para que sea de ayuda en su futuro profesional, sin dejar de lado el trabajo mancomunado con sus pares. Carcausto, W. (2020)

Retomando la idea de los aspectos más débiles del modelo se pueden resaltar de nuevo la necesidad de que el docente dedique una gran parte del tiempo antes de la aplicación a la planeación y evaluación de las diferentes actividades propuestas, en adición a las políticas educativas que exigen el cumplimiento de un currículo que en la mayoría de las ocasiones resultan dificultando la aplicación de modelos alternativos (Ayerbe López & Perales Palacios, 2020 en Cyrulies, E., & Schamne, M., 2021).

Del mismo modo, una barrera que se presenta a la hora de implementar el modelo del ABPr tiene que ver con la interdisciplinariedad que se necesita, pues en muchas ocasiones el trabajo colaborativo entre docentes, sobre todo, para procesos de evaluación se ve comprometido por la práctica tradicional de evaluación y catedra independientes por disciplinas o grupos de ellas con características en común. De allí la importancia de la elaboración de rúbricas

evaluativas para los procesos de enseñanza – aprendizaje y su potencial para recolectar información de manera objetiva a partir de criterios unificados y así conocer el desempeño de los estudiantes. Cyrulies, E., & Schamne, M. (2021)

De acuerdo con lo expresado anteriormente, una propuesta basada en el modelo del Aprendizaje Basado en Proyectos debe tener en cuenta las siguientes recomendaciones: (1) se debe tener en cuenta los intereses de los estudiantes (2) se debe establecer relaciones entre la realidad y la academia (3) se debe partir de preguntas o situaciones que no sean de respuestas que acudan al aprendizaje memorístico (4) se debe generar un producto o entregable donde los estudiantes presenten sus resultados a una comunidad diferente, de expertos en lo posible (5) se deben generar instrumentos o herramientas que faciliten la evaluación de las actividades.

## **6.5 Aprendizaje Basado en Problemas**

El Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) tiene sus inicios en la Universidad McMaster en Canadá como un método para entender la enseñanza y el aprendizaje como el análisis y la solución a alguna situación problemática, que, de hecho, es el punto de partida para enseñar algún concepto (Gómez, B. R., 2005)

Es importante resaltar que este modelo podría verse como un ciclo donde el profesor le brinda a los estudiantes una situación problema y además les proporciona la información necesaria para que ellos planteen algunas hipótesis y, de ser necesario, que se valgan de otras fuentes de información. Luego, si los estudiantes aún tienen preguntas persistentes, el maestro vuelve a tomar el papel de mediador y de orientar la investigación del estudiante. Finalmente, se presentan las o la solución del problema inicial y de allí es donde podría derivar otro problema asociado y repetir el ciclo.

Ahora bien, es importante tener en cuenta algunas características importantes que se deben tener en cuenta a la hora de referirse al ABP como que el aprendizaje está centrado completamente en el estudiante, es decir, el estudiante debe desarrollar autonomía y seguridad con las búsquedas de información que realice. Otra de las características tiene que ver con los grupos tan pequeños de estudiantes donde se produce el aprendizaje, el papel del docente es completamente de facilitador de información y que las situaciones problémicas (y por supuesto

sus respectivas soluciones) que son el punto central del modelo. (Morales Bueno, P., & Landa Fitzgerald, V., 2004)

## **6.6 Diferencia entre ABP y ABPr**

Con base en las características de cada uno de los modelos, es importante resaltar que no son iguales y la diferencia principal radica en que mientras que la motivación y el eje central del modelo del ABP es la solución de problemas, la del modelo del ABPr es poner en una situación de investigador al estudiante y que finalmente, pueda compartir sus hallazgos y sus experiencias. En cuanto al producto final, el modelo ABP indica que el estudiante al finalizar la intervención debe presentar sus hallazgos y la solución que encontró al problema, mientras que, el ABPr tiene como condición la entrega del producto pactado inicialmente. (Bernabeu Tamayo, M. D., 2010).

Tener en cuenta esta distinción entre los modelos presentados anteriormente resulta importante a la hora de diseñar la secuencia didáctica propuesta para cumplir con los objetivos de la presente investigación, pues, si bien es cierto que se debe comenzar por contextualizar a los estudiantes en una situación problemática también es cierto que el medio por el cual estos construyen el concepto no debe ser la solución del problema sino el desarrollo y posterior socialización de un proyecto relacionado; entender la diferencia entre el ABP y el ABPr marca completamente el diseño y ejecución de la propuesta de intervención en el aula.

## **6.7 Aprendizaje**

Según el Ministerio de Educación Nacional, el concepto de aprendizaje engloba 4 tipos: aprender a aprender entendido como el aprovechamiento de las oportunidades de educación que se encuentra algún individuo durante toda su vida, aprender a hacer que se define como la apropiación de habilidades para desarrollar alguna profesión u oficio específico además de trabajar en equipo, aprender a ser que se refiere básicamente a desarrollar una personalidad para tomar decisiones que busquen el beneficio común y aprender a vivir juntos entendido como las habilidades sociales que se puedan desarrollar a lo largo de la vida para vivir en comunidad y resolver conflictos de manera pacífica. (MEN, s.f.)

Ahora bien, desde una mirada un poco más académica, la definición de aprendizaje ha sido tema de debate constantemente debido a la variedad de teorías desde las que se puede

abordar. Sin embargo, aprender se puede englobar en un proceso generalizado que implica adquirir y obtener conocimientos para posteriormente cambiarlos y adaptarlos a una realidad conocida, este proceso requiere desarrollar habilidades motoras, sociales y lingüísticas. (Leiva, C., 2005)

Cabe destacar la definición desde el conductismo, el aprendizaje entendido como una serie de adaptaciones al entorno, procesos de estímulo – respuesta y memorísticos que si bien son necesarios también es necesario recurrir a nuevas teorías como la del procesamiento de la información propuesta en los años sesenta que toma bases conductistas y particulariza ocho tipos de aprendizaje: de señales, estímulo y respuesta, encadenamiento, asociación verbal, discriminación múltiple, de conceptos, de principios y basado en la resolución de problemas (Gagné, R. M., et. al. 1987)

## 7. METODOLOGÍA

Para el presente trabajo de investigación, la metodología trabajada fue de tipo mixto, es decir, se recogen datos de tipo cuantitativo a través de instrumentos y escalas de valoración y además se recogen datos de tipo cualitativo a través de la observación y dialogo con los estudiantes. La investigación tendrá también un carácter cuasiexperimental sin grupo control, lo que significa poner a prueba una hipótesis manipulando al menos una de las variables (Cabré, R.B., 2012) muy utilizada dentro de las investigaciones de tipo social debido a la naturaleza de las variables, sin embargo, poco utilizada en el campo de las disciplinas científicas.

Algunas características importantes para tener en cuenta en los diseños metodológicos de este estilo son: buscan contrastar hipótesis, carecen de distribución aleatoria, se realiza el estudio con dos grupos casi idénticos, sin embargo, uno solo de ellos es el que se somete a la intervención y el otro ha sido escogido previamente con una serie de parámetros. (White, H., & Sabarwal, S., 2014)

Cabe aclarar que, si bien el diseño metodológico para la presente investigación pertenece al cuasi experimental, también es cierto que las últimas dos características mencionadas anteriormente no se cumplen, pues la intervención será aplicada en todo el grupo sin tener otro para poder realizar las comparativas por lo que los resultados y las conclusiones estarán basados en el comportamiento y resultados del grupo antes y después de aplicar el proyecto.

Este tipo de metodología resulta efectiva si se desea realizar un estudio más amplio y completo en la comprobación de datos e hipótesis además de proporcionar más información, y de mejor calidad, para diseñar los instrumentos. Finalmente, se propone acompañar esta estrategia metodológica con análisis estadísticos y sistematización de datos haciendo uso del software Atlas.ti para la información de tipo cualitativa y SPSS Statistics para datos de tipo cuantitativo.

Para el presente proyecto de investigación se plantea una hipótesis que responde al problema planteado anteriormente, los estudiantes construirán el concepto oxidación a partir de una secuencia didáctica enmarcada en el estudio de compuestos bioactivos y el modelo del ABPr. Así mismo, esta hipótesis se podría comprobar manipulando una de las variables, que en este

caso es el modelo entendido como la secuencia didáctica y la serie de actividades que se proponen para construir el concepto oxidación (variable que no se manipula).

Por último, para alcanzar los objetivos planteados anteriormente se propone diseñar y aplicar diferentes instrumentos para recoger información tanto del estado inicial del nivel conceptual de los estudiantes como del final, estos instrumentos acompañados de sus respectivas rúbricas de evaluación para obtener resultados certeros y objetivos. Además de plantear las actividades y proyectos que serán aplicados durante la intervención a partir de la secuencia didáctica; cada una de las actividades junto con su rúbrica de evaluación, objetivos específicos y evidencias estarán relacionadas en los resultados de la investigación.

### **7.1 Muestra poblacional**

La muestra poblacional para el presente proyecto de investigación fueron 9 estudiantes de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional en el ciclo de profundización: uno de quinto semestre, uno de séptimo, uno de octavo y seis de décimo con edades comprendidas entre 21 y 23 años en un ciclo de talleres de estrés oxidativo.

Con esta muestra poblacional se realizó una prueba piloto de la propuesta con el objetivo de evaluar y reconocer las implicaciones didácticas que tiene el uso del modelo ABPr en la construcción del concepto oxidación y posteriormente evaluar si es factible realizar la aplicación en un grupo mayor y si existe la necesidad de modificar en alguna medida la propuesta con este fin.

Durante la ejecución de la secuencia se realizaron cuatro (4) actividades: en primer lugar, se realizó la aplicación de un instrumento de entrada con el objetivo de conocer el nivel conceptual de los estudiantes, constó de siete (7) preguntas algunas abiertas y cerradas relacionadas con oxidación, estrés oxidativo, antioxidantes y su relación. En segundo lugar, se realizó la actividad de antioxidantes y estrés oxidativo donde se planteó una lectura corta acerca de la oxidación y los estudiantes realizaron un diagrama de Venn donde evaluaron los conceptos de antioxidantes y estrés oxidativo, sus particularidades y puntos en común, luego elaboraron un diagrama de causa – efecto donde buscaron diferentes categorías y a cada una asignaron las diferentes causas del estrés oxidativo. Finalmente, construyeron una pregunta planteando una



situación hipotética que tuviera completa relación con los conceptos anteriores y con la premisa “¿Qué pasaría si...?”

Para la tercera actividad, se le presentó a los estudiantes un video de la práctica de laboratorio de extracción Soxhlet de los carotenoides presentes en el tomate chonto, luego se realizó una práctica demostrativa con el extracto y un trozo de manzana para posteriormente conocer el mecanismo de reacción de la peroxidación lipídica. Los estudiantes realizaron una propuesta de mecanismo de reacción haciendo uso de la molécula de licopeno.

Finalmente, la cuarta actividad estuvo relacionada con la respuesta a la pregunta planteada en la primera sesión, donde presentaron dicha respuesta y los conceptos que construyeron a través de una infografía. (proyecto final)

Cabe destacar que, los datos recolectados a través del desarrollo del proyecto se sistematizaron y analizaron utilizando softwares como Atlas.ti y SPSS Statistics.

## **7.2 Fases de la investigación**

**7.2.1 Fase diagnóstica:** En esta fase se diseñó y aplicó el instrumento de ideas previas a los estudiantes, este fue el primer acercamiento con ellos y el punto de partida que se tuvo en cuenta para iniciar la intervención.

**7.2.2 Fase de intervención:** Teniendo en cuenta los resultados de la primera fase, se estructuraron las actividades posteriores, estas incluyeron clases magistrales, desarrollo de las actividades propuestas en la secuencia y construcción del proyecto final (infografía).

**7.2.3 Fase evaluativa:** Para culminar con la intervención se realizó una evaluación de la construcción de conceptos a través de la estrategia en sí para determinar la efectividad y qué implicaciones tuvo la intervención.

**7.2.4 Fase final:** Para cerrar el trabajo de investigación se realizó el análisis y sistematización de los datos obtenidos a lo largo de la aplicación haciendo uso de diferentes softwares para posteriormente construir el documento final.

## 8 RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 8.1 Instrumento inicial, ideas previas

Para conocer el nivel conceptual del grupo seleccionado de estudiantes de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional se elaboró un primer instrumento (Anexo 1) en el que se evaluaron conceptos como oxidación (haciendo uso del modelo de Bohr), antioxidantes y especies radicalarias para posteriormente conocer qué nivel de relación encuentran entre ellos.

Teniendo en cuenta lo anterior, cabe recordar que el instrumento fue propuesto exclusivamente para la presente investigación por lo que se validó por medio del juicio de un experto asociado al departamento de Química de la Universidad Pedagógica Nacional con una trayectoria importante en el área, esta evaluación tuvo en cuenta algunos componentes y una rúbrica de evaluación (Anexo 2) los comentarios y resultados del experto se presentan en la Tabla 1.

*Tabla 1. Matriz de evaluación instrumento inicial. Tomado y adaptado de Escobar-Pérez, Jazmine & Martínez, A.. (2008). Validez de contenido y juicio de expertos: Una aproximación a su utilización. Avances en Medición. 6. 27-36.*

<b>Categoría</b>	<b>Pregunta</b>	<b>Suficiencia</b>	<b>Coherencia</b>	<b>Claridad</b>	<b>Relevancia</b>	<b>Comentarios</b>
<b>Conceptos previos</b>	1	2	2	2	2	Son opiniones o percepciones de los sujetos, por lo tanto, no es posible indagar sobre si el individuo comprende las redes conceptuales asociadas al fenómeno objeto de estudio
	2		1	2	2	
	3		3	3	3	
	4		2	2	2	
	5		3	3	3	
<b>Relación antioxidantes - estrés oxidativo</b>	6	2	2	2	2	Son opiniones o percepciones de los sujetos, por lo tanto, no es posible indagar sobre si establecen relaciones
	7		3	3	3	

A partir de los comentarios y retroalimentación recibida por el evaluador, se realizó el ajuste para las preguntas y oportunidades de mejora presentes en las diferentes categorías del

instrumento. Luego, se realizó la revisión con el director del trabajo y así establecer los indicadores correctos para obtener la información deseada.

En consecuencia, se realizó la aplicación de la prueba inicial a nueve estudiantes de Licenciatura en Química, los resultados del primer instrumento se presentan a continuación discriminados por pregunta:

### 8.1.1 Pregunta 1

“A partir del modelo atómico propuesto por Bohr, ¿Cómo representa la transferencia electrónica evidenciada en una reacción de oxidación?”

En el Anexo 3 se pueden observar las respuestas de la pregunta, a simple vista, se puede observar cómo los estudiantes representan el fenómeno en términos de pérdida o cesión de electrones, en algunos casos se representa con flechas que indican la dirección de movimiento de los electrones como se observa en la ilustración 1, en otros casos se evidenció el símbolo de los electrones alejado del átomo como en la Ilustración 2 precedido de una flecha en dirección opuesta, lo que indica que el electrón está abandonando el átomo. No obstante, un caso particular no logró representar ningún cambio o interacción y se limitó a dibujar el átomo.

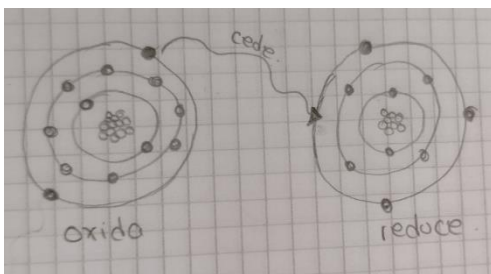


Ilustración 1. Ejemplo de respuesta 1

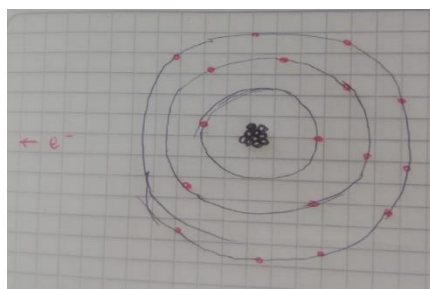


Ilustración 2. Ejemplo de respuesta 2

Teniendo en cuenta lo anterior, cabe recordar que para la sistematización y análisis de datos cualitativos se hizo uso del software Atlas.ti, en esta pregunta se identificaron algunos conceptos y relaciones que se presentan a continuación

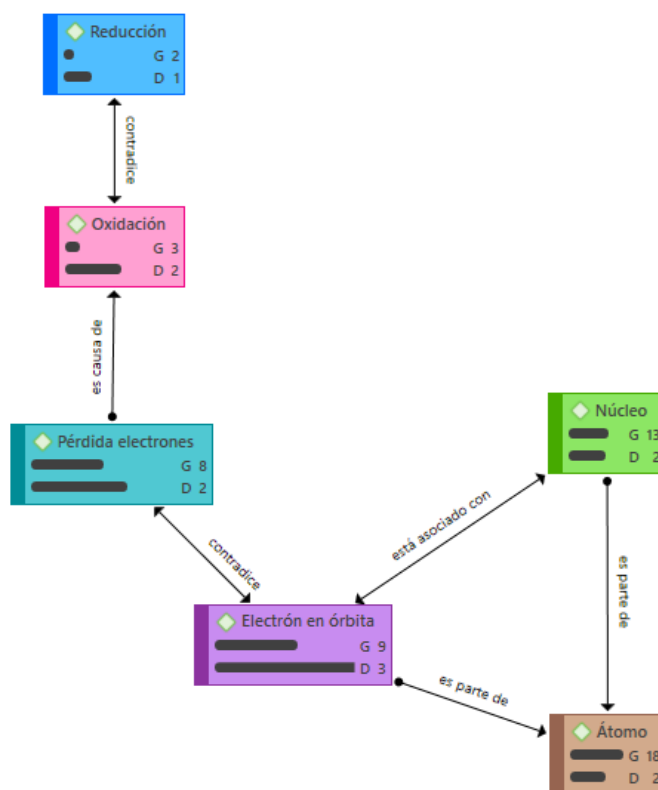


Ilustración 3. Red de conceptos pregunta 1. Elaboración propia.

En la red (Ilustración 3) se pueden observar algunas características de las representaciones de los estudiantes para explicar el fenómeno oxidación, en la Tabla 2 se puede observar el enraizamiento (G) y la densidad (D) de cada uno de los códigos que fueron utilizados para realizar la red que representa el resultado general de las respuestas obtenidas en este apartado.

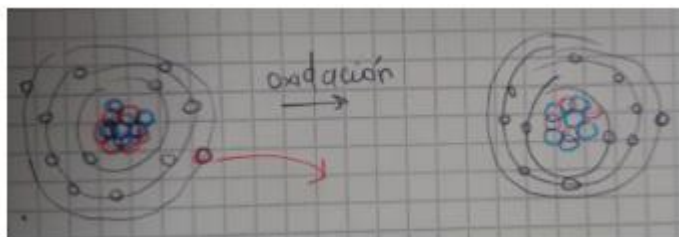
Tabla 2. Enraizamiento y densidad. Pregunta 1. Fuente: Elaboración propia

Código	Enraizamiento	Densidad
Reducción	2	1
Oxidación	3	2
Pérdida de electrones	8	2
Electrón en órbita	10	3
Núcleo	8	2
Átomo	16	2

El enraizamiento indica cuántas veces se ha codificado la imagen con esa característica y la densidad con cuántos otros códigos se ha establecido alguna relación. Inicialmente, el concepto de reducción apareció en dos de las representaciones de los estudiantes (8 y 9) y está interconectado con el código oxidación que se identificó textualmente en tres representaciones (5, 8 y 9) y este tiene dos relaciones importantes, la primera de contradicción con la reducción y la segunda de causalidad con el código de pérdida de electrones que se ve reflejado en ocho representaciones (1, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9) y tiene conexión con el código de electrón en órbita que se evidenció en todas las representaciones; este último código tiene además relación con otros dos: en primer lugar, átomo que existe en todas las representaciones, en algunas más de una vez (5, 6, 7, 8 y 9) y en segundo lugar, núcleo que se encontró en todas las respuestas, en las representaciones 5, 6, 7 y 8 más de una vez.

Considerando la información anterior, estas relaciones que han hecho los estudiantes indican que la mayoría identifican el proceso de oxidación como la pérdida de electrones, pues ocho de nueve representaciones tienen algún símbolo que da a entenderlo, sin embargo, no es la única manera de entender el fenómeno, por lo que a partir de estos resultados se plantea una actividad para reforzar el concepto entendido no solo como cesión de electrones sino también como captación de oxígeno o deshidrogenación.

También, es importante resaltar que solo dos de los estudiantes representaron el proceso de reducción haciendo la distinción entre átomos, en la representación del estudiante 8 (Ilustración 4) se puede observar que se trata de átomos diferentes debido a que cada uno posee un número de electrones diferente, y en la del estudiante 9 (Ilustración 5) es explícito en tanto se nombraron los dos átomos de manera diferente usando las letras X y Y



*Ilustración 4. Representación estudiante 8*

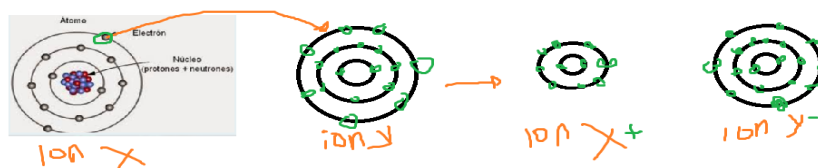


Ilustración 5. Representación estudiante 9

De otro lado, se pudo evidenciar también que todos los estudiantes tienen un concepto vago acerca del modelo atómico propuesto por Bohr debido a que, si bien es cierto que todos ubicaron los electrones orbitando alrededor del núcleo, también es cierto que solo tres de las representaciones tenían el núcleo completamente definido y la puntualización de la existencia de protones y neutrones en este. En las otras solo se observa el núcleo entendido como una esfera o un grupo de ellas sin distinción, incluso, en la representación 9 (Ilustración 5) obviando la imagen descargada de internet, se observa que no está la figura del núcleo.

Las dificultades que presentan los estudiantes para comprender conceptos como el de oxidación se centran en la no comprensión de la estructura externa del átomo (Acevedo Noreña, M. V., 2017) por lo que este ejercicio resulta importante para evaluar qué visión tienen los estudiantes del átomo y a partir de los resultados diseñar la propuesta. En la Ilustración 6 se presenta de manera condensada las definiciones del proceso oxidación encontradas en los resultados presentados anteriormente

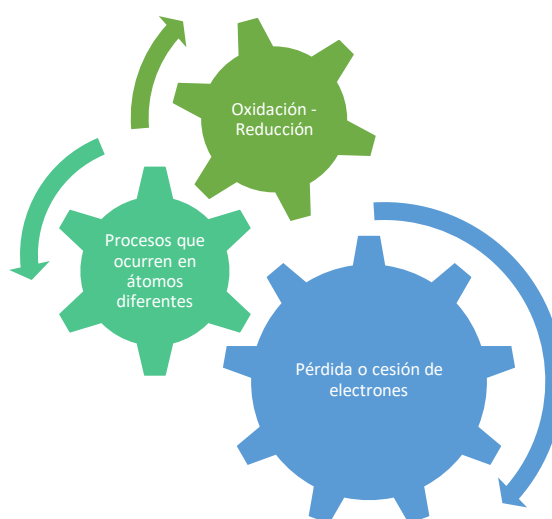


Ilustración 6. Oxidación. Pregunta 1

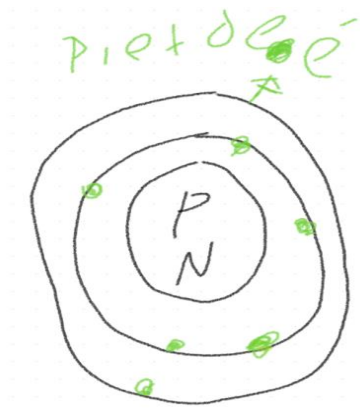
### 8.1.2 Pregunta 2

“Teniendo en cuenta su recorrido académico, ¿podría definir el concepto de “estrés oxidativo”?”



*Ilustración 7. Resultados pregunta 2. Instrumento inicial Elaboración propia*

La segunda pregunta arrojó los resultados expuestos en la Ilustración 7 donde se puede observar que un 56% de los estudiantes no conocen la definición de estrés oxidativo mientras que el 44% sí. Esto podría dar un primer esbozo de las implicaciones didácticas que podría acarrear la construcción del concepto, por ejemplo, el estudiante número 2 realizó una representación del fenómeno (Ilustración 8) en la pregunta 1 donde explícitamente menciona la pérdida de electrones, no obstante, al preguntar por el concepto en concreto el estudiante afirma que no conoce la definición, esto indica que no existe una coherencia entre estas respuestas; recuerda que la oxidación representa la cesión de electrones pero no establece una relación con el concepto, no lo puede llevar a un contexto específico y esta podría ser la primera implicación: lograr que el estudiante construya el concepto y no lo memorice sin lograr establecer conexiones.



*Ilustración 8. Respuesta estudiante 2*

### 8.1.3 Pregunta 3

Las preguntas número 2 y número 3 resultan estar conectadas, pues en la primera se solicita al estudiante que conteste si conoce la definición o no y en la última se solicita la ampliación del concepto o definición que conoce; los resultados se presentan a continuación:

Después de sistematizar los datos recolectados (Anexo 4) en el software atlas.ti se identificaron algunas categorías asociadas al concepto principal de estrés oxidativo





encuentren situados en algún contexto y no solo se valgan de relaciones con otros conceptos para este propósito (Sanchez, J., 2013)

#### **8.1.4 Pregunta 4**

Si bien es cierto que el estudiante 5 señaló el exceso de radicales libres como causa principal del estrés oxidativo: “Si no estoy mal es cuando hay exceso de radicales libres en el cuerpo, lo que ocasiona que las células se oxiden y generen daños en el organismo.”, es importante reconocer qué entienden los estudiantes por “radical libre” por lo que se planteó la pregunta 4:

“Considere sus conocimientos en química orgánica e intermedios de reacción, luego marque la opción que describa la característica principal de los radicales libres

- a. Especies químicas que se caracterizan por tener un electrón desapareado
- b. Especies químicas que se caracterizan por tener una carga positiva
- c. Especies químicas que se caracterizan por tener una carga negativa
- d. Especies químicas que se caracterizan por tener baja densidad electrónica”



*Ilustración 10. Resultados pregunta 4*

Teniendo en cuenta los resultados que se presentan en la Ilustración 10, la mayoría de los estudiantes (78%) reconocen como principal característica de los radicales libres la presencia de un electrón desapareado, el siguiente 11% considera que la característica principal es la carga positiva y el 11% restante asocia los radicales libres con especies de baja densidad electrónica.

#### **8.1.5 Pregunta 5**

A continuación, se presenta la pregunta 5 que inicia la sección de la relación entre las moléculas antioxidantes y la salud.

“¿Qué son los antioxidantes? Explique”

De las respuestas presentadas en el Anexo 5, se realizó una red conceptual, en la ilustración 11 se pueden observar las principales funciones que los estudiantes conocen de los antioxidantes, dentro de ellas están: prevenir daño celular que se encontró en 3 respuestas, inhibir producción de radicales libres que se encontró en 2 y evitar oxidación que aparece en 6 respuestas, sin embargo, se encontraron otras subcategorías como reacción química, agente oxidante y agente reductor con menor enraizamiento y densidad.

Por otro lado, se puede observar también que los estudiantes catalogaron los antioxidantes en tres grupos: agentes (una respuesta), compuestos químicos (tres respuestas) y sustancias (tres respuestas). Esto podría dar un panorama un poco más amplio de la relación química que conocen sobre los antioxidantes: que son entidades químicas que cumplen la función de evitar y contrarrestar el proceso de oxidación.

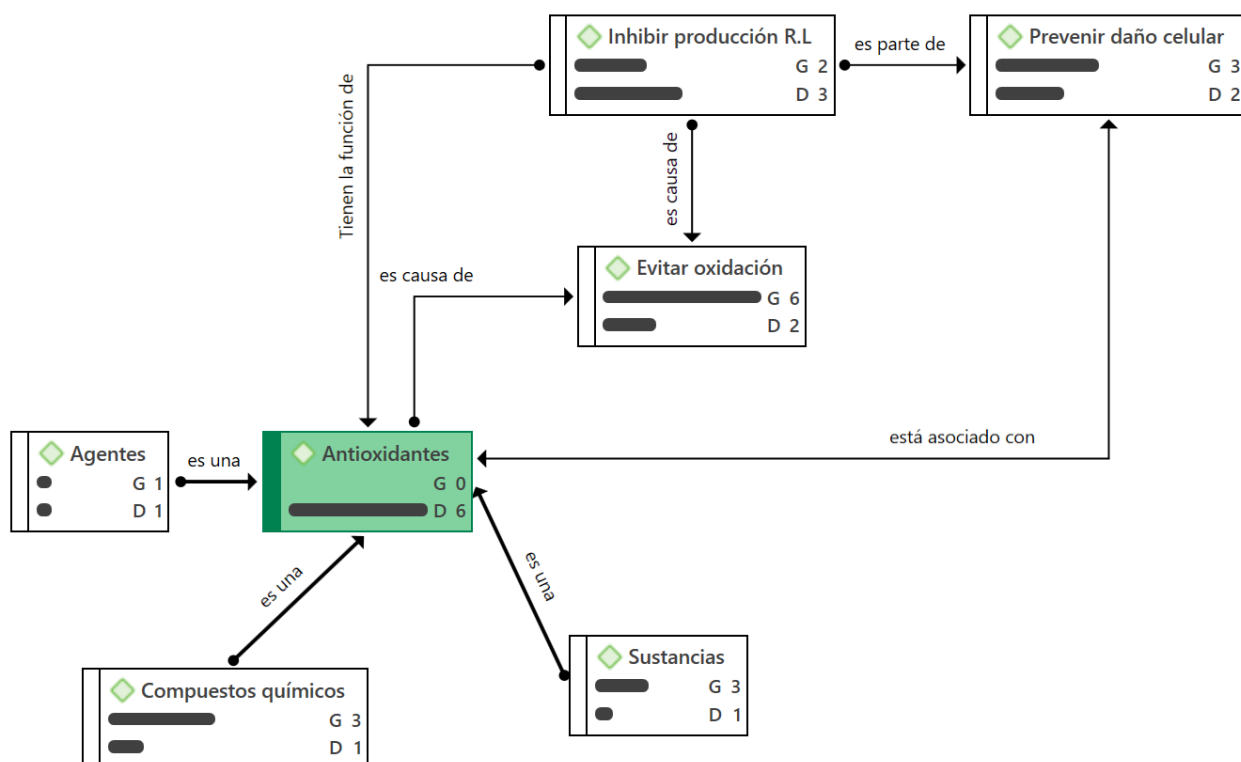


Ilustración 11. Red antioxidantes

### 8.1.6 Pregunta 6

La pregunta 6 buscaba indagar qué relación podría existir entre el consumo de antioxidantes y efectos positivos en la salud: “Partiendo de la información que conoce, ha escuchado o leído acerca de los antioxidantes, ¿el consumo de estos podría generar algún efecto beneficioso para la salud?”

## ¿el consumo de antioxidantes podría generar algún efecto beneficioso para la salud?

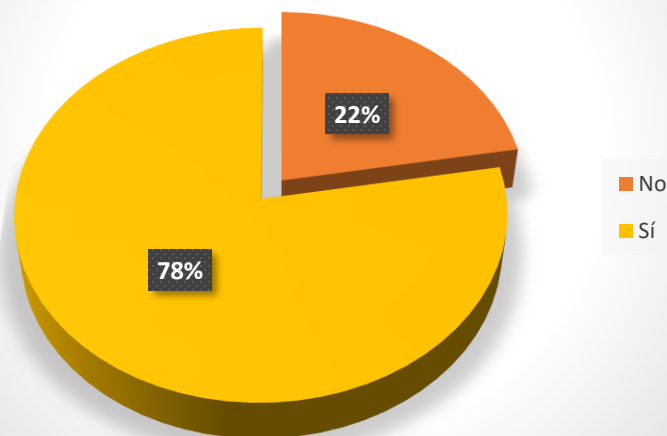


Ilustración 12. Resultados pregunta 6

La Ilustración 12 muestra que el 78% está de acuerdo en que los efectos positivos en la salud podrían aumentar con el consumo de antioxidantes, mientras que el 22% restante, no.

### 8.1.7 Pregunta 7

Para soportar la respuesta anterior, los estudiantes desarrollaron un poco más sus ideas acerca del tema. De acuerdo con las respuestas (Anexo 6) se realizó la respectiva red conceptual presentada en la ilustración 13 donde se evidencia que la justificación para la mayoría de las respuestas se relaciona con temas de salud específicamente en: bienestar, nutrición, dilatación del envejecimiento y daño celular a partir del efecto antioxidante (reducción de la producción de radicales libres y estrés oxidativo). Sin embargo, es importante mencionar que las respuestas de los estudiantes 4 y 7 no están englobadas en la red puesto a que presentan respuestas ambiguas o de completo desconocimiento.

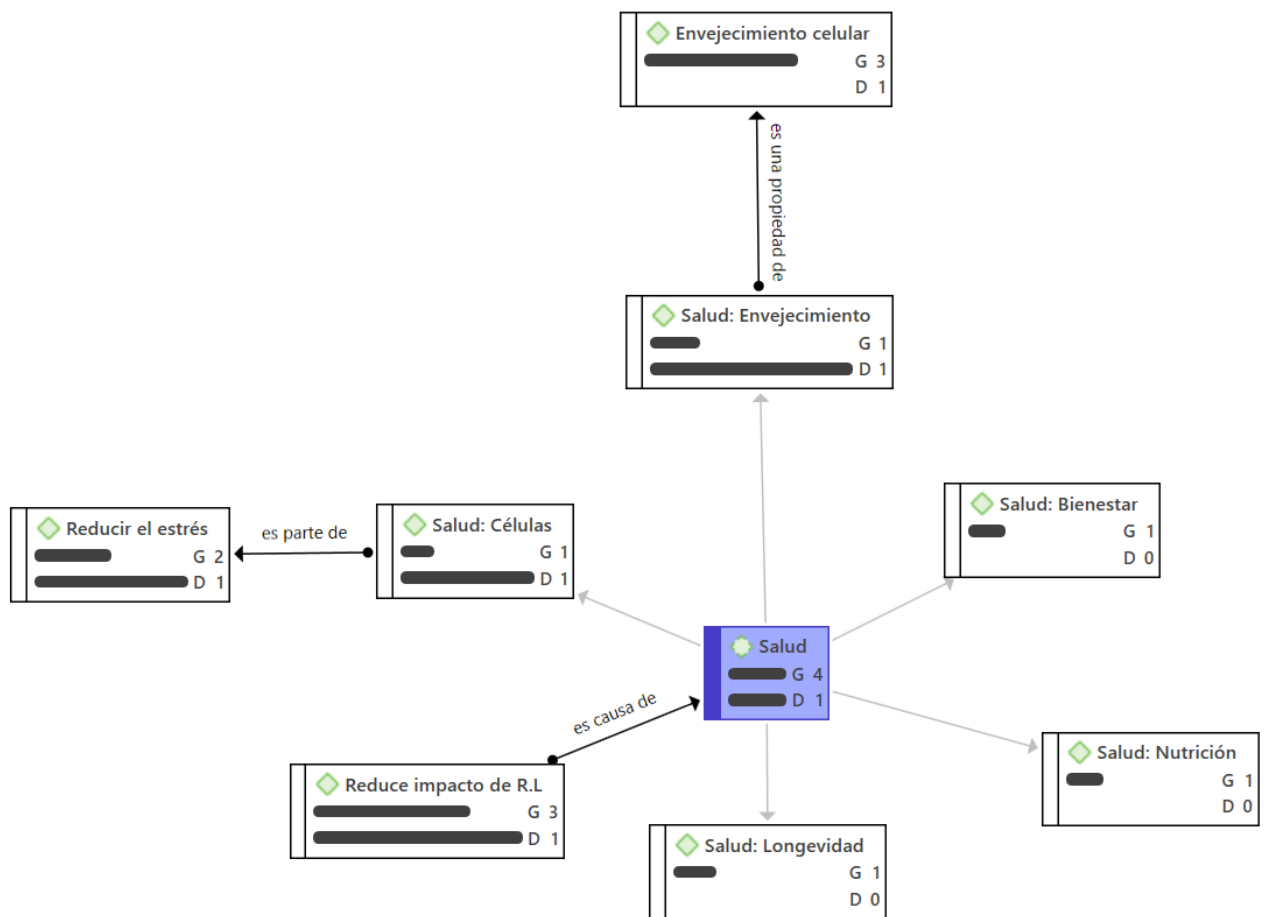


Ilustración 13. Red pregunta 7

Para finalizar la aplicación y análisis del instrumento inicial, se evaluaron las diferentes respuestas bajo una rúbrica (Anexo 7) y se seccionó a los estudiantes en tres grupos dependiendo de sus valoraciones finales así: las valoraciones de 0,0 – 1,0 toman la característica de “Deficiente”, entre 1,1 y 2,0 “Aceptable” y entre 2,1 y 3,0 “Excelente”, estas clasificaciones y valoraciones se presentan a continuación en la Ilustración 14.



*Ilustración 14. Valoraciones prueba inicial*

Teniendo la rúbrica presentada en el Anexo 7, la escala de valoración para el instrumento se elaboró de 0 a 3, donde 3 representa la mayor nota; dentro de la clasificación mencionada en el párrafo anterior, 5 de los 9 estudiantes presentaron valoraciones “Aceptable” con valoraciones cuantitativas entre 1,15 y 1,9 por otro lado, 4 de los 9 estudiantes obtuvieron la valoración “Excelente” con resultados cuantitativos de entre 2,25 y 2,3. Estos datos resultan importantes en la medida que podrían ser vistos como un punto de referencia y posible comparación con los resultados encontrados finalizando la intervención.

## **8.2 Secuencia de actividades**

### **8.2.1 Actividad 1. Estrés oxidativo**

De acuerdo con los resultados obtenidos del primer instrumento, se procedió con el diseño y planteamiento de la secuencia didáctica (Anexo 21) y las siguientes actividades.

Inicialmente, se determinó que, si bien es cierto que los estudiantes poseían una idea general sobre algunas causas y las principales consecuencias del estrés oxidativo, es importante trabajar en los actores principales dentro del proceso y como el fenómeno oxidación cobra importancia, es por esto por lo que se plantea la actividad 1 (Anexo 8) que tiene tres momentos:

En primer lugar, se presenta un fragmento extraído de la revista “Anales de Medicina Interna” que menciona qué es el proceso de oxidación a nivel de transferencia electrónica o

pérdida de oxígeno, los riesgos asociados a una producción muy alta de radicales libres de oxígeno y el efecto contrario que producen los antioxidantes. (Elejalde Guerra, J.I., 2001).

Luego de leer el texto, se propone la elaboración de un diagrama tipo diagrama de Venn, es bien sabido que este tipo de diagramas es utilizado en mayor medida en matemáticas y lógica para representar operaciones entre conjuntos y relaciones de tipo lógico (Lozano, M., 2015) específicamente para la actividad, los estudiantes debían identificar las particularidades y los puntos en común del estrés oxidativo y los antioxidantes. En cada círculo se esperaba encontrar las características propias de cada uno y en la intersección la relación o relaciones entre ellos, expresado en frases o palabras con el fin de conocer la capacidad del estudiante de establecer relaciones entre conceptos sin descuidar la identidad de cada uno. Por otro lado, se propuso el diligenciamiento de un diagrama de espina de pescado o relación causa – consecuencia específicamente del estrés oxidativo.

Finalmente, se les solicitó a los estudiantes que construyeran una pregunta que iniciara con el interrogante “¿Qué pasaría si...?” teniendo en cuenta el contexto de la lectura y los diagramas, esto con el objetivo de que pudieran poner en una situación de interés el tema y se enfocaran en resolver su propio interrogante en la siguiente sesión.

Para evaluar esta actividad se proponen las rúbricas presentadas en los Anexos 9, 10 y 11, con una escala de valoración de 0 a 0,25 con el objetivo de completar una valoración máxima de 1 por cada pregunta y así tener como máximo 3 para la primera actividad.

De acuerdo con las rúbricas anteriormente presentadas, se realizó la evaluación de los estudiantes obteniendo los resultados presentados en la tabla 3. En la Ilustración 15 se puede observar un ejemplo de las respuestas de uno de los estudiantes de la muestra.

*Tabla 3. Resultados cuantitativos actividad 1. Fuente: Elaboración propia*

<b>Estudiante</b>	<b>Diagrama de Venn</b>	<b>Diagrama Causa - Efecto</b>	<b>Pregunta ¿Qué pasaría?</b>	<b>TOTAL</b>
1	0,8	0,7	0,65	2,15



2	0,8	0,55	1	2,35
3	0,75	0,9	1	2,65
4	0,9	0,4	1	2,3
5	1	0,75	1	2,75
6	0,75	0,5	1	2,25
7	0,9	0,5	0,8	2,2
8	0,55	0,8	0,9	2,25
9	1	0,75	1	2,75

Con la intención de ejemplificar el proceso de evaluación, se tomará como referencia la Ilustración 15 que son las respuestas del estudiante 5, este estudiante obtuvo la máxima valoración tanto en el diagrama de Venn como en la construcción de la pregunta, sin embargo, en el diagrama de causa y efecto no cumplió con uno de los criterios de evaluación correspondiente al número de categorías principales asociadas a las causas. En la tabla 4 se puede observar el proceso de evaluación y posterior asignación numérica con respecto a las rúbricas propuestas para cada actividad.

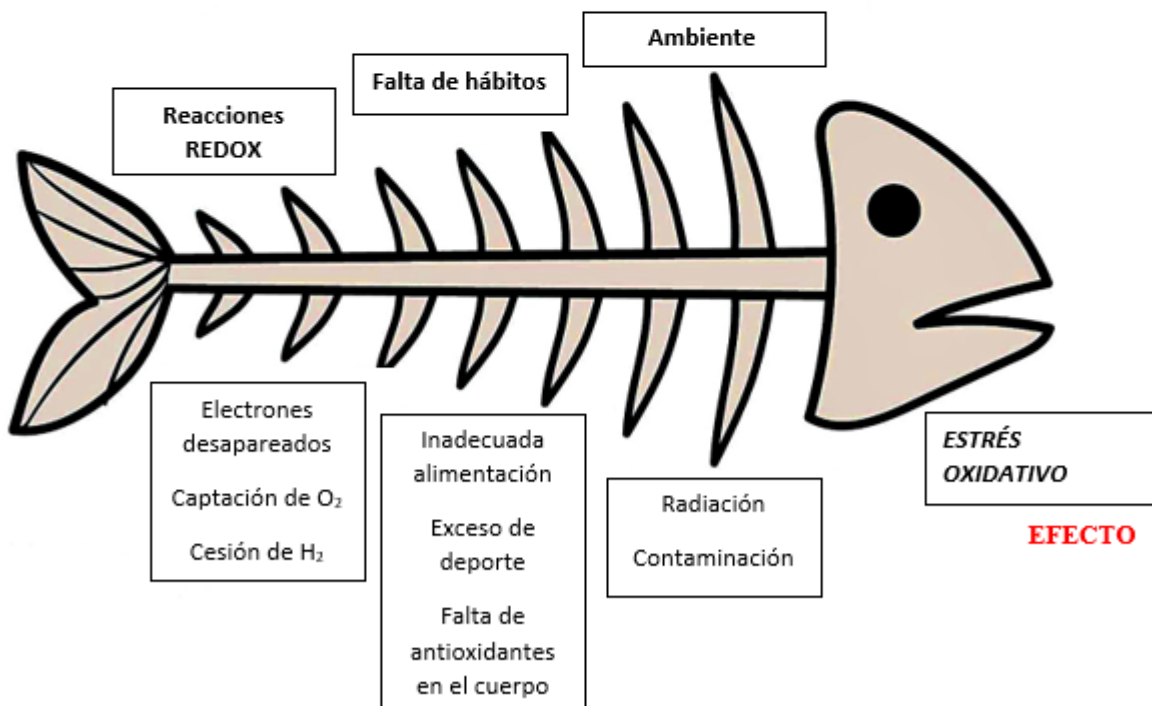
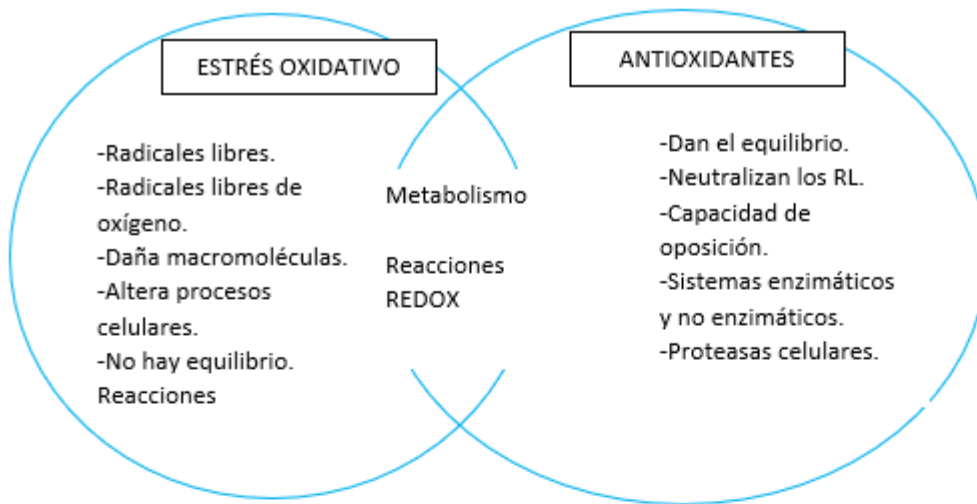
Tabla 4. Evaluación estudiante 5. Fuente: Elaboración propia

<i>Actividad</i>	<i>Criterio</i>	<i>0,25</i>	<i>0,15</i>	<i>0</i>
<b>Diagrama de Venn</b>	<b>Elementos</b>	Extrae del texto elementos como actores principales en el proceso y definición	Extrae del texto un solo elemento como actores principales en el proceso y definición	No extrae del texto elementos como actores principales en el proceso y definición
	<b>Particularidades y relación</b>	Identifica claramente las características de cada concepto y logra relacionarlos	Identifica algunas características de los conceptos e intenta establecer relaciones entre	Identifica algunas características de los conceptos e intenta

			ellos	establecer relaciones entre ellos, sin embargo, no corresponden
	<b>Coherencia</b>	Escribe sus ideas de manera clara y coherente	Escribe sus ideas de manera no tan clara, con errores de redacción, pero con sentido lógico	Escribe sus ideas de manera desordenada y sin ningún tipo de coherencia
	<b>Socialización</b>	Presenta sus hallazgos de manera clara, usando lenguaje científico y tomando de base la lectura propuesta	Presenta sus hallazgos de manera clara, usando lenguaje cotidiano y apoyado de fuentes externas	Presenta sus hallazgos sin orden lógico, de manera incorrecta y con información diferente a la entregada
<b>Causa y efecto</b>	<b>Problema / Efecto</b>	Identifica el problema o efecto a analizar y lo ubica en la cabeza del pescado	Identifica un problema o efecto a analizar que no es correcto o no lo ubica en la cabeza del pescado	No identifica ningún tipo de problema o efecto a analizar

	<b>Categorías</b>	Identifica al menos seis (6) categorías generales que pueden hacer parte del origen del problema en las espinas del pescado	Identifica entre cuatro (4) y cinco (5) categorías generales que pueden hacer parte del origen del problema en las espinas del pescado	Identifica tres (3) o menos categorías generales que pueden hacer parte del origen del problema en las espinas del pescado
	<b>Causas</b>	Identifica al menos tres (3) causas específicas y las asocia con una categoría general	Identifica dos (2) causas específicas y las asocia con una categoría general	Identifica una (1) o ninguna causa específica y las asocia con una categoría general
	<b>Extensión de texto</b>	Todos los textos son cortos y engloban de manera clara cada causa	Algunos textos son cortos e intentan englobar cada causa	La mayoría de los textos no son cortos ni engloban cada causa
<b>Pregunta</b> <b>¿Qué pasaría?</b>	<b>¿Qué pasaría si?</b>	La pregunta empieza con la premisa de ¿Qué pasaría si?	La pregunta tiene dentro la premisa ¿Qué pasaría si? Pero no inicia con ella	La pregunta no contiene la premisa de ¿Qué pasaría?

	<b>Relación con el tema</b>	La pregunta tiene completa relación con el tema oxidación, estrés oxidativo y antioxidantes	La pregunta tiene parcial relación con el tema oxidación, estrés oxidativo y antioxidantes	La pregunta no tiene ningún tipo de relación con el tema oxidación, estrés oxidativo y antioxidantes
	<b>Claridad</b>	La pregunta es completamente clara a la hora de la lectura y no necesita explicación adicional	La pregunta no es muy clara solo con la lectura y necesita de una explicación más detallada	La pregunta no es clara con la lectura ni con la explicación adicional
	<b>Ortografía</b>	La pregunta está planteada sin errores de ortografía	La pregunta presenta dos (2) o tres (3) errores de ortografía	La pregunta presenta cuatro (4) o más errores de ortografía



**¿Qué pasaría si tenemos un exceso de antioxidantes en nuestro organismo?**

*Ilustración 15. Ejemplo de respuesta. Actividad 1*

Como se ha mencionado anteriormente, los datos cuantitativos obtenidos se sistematizaron haciendo uso del programa SPSS Statistics, se encontró que en todos los casos los estudiantes obtuvieron una valoración numérica superior a 2 (Tabla 3), por lo que la diferenciación entre “Excelente” y “Aceptable” no resultó muy útil. De allí que se realizara el ajuste a la escala con respecto a los resultados, se redujo el rango entre los números para así realizar un análisis más amplio y ver un panorama general del desempeño de los estudiantes. Los rangos ajustados fueron:

0.0 – 2.0 Deficiente

2.01 – 2.5 Aceptable

2.51 – 3.0 Excelente

A partir de esta escala, se obtuvieron algunas medidas de tendencia y otros estadísticos para tener en cuenta presentados en la tabla 5

Tabla 5. Análisis estadístico. Actividad 1. Fuente: Elaboración propia

		Estadísticos			
		Nota del estudiante	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3
N	Válido	9	9	9	9
	Perdidos	0	0	0	0
Media		2.4056	.8278	.6500	.9278
Error estándar de la media		.08056	.04722	.05590	.04176
Mediana		2.3000	.8000	.7000	1.0000
Moda		2.25 <sup>a</sup>	.75 <sup>a</sup>	.50 <sup>a</sup>	1.00
Desviación estándar		.24167	.14167	.16771	.12528
Mínimo		2.15	.55	.40	.65
Máximo		2.75	1.00	.90	1.00
Suma		21.65	7.45	5.85	8.35

a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.

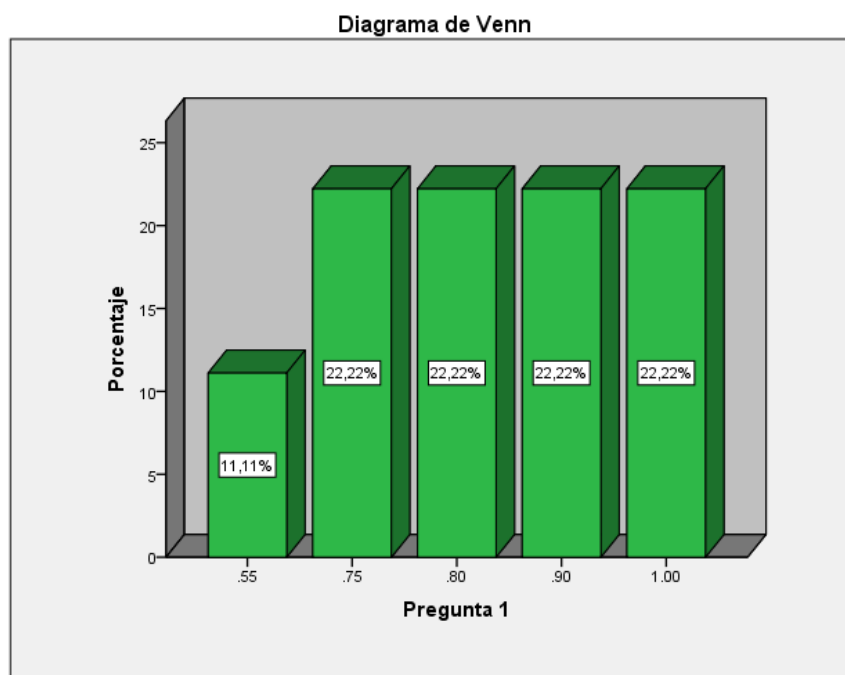
A nivel general, se encuentra la media de los valores obtenidos que es 2.4 y ubica al grupo en el rango del aceptable, la mediana que representa el valor central de las notas de los estudiantes con un valor de 2.3, por otro lado, se observa que el valor que se repitió en más

ocasiones fue 2.25, así también se observó una nota máxima de 2.75 y una mínima de 2.15. Finalmente, se observa que el valor de la desviación estándar es de 0.24 entendiendo que los datos no presentan una dispersión considerable, por lo que se puede decir que los estudiantes se encuentran en una posición favorable teniendo en cuenta la escala ajustada para esta actividad (Aceptable: 2.01-2.5)

Estos datos representan que, si bien es cierto que los estudiantes tienen alguna idea de establecer relaciones entre conceptos también es cierto que el trabajo importante está en aumentar ejercicios de comprensión lectora, con el objetivo de brindarle sentido a la información y lograr extraer los datos más relevantes. A continuación, se relacionan los resultados por cada pregunta de la actividad planteada y su respectivo análisis.

#### **8.2.1.1 Pregunta 1**

Las respuestas (Anexo 12) obtenidos para la representación del diagrama de Venn se pueden ver en la Ilustración 16 donde 2 de los estudiantes obtuvieron una valoración de 0.75, otros dos 0.80, los siguientes dos de 0.90 y los últimos dos de 1.0 dejando así un solo estudiante con una valoración inferior de 0.55. Adicionalmente, la media en esta pregunta es de 0.8278 lo que indica que de manera general los estudiantes estuvieron muy acertados con sus respuestas teniendo en cuenta la rúbrica propuesta resaltando algunas generalidades como que la mayoría de los estudiantes solo tomaron en cuenta las características de ambos procesos sin definir de manera clara la relación que encontraron. Ahora bien, en la sesión donde desarrollaron la actividad, se abrió una discusión al finalizar donde pudieron desarrollar sus ideas y ser un poco más explícitos con lo que querían expresar, de allí se pudo evidenciar la oportunidad de mejora en el proceso extraer ideas principales a partir de un texto y de allí particularizar algunos conceptos para posteriormente establecer relaciones.



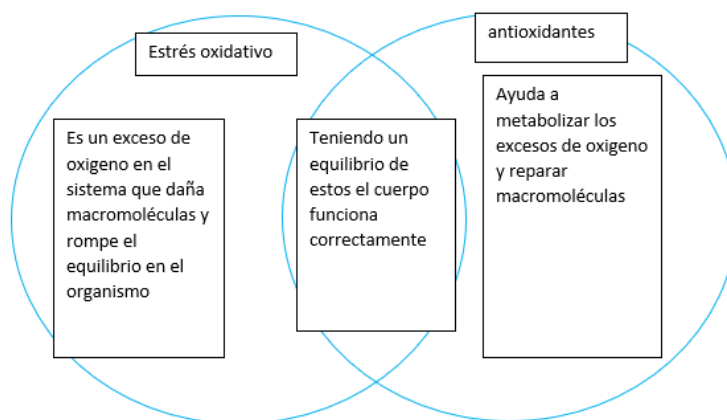
*Ilustración 16. Valoraciones pregunta 1. Elaboración Propia*

Estos resultados, si bien denotan algunas oportunidades de mejora enunciadas anteriormente, también dan cuenta del cambio de percepción de los estudiantes acerca de lo que ocurre en el fenómeno oxidación y como los radicales libres están involucrados en el proceso, esto podría atribuirse al uso del modelo del ABPr teniendo en cuenta que, como enuncia Reverte Bernabeu, J., et. al en 2007 se les brindó a los estudiantes un espacio donde pudieron verse involucrados y agentes activos dentro de su proceso en tanto se les brindó la lectura y siempre se atendieron las dudas que surgieron, sin embargo, no se utilizó el modelo de aula tradicional y expositivo que se ve comúnmente.

Del mismo modo, se observa una valoración máxima de 1,0 que corresponde a la respuesta presentada en la Ilustración 15 donde satisface la rúbrica y se pueden evidenciar completamente las relaciones propuestas por el estudiante, de otro lado se puede observar una nota mínima de 0,55 correspondiente al estudiante 2 (Ilustración 17) pues no logra extraer muchos elementos del texto y las relaciones que establece podrían ser mejores. Esto podría representar otra de las implicaciones didácticas, pues el estudiante debería estar en la capacidad de comprender e interpretar un texto para posteriormente establecer tanto diferencias, como



semejanzas y puntos comunes entre dos o más objetos para finalmente alcanzar a construir un concepto; con el objetivo de fortalecer esta habilidad se propone realizar ejercicios de comprensión lectora y posteriormente de relaciones desde un ejercicio elemental como puede ser regresar a las operaciones con conjuntos hasta alcanzar un nivel más profundo como elaborar premisas desde la lógica y el pensamiento relacional.



*Ilustración 17. Respuesta estudiante 2*

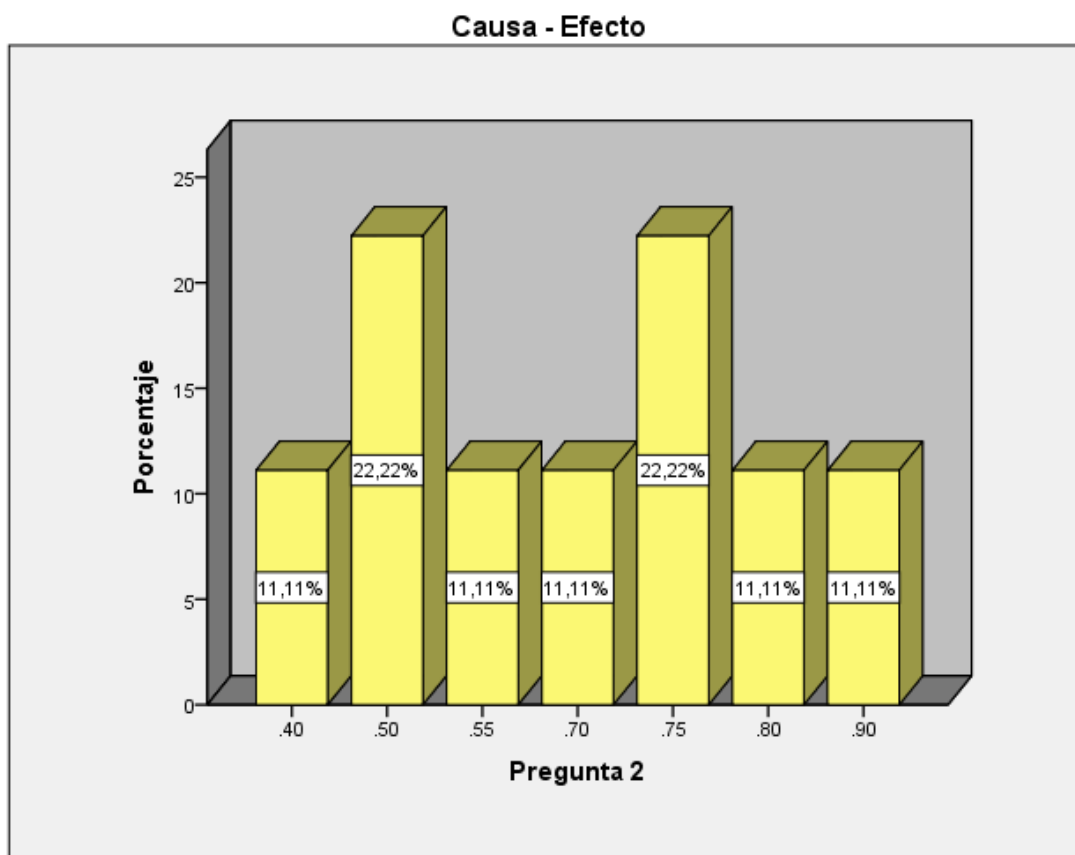
### 8.2.1.2 Pregunta 2

Del mismo modo, se realizó la sistematización y análisis para las respuestas obtenidas en el segundo punto de la actividad: diagrama de causa – efecto en formato de espina de pescado (Anexo 13), se encontró que los estudiantes presentaron falencias a la hora de identificar categorías principales, en la mayoría de los casos se encontraron entre 3 y 4 categorías y no más de 2 causas. Además, resalta la poca capacidad de síntesis que tienen los estudiantes pues algunas de las causas y categorías que se presentaron tenían una estructura de más de 5 o 6 palabras, lo que las convierte en ideas muy largas para el formato propuesto.

Sin embargo, se observó que todos los estudiantes identificaron el problema o efecto a analizar y se lograron identificar generalidades en cuanto a las categorías planteadas, algunas de ellas: hábitos alimenticios, consumo de sustancias, exposición al sol, entre otras; lo que indica que lograron hacer su propio proceso de abstracción y relación causa – consecuencia a partir del fragmento.

De manera cuantitativa, se observó un espectro bastante amplio con valoraciones entre 0.4 y 0.9, a diferencia de la pregunta anterior donde dos estudiantes alcanzaron la valoración máxima, en esta ningún estudiante obtuvo el 1.0, esto debido a las dificultades señaladas anteriormente, no obstante, cabe resaltar que uno de los objetos del uso del modelo de ABPr en el aula es potenciar habilidades tanto escritas como orales (Cruz, R. I., Serrano, C. L., & Rodríguez, B. J., 2021) y será un punto que se trabajará más adelante.

En la ilustración 18 se puede observar las valoraciones cuantitativas de los estudiantes que oscilan entre 0,4 y 0,9.



*Ilustración 18. Valoraciones diagrama causa – efecto*

Ahora bien, pasando al análisis individual, se logró establecer un máximo de 0,9 y un mínimo de 0,4. (Ilustración 19 y 20 respectivamente) donde se puede evidenciar en el primero una gran habilidad para extraer información y agrupar ideas en una categoría específica, mientras que en la segunda se observa cómo no logra extraer más de dos categorías como causa de la

situación. De nuevo, como en el párrafo anterior se propone facilitar espacios de lectura comprensiva donde el estudiante se vea en la necesidad de extraer información clave que le permita tomar decisiones frente a su estilo de vida además de ejercicios de generalización para desarrollar capacidad de análisis y relación en un enfoque un poco más profundo.

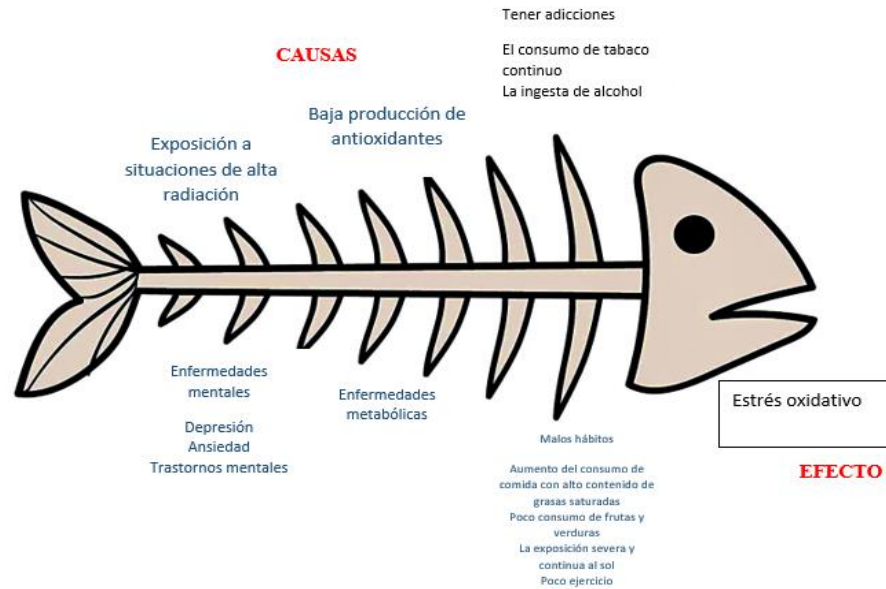


Ilustración 19. Respuesta con valoración máxima

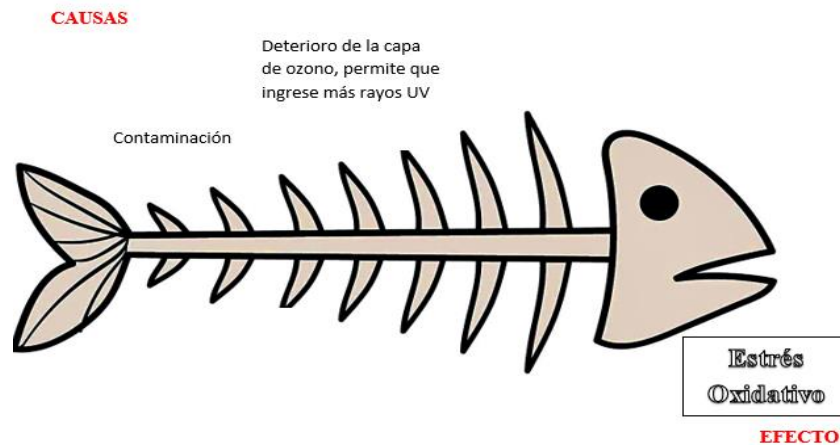


Ilustración 20. Respuesta con valoración mínima

### 8.2.1.3 Pregunta 3

La última parte de la actividad uno estaba relacionada con la construcción de la pregunta central de la intervención (Anexo 14), los estudiantes construyeron una pregunta que iniciaría con la premisa de una situación hipotética con las palabras “¿Qué pasaría si...?” esta pregunta cobra importancia debido a que será el proyecto que los estudiantes desarrollarán a lo largo de las sesiones, según Sánchez, J., en 2013 el modelo de Aprendizaje Basado en Proyectos tiene como objetivo ubicar al estudiante en el rol de investigador y guiarlo hacía el desarrollo del mismo.

Con la construcción de la pregunta se pretendía que el estudiante hiciera relación entre los conceptos trabajados e inventara una realidad alterna donde él mismo tuviera que buscar la información necesaria para resolver su interrogante.

Dicho esto, la construcción de la pregunta se evaluó en términos de seguimiento de instrucciones, ortografía y claridad para el lector a partir de una rúbrica (Anexo 12) obteniendo los resultados presentados en la Ilustración 21, donde se evidencia que seis estudiantes obtuvieron la valoración máxima de 1.0 debido a que no presentaron mayor dificultad a la hora de construir la pregunta, un estudiante obtuvo 0.65 debido a que la pregunta no iniciaba con la estructura acordada, otro obtuvo 0.8 debido a la claridad y ortografía y uno último 0.9 puesto que la pregunta no era lo suficientemente clara como para ser comprendida únicamente con la lectura.



*Ilustración 21. Valoraciones construcción pregunta*

De manera individual, se obtuvo un máximo de 1,0 y un mínimo de 0,65; el primer resultado corresponde al estudiante 5 (Ilustración 15) y el segundo corresponde al estudiante 1 que construyó la siguiente pregunta: “¿Qué pasaría le ocurriría a las células por el exceso de antioxidantes?” esta carece completamente de sentido lógico y redacción, denota la falta de seguimiento de instrucciones por parte del estudiante, que nuevamente presenta una implicación importante en los profesores en formación y es la comprensión lectora y el uso correcto del lenguaje, por lo que se propone la participación en talleres o ejercicios autónomos de dificultad ascendente para fortalecer esta habilidad.

### **8.3 Actividad 2. Licopeno como antioxidante**

#### **8.3.1 Práctica demostrativa**

Para la siguiente actividad se propuso presentarle a los estudiantes una práctica de laboratorio relacionada con la extracción de los carotenoides presentes en el tomate chonto por

medio de la técnica de extracción Soxhlet. Este proceso de diseño del laboratorio se presenta en el Anexo 15.

El desarrollo de la práctica se grabó y posteriormente editó con el objetivo de enseñarle a los estudiantes como se realizó el proceso de extracción para posteriormente presentarles el extracto obtenido y realizar una demostración sencilla y poner a prueba el poder antioxidante del extracto.

Es importante resaltar a este punto, que la muestra sufrió un ligero cambio, donde cuatro de los estudiantes se no lograron dar continuidad al proceso de aplicación por diversas situaciones, de otro lado se unieron dos estudiantes más: uno desde el inicio de esta actividad y otro a partir de la siguiente, para un total de 7 participantes al finalizar la secuencia.

En primer lugar, se proyectó el [video \(clic en este enlace para observarlo\)](#), posteriormente se propuso una práctica demostrativa con el extracto: a cada estudiante se le entregó la mitad de una manzana roja debido a que es una fruta que se pardea rápido y se asocia este pardeamiento con el fenómeno oxidación, luego se agregó un agente oxidante fuerte como peróxido de hidrogeno para acelerar el proceso, finalmente, solo a una parte de la manzana se le agregó el extracto y al otro no. Se dejó actuar por alrededor de 10 minutos y se les pidió a los estudiantes que explicaran el resultado que observaron en sus manzanas obteniendo los resultados presentados en el anexo 16 e Ilustración 22 y 23:



*Ilustración 22. Manzano tratada con extracto (mitad derecha) y si tratar (mitad izquierda)*



Ilustración 23. Estudiantes realizando la experiencia



Ilustración 24. Red actividad 3

Como se puede observar en la ilustración 24, los estudiantes explicaron los comportamientos que observaron en la manzana relacionando diferentes palabras clave, específicamente con la investigación científica y la explicación al fenómeno oxidación a través de los antioxidantes y su poder de protección, este fue uno de los puntos que resaltó en las respuestas, por ejemplo: “Por otro lado el lado de la manzana con el antioxidante, este cumple la función de neutralizar ese proceso, poniéndose él como protector...” explicación que corresponde completamente con el contenido que se pretendía abordar con la actividad teniendo en cuenta la propuesta planteada por Venereo Gutiérrez, J. R.. en 2002 que menciona que los antioxidantes tienen dicho poder dado que reaccionan mucho más rápido con los radicales libres que otro tipo de macromoléculas como lípidos. Si bien es cierto que los estudiantes reconocen el efecto y el beneficio que representa la acción antioxidante, también es cierto que no lograron relacionar el experimento de la manzana con el estrés oxidativo y el proceso que se lleva a cabo en las células, a excepción de dos respuestas:

“Se puede decir que el extracto obtenido sirvió como mecanismo de protección frente a los radicales libres, esta afirmación se realiza, puesto que, se evidencia algunos pedazos que siguen del mismo color de la manzana antes de ser sometida al experimento. También se logra evidenciar como los radicales libres afectan directamente a las células y esto porque se evidencia que las paredes se ven un poco maltadas.”

“se notó una amplia zona donde el sustrato actuó y retardó un estrés oxidativo a la par que evitó la presencia de radicales libres sobre la manzana que producen la oxidación en esta, es decir el licopeno debido a su alta presencia de enlaces dobles si actuó como un agente antioxidante que evita la descomposición acelerada de materia orgánica.”

De allí se puede desprender otra implicación didáctica que tiene que ver nuevamente con los aprendizajes aislados, si bien se desarrolló, luego de la experiencia, una discusión alrededor de como los antioxidantes podrían resultar beneficiosos en el cuerpo humano tomando como ejemplo lo ocurrido con la manzana, los estudiantes en sus análisis no hicieron el puente correspondiente, lo que indica que aún se necesitan actividades encaminadas a la articulación de conocimientos y como los conceptos se relacionan; actividades como diagramas, redes conceptuales o explicación de analogías.



### 8.3.2 Mecanismo de reacción

Después de realizar la práctica con la manzana y el extracto, y para continuar con el contexto del licopeno como posible agente antioxidante, se realizó una intervención donde se abordó el mecanismo de reacción del proceso de la peroxidación lipídica, donde una especie de oxígeno radicalario reacciona con un lípido insaturado para producir reacciones en cadena donde se producen especies lipídicas radicalarias y finalmente se obtiene un peróxido. De allí se realizó una discusión con los estudiantes y a partir de ella lograron relacionar estas reacciones con el proceso de estrés oxidativo en las células y reiteraron la importancia de los antioxidantes en el mismo.

Luego, se propuso una actividad que tenía como objetivo que los estudiantes realizaran una propuesta de mecanismo de reacción teniendo en cuenta el ejemplo de la peroxidación lipídica con la molécula del licopeno y se evaluó a partir de la rúbrica presentada en el Anexo 17 y 18.

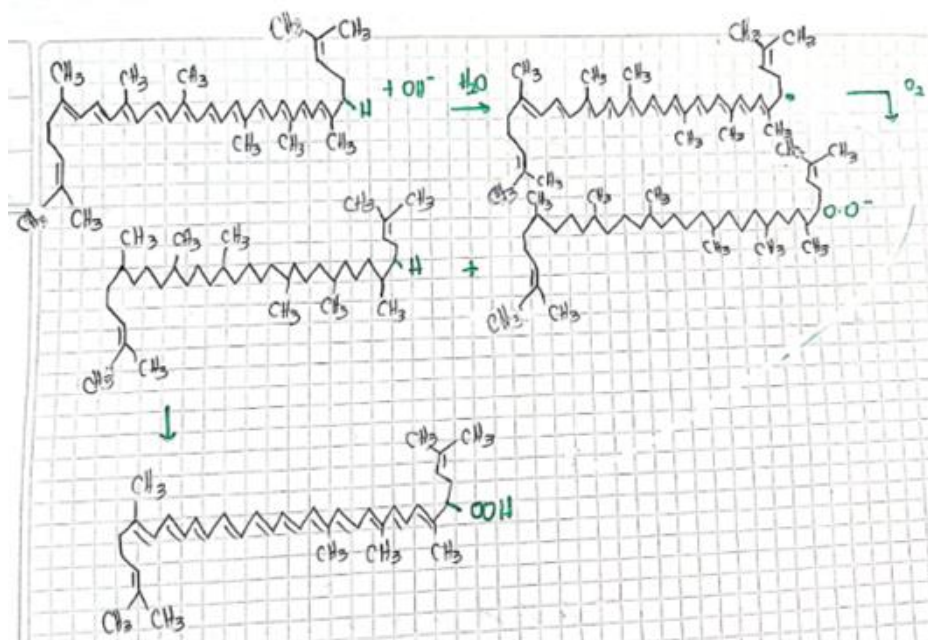


Ilustración 25. Ejemplo de mecanismo elaborado por el estudiante 9

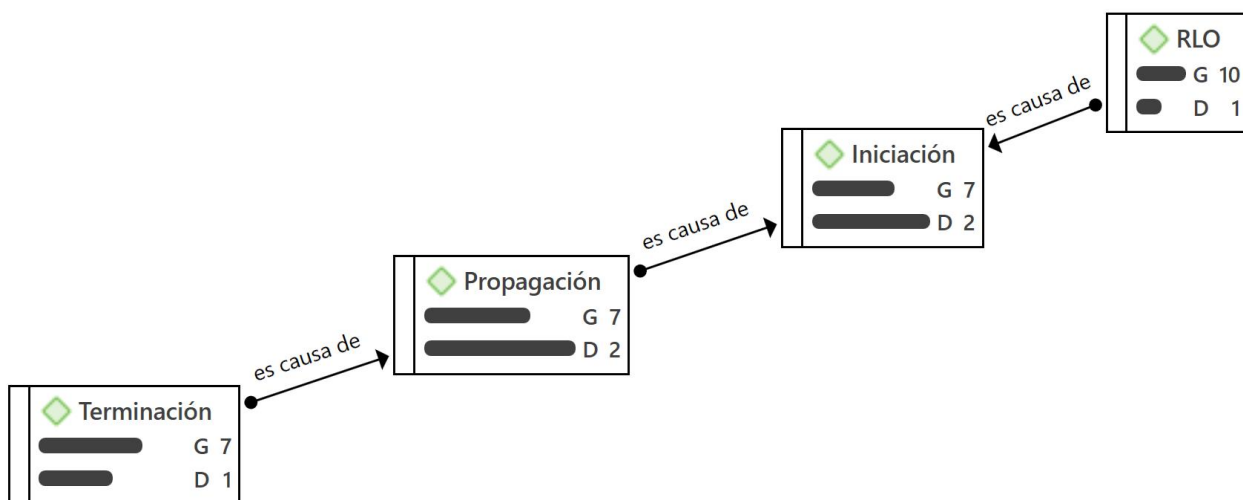
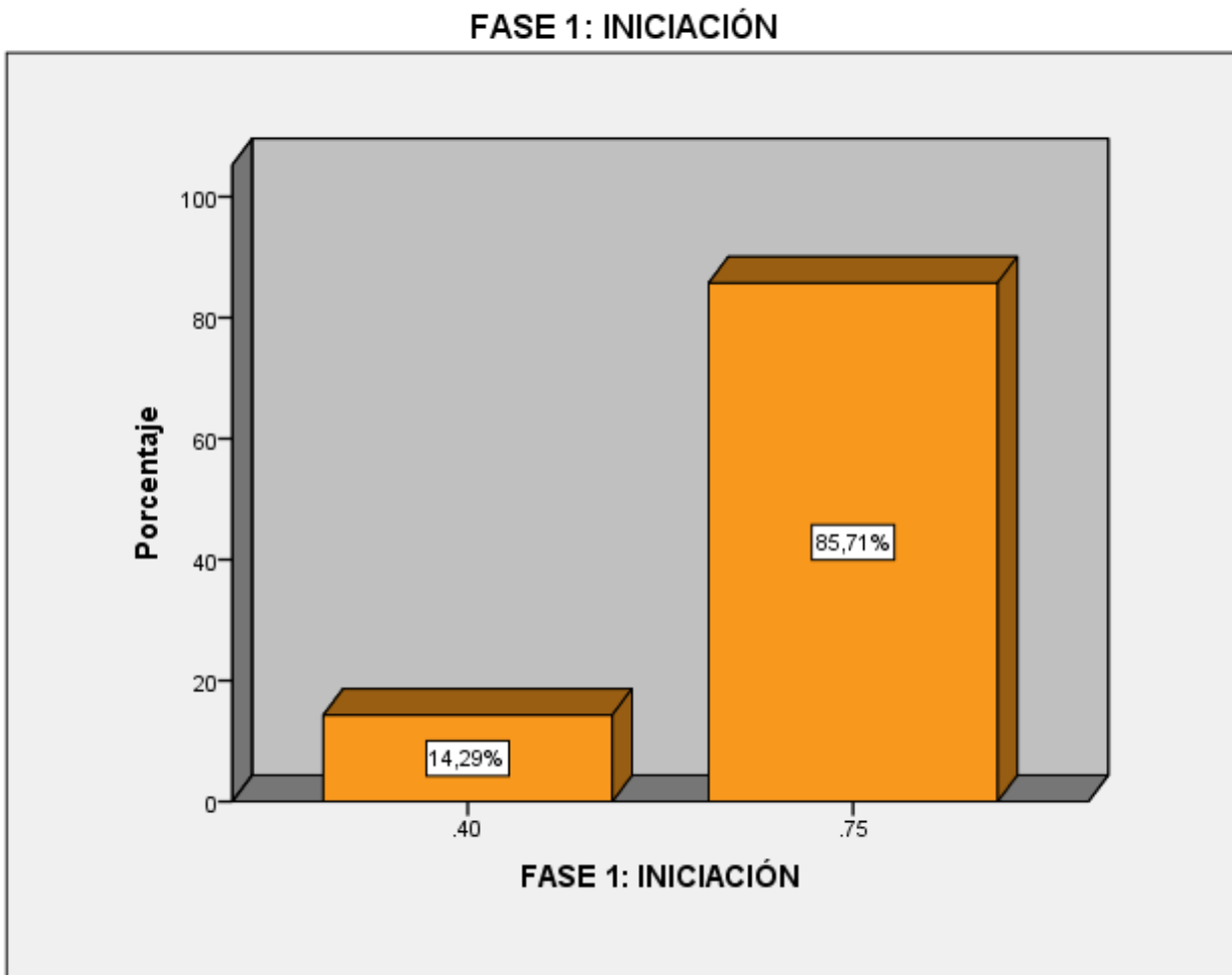


Ilustración 26. Red mecanismo de reacción

Como se puede observar en la ilustración 26, los estudiantes identificaron correctamente las tres fases del proceso de la peroxidación lipídica y la presencia de especies radicalarias de oxígeno, adicionalmente se logró observar que todos los estudiantes cumplieron con la representación de la molécula del licopeno e identificaron de manera correcta el sitio donde se puede iniciar la reacción.

Ahora bien, teniendo en cuenta los resultados por criterio, en la Ilustración 27 se puede observar que la mayoría de los estudiantes representan la reacción inicio con el ataque de una especie radicalaria de oxígeno y la pérdida de agua, el 14,29% si bien representa el ataque del radical libre no representa de manera correcta la pérdida de agua que se ve envuelta en esta primera fase. Esto podría representar otra implicación didáctica, pues para este punto los estudiantes han avanzado en el proceso y estarían en la capacidad de relacionar la información entregada en la primera actividad (fragmento de texto) con la reacción química, no obstante, en la representación del estudiante 9 (Ilustración 25) no se evidencia la pérdida de agua, sino que se representó como si la reacción se diera en medio acuoso, esto indicaría que el estudiante aún no ha establecido relaciones de nivel superior y pasa por alto el significado de las flechas y símbolos en las reacciones químicas, falencia que se podría trabajar a partir de talleres y ejercicios descriptivos de las reacciones validando si los símbolos corresponden o no; adicionalmente, el

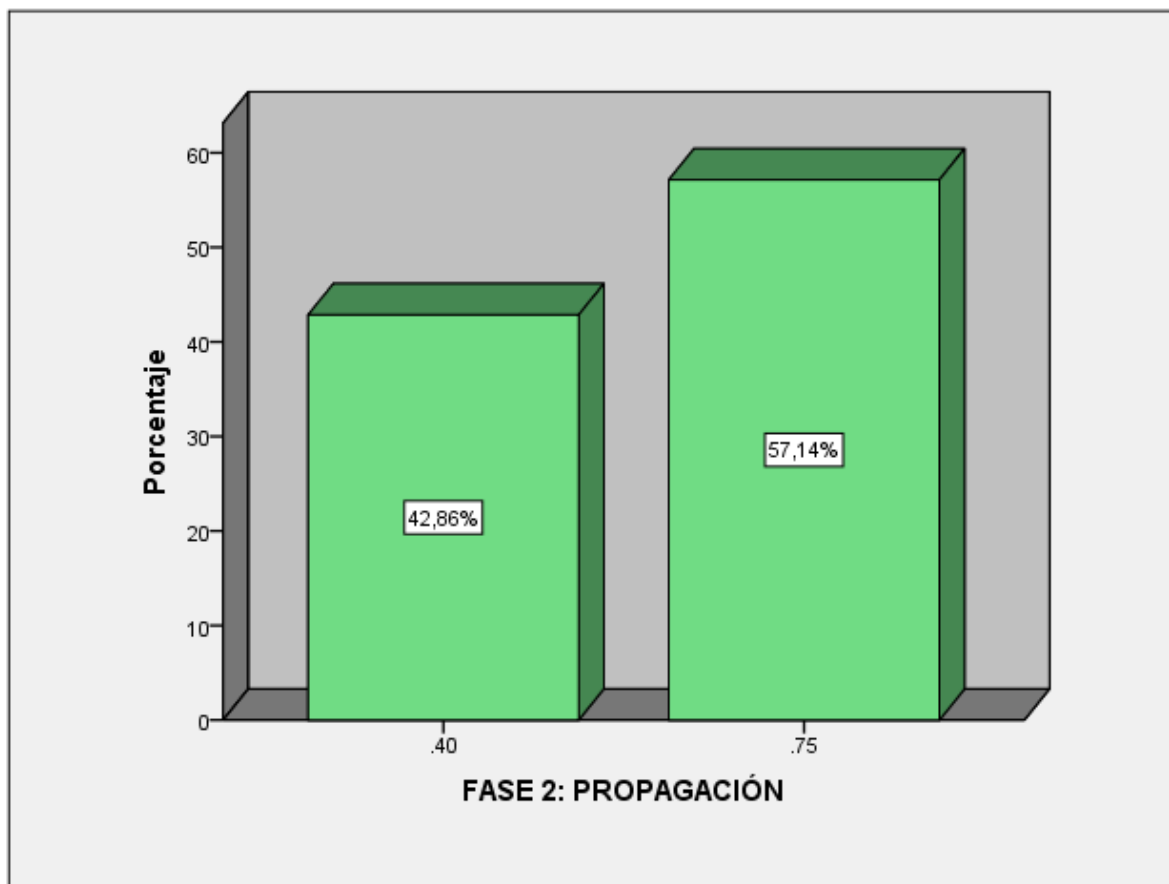
estudiante podría elaborar un banco de símbolos que relacione las flechas y su significado en una reacción química.



*Ilustración 27. Iniciación*

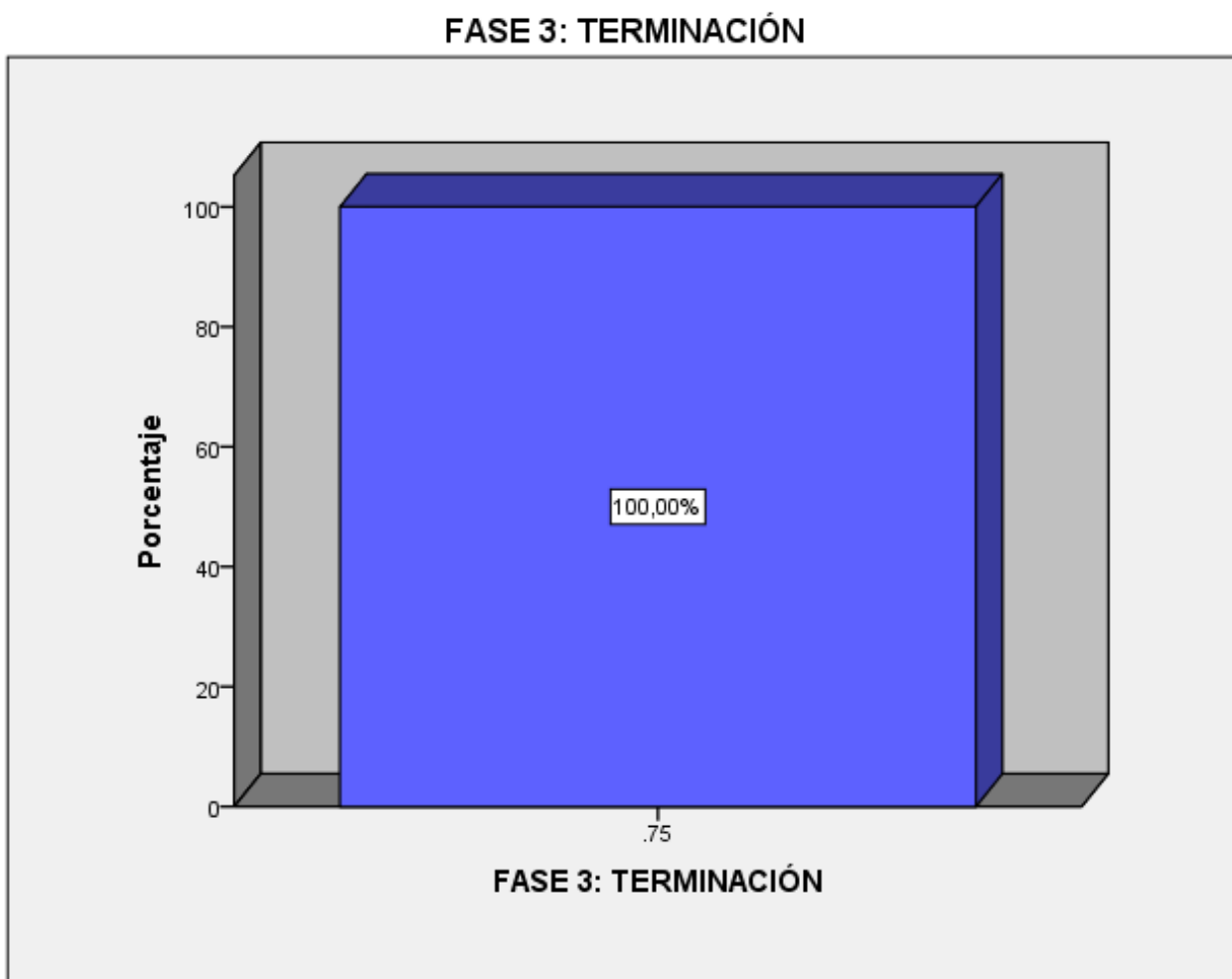
Ahora bien, en cuanto al proceso de propagación, se evidenció que la mayoría de los estudiantes representaron la reacción con oxígeno diatómico y la producción de especies radicalarias y no radicalarias intermedias (Ilustración 28), sin embargo, un 42,66% de ellos no enunciaron el oxígeno diatómico en la reacción.

## FASE 2: PROPAGACIÓN



*Ilustración 28. Propagación*

Finalmente, en la fase de terminación, los estudiantes obtuvieron la máxima valoración, pues todos ellos representaron el producto final de reacción como el lípido en forma de peróxido (Ilustración 29)



*Ilustración 29. Terminación*

Los resultados anteriores muestran la habilidad de los estudiantes para interpretar y extrapolar información a partir de un ejemplo dado, pues la mayoría de ellos identificaron correctamente el carbono puntual donde podría ocurrir la oxidación, la obtención de radicales libres y el producto final; dicha información luego fue puesta en discusión y se hizo la relación de que esta reacción del licopeno fue la que probablemente se dio en el experimento anterior de la manzana. Este tipo de comportamientos y resultados puede tener estrecha relación con lo que menciona Rodríguez, I. R., & Vílchez, J. G. en 2015, el uso del modelo del ABPr en el diseño de estas actividades hace un puente directo entre la academia y la vida cotidiana, lo que facilita el aprendizaje en los estudiantes.

### 8.3.3 Actividad 3. Infografía y respuesta “¿Qué pasaría si...?”

Como actividad final, se les propuso a los estudiantes trabajar en parejas con el objetivo de construir una infografía donde resaltarán los aspectos más importantes trabajados durante la intervención (Anexo 19): la definición del concepto oxidación con sus propias palabras, qué es y qué efectos adversos tiene el estrés oxidativo, qué son los antioxidantes y su relación con la salud y finalmente el desarrollo y entrega final de su proyecto (solución a la pregunta inicial).

A manera de ejemplo se presenta la Ilustración 30, infografía realizada por una de las parejas de estudiantes que será analizada a continuación.



Ilustración 30. Ejemplo de infografía

Nuevamente, esta actividad se evaluó teniendo en cuenta los criterios presentados en su respectiva rúbrica (Anexo 20) manejando la misma escala que se ha presentado a lo largo del proyecto. Inicialmente, se evaluó el desempeño de los estudiantes en el proceso de construcción del concepto central: oxidación.

De otro lado, en la Ilustración 31 se puede evidenciar como los estudiantes lograron definir oxidación a partir de los recursos que se brindaron a lo largo de la intervención mencionado las principales características del fenómeno: Cesión de electrones, captación de oxígeno y deshidratación. Esto da a entender que los estudiantes realizaron no solo el cambio en el concepto con respecto al que tenían anteriormente, sino que relacionaron los conocimientos que consolidaron en las primeras sesiones con el desarrollo de su proyecto.

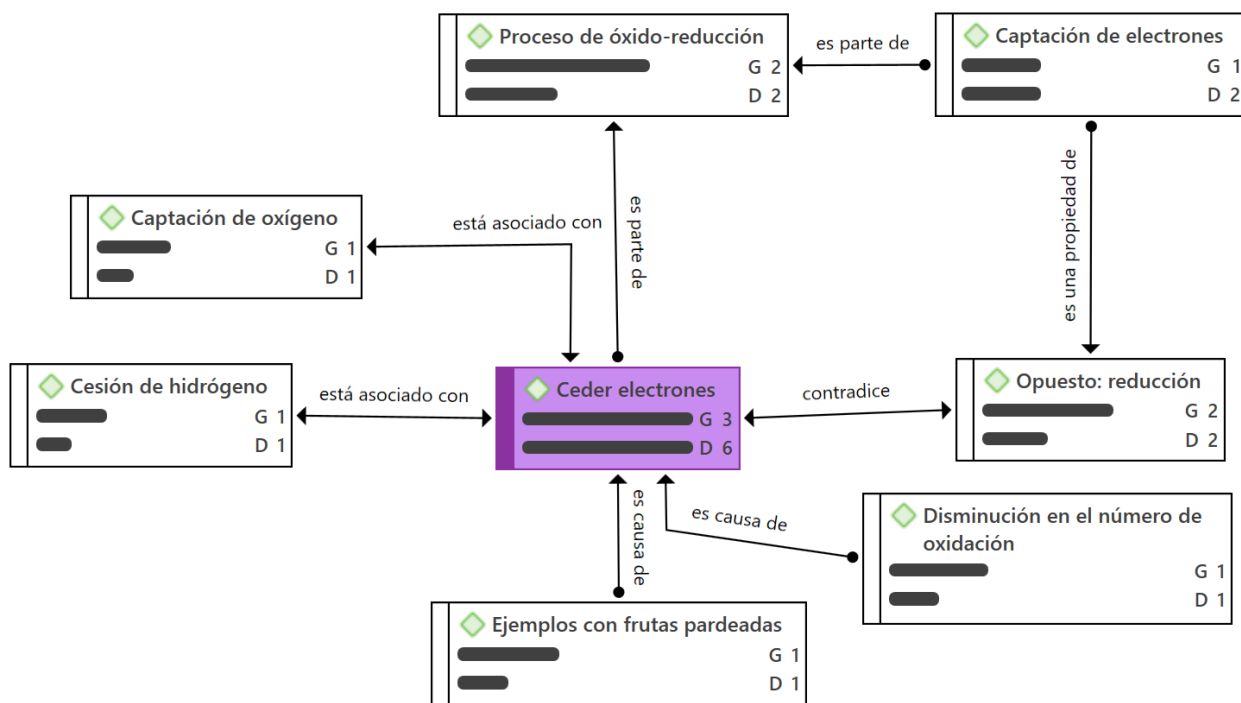


Ilustración 31. Red concepto oxidación

Partiendo de la ilustración anterior se puede evidenciar que la mayoría de los grupos de estudiantes construyeron un concepto de oxidación que tiene que ver sobre todo con la cesión de electrones y llegaron a realizar generalidades como que, si existe un átomo que se está oxidando, debe haber otro que está llevando a cabo el proceso opuesto que en este caso es la reducción, es

decir la ganancia o recibimiento de electrones. Sin embargo, se pudo evidenciar que en un grupo lo asoció no solo a la pérdida de electrones sino también a la captación de oxígeno y el desprendimiento de hidrógeno.

En un segundo momento, se tuvo en cuenta la reflexión acerca de lo que es el estrés oxidativo, en la Ilustración 32 se puede observar cómo los estudiantes mencionan términos como desequilibrio y radicales libres, además de mencionar que una estrategia para combatir este efecto en las células es adoptar mejores hábitos alimenticios y evitar otros que podrían, por el contrario, potenciar el daño.

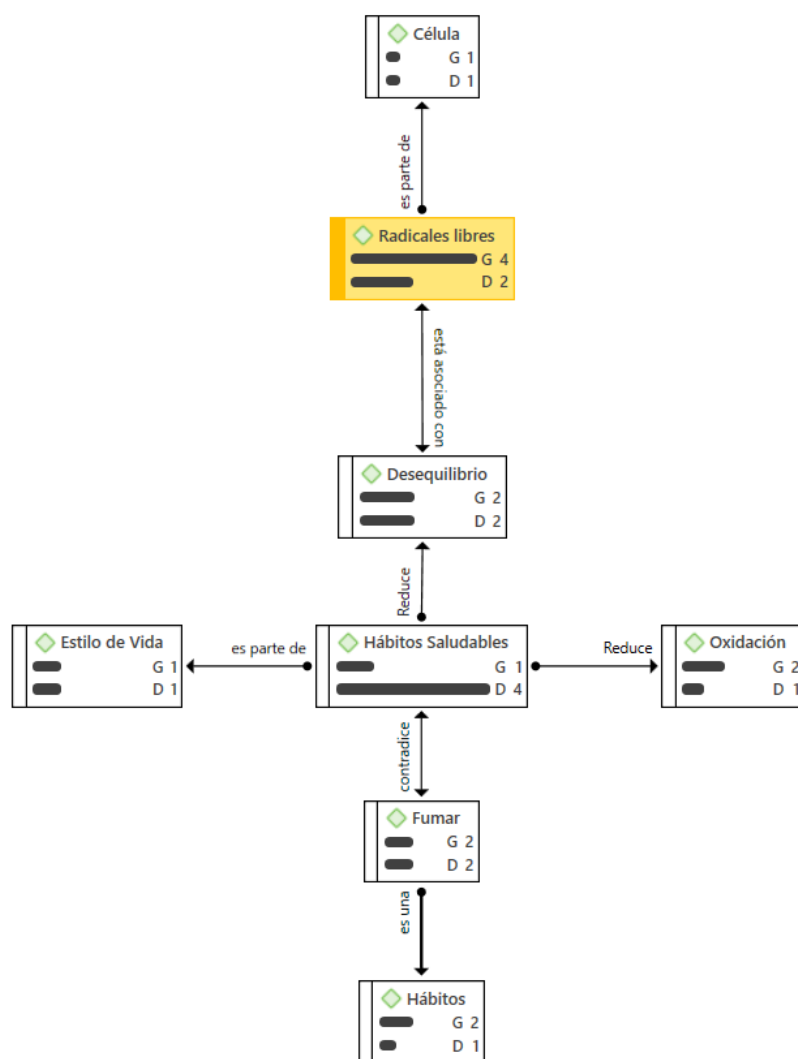


Ilustración 32. Red estrés oxidativo



En la Ilustración 30, los estudiantes lograron definir el estrés oxidativo como un desequilibrio molecular, no se ve una conexión fuerte con el concepto oxidación, no se mencionan qué agentes están involucrados en el proceso ni se especifica que este proceso tiene origen en las células, por lo que allí no se podría decir que existe una fuerte implicación y es en el trabajo de relaciones entre conceptos opuestos en alguna medida.

Por otro lado, se indagó acerca de la relación que lograron comprender los estudiantes entre el consumo de moléculas antioxidantes y el efecto que estos tienen sobre la salud, según la Ilustración 33 la principal relación es la capacidad de protección que las moléculas antioxidantes poseen debido a que actúan como escudos reaccionando ellos en vez de otras macromoléculas importantes en el desarrollo celular. También es importante mencionar que en dos de las infografías se evidenció el uso de ejemplos en frutas y verduras, lo que podría significar que para los estudiantes la intervención y el experimento de la manzana fue una experiencia significativa para comprender el tema tratado.

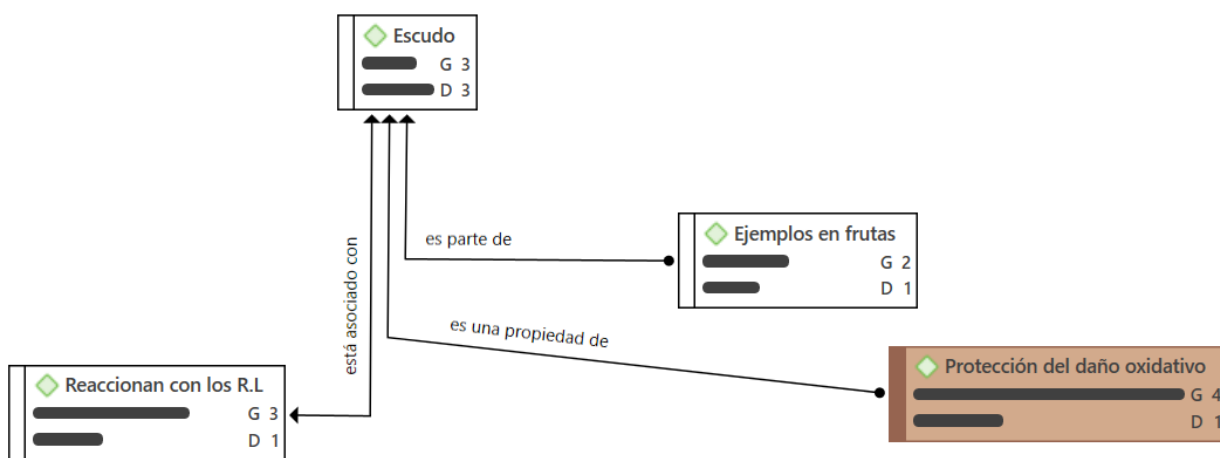


Ilustración 33. Red antioxidantes – salud

De un lado, en la Ilustración 30 se puede observar cómo los estudiantes mencionan términos como “especies oxidantes” y la función principal de los antioxidantes, se evidencia una vaga cohesión entre oxidación, estrés oxidativo y antioxidantes, allí existe una implicación en la medida en que se debe trabajar con los estudiantes ejercicios jerárquicos y de dependencia entre los conceptos para poder contrarrestar este problema.

Finalmente, los estudiantes desarrollaron su proyecto: la respuesta a la pregunta planteada en la actividad inicial haciendo uso del conocimiento que han construido y adquirido, además de algún tipo de consulta que hayan podido realizar. Las respuestas se presentan a continuación en la tabla 6:

*Tabla 6. Respuestas a la pregunta ¿Qué pasaría? Fuente: Elaboración propia*

<b>Grupo</b>	<b>Pregunta</b>	<b>Respuesta</b>
1	¿Qué pasaría si el oxígeno perdiera su propiedad oxidativa?	Si ya no existiese la oxidación, no sería posible ninguna forma de vida, pues es gracias a este fenómeno que solo es producido por el oxígeno, que existe un equilibrio en la naturaleza. Su importancia más relevante es que a través de la oxidación de los nutrientes se obtiene la energía necesaria para que los organismos mantengan los procesos celulares. El proceso es aproximadamente 98% eficiente, el 2% restante genera compuestos que son más oxidantes y que pueden dañar componentes celulares
2	¿Qué pasaría si las razones por las que ocurre el estrés oxidativo fueran más relevantes en los medios y las personas tomaran consciencia de los actos que ocasionan?	Debido a situaciones informadas ayudaría a que las personas tomaran mejores decisiones frente a sus hábitos alimenticios y mejor cuidado de la salud.
3	¿Qué pasaría si tenemos un exceso de estos antioxidantes en	Un exceso de antioxidantes podría ser contraproducente para el beneficio que cada uno de ellos permita. Por ejemplo, si consumimos exceso de Vitamina A que protege las células de la piel, en exceso puede producir lesiones en ella.

	nuestro organismo?	
4	¿qué pasaría si el oxígeno no tuviera radicales libres?	Desde el punto de vista químico, los radicales libres son todas aquellas especies químicas, cargadas o no, que en su estructura atómica presentan un electrón desapareado o impar en el orbital externo que les da una configuración espacial generadora gran inestabilidad, señalado por el punto situado a la derecha del símbolo. Si no existieran, sería porque hay un fallo en el mecanismo enzimático y energético del organismo, pues es un proceso natural, pero al no tener un estilo de vida sano, hace que se generen más radicales de lo normal y ahí es cuando empiezan los problemas de salud.

Teniendo en cuenta la naturaleza de las preguntas y respuestas, se puede observar una tendencia de los estudiantes a plantear interrogantes que lleven a situaciones hipotéticas y salgan un poco de la rutina de la ciencia “exacta” sin embargo, las respuestas siempre vuelven a argumentos estructurados y basados en evidencia científica que permite tener esta dualidad interesante en el proceso de aprendizaje.

Partiendo de lo anterior, vale la pena mencionar que de esta actividad se obtuvieron unas valoraciones para cada estudiante según su desempeño y la rúbrica mencionada anteriormente que serán presentadas a continuación en la Ilustración 34, no sin antes resaltar que se mantuvo la misma escala numérica y englobando los resultados en categorías cualitativas: “Excelente” si la valoración cuantitativa está entre 2,1 y 3,0. “Aceptable” si el valor numérico está entre 1,1 y 2,0 y finalmente “Deficiente” si se encuentra entre 0,0 y 1,0.



*Ilustración 34. Valoraciones infografía final*

La Ilustración 34 presenta que el 100% de los estudiantes obtuvieron una valoración cualitativa “Excelente” esto significa que los estudiantes tuvieron valoraciones cuantitativas de 2,3 y 2,65. Es importante mencionar que en este análisis solo se tuvieron en cuenta los resultados presentados por 7 estudiantes con el objetivo de realizar una comparativa entre su resultados antes de la intervención y después de la intervención y evaluar la existencia de una posible correlación con respecto a los resultados de la prueba inicial, aplicadas bajo las mismas condiciones y evaluando las mismas categorías.

Después de realizar el tratamiento estadístico para las valoraciones de los estudiantes en el instrumento inicial y en la actividad final, se encontró un índice de correlación de tipo negativo, este tipo de correlación de Pearson habla de una relación entre ambas variables, en este caso las valoraciones de los estudiantes, con pendiente negativa. Esto quiere decir, que las variables tienen una relación inversa, cuando una crece, la otra decrece. (Barrera Mondragón, A. M., 2014)

En la tabla 7 se puede observar el análisis estadístico que ofrece el software SPSS Statistics que entregó un valor de correlación de -0,559 este valor corresponde a una descripción de correlación negativa moderada. Este comportamiento se puede explicar en tanto la tendencia para los resultados del primer instrumento fueron valores “Aceptables” debido a que algunos estudiantes no conocían la definición de estrés oxidativo o la relación del consumo de

antioxidantes con la salud y uno de los estudiantes obtuvo el mismo resultado antes y después de la intervención, de allí que la correlación sea moderada y no fuerte o perfecta.

Tabla 7. Correlación de Pearson. Pruebas antes y después de la intervención. Fuente: Elaboración propia

<b>Correlaciones</b>			VALORACIÓN ACTIVIDAD INICIAL	VALORACIÓN PRUEBA FINAL
Rho de Spearman	VALORACIÓN ACTIVIDAD INICIAL	Coefficiente de correlación	1,000	-,559
		Sig. (bilateral)	.	,327
		N	5	5
	VALORACIÓN PRUEBA FINAL	Coefficiente de correlación	-,559	1,000
		Sig. (bilateral)	,327	.
		N	5	5

Esta correlación, donde indica que mientras una de las variables va en aumento, la otra va en decadencia, se podría explicar también debido a que la tendencia luego de la intervención fue a aumentar su valoración en todos los casos de “Aceptable” a “Excelente” o mantenerse allí, la aplicación del modelo del ABPr en la secuencia didáctica presentada en este documento logró ser una estrategia que dio resultados a la hora de construir el concepto oxidación y comprender el fenómeno desde un contexto cercano a los estudiantes como lo es el aprovechamiento de los desechos alimenticios además de ponerlos en el primer plano de su proceso educativo.

Sin embargo, a lo largo de la investigación se lograron determinar algunas de las implicaciones didácticas: principalmente, se debe realizar un proceso importante de comprensión de lectura con los estudiantes, fortalecer habilidades para extraer ideas y sobre todo relacionar dichas ideas entre sí, otorgar un contexto y de allí obtener información útil.

Otra de las implicaciones didácticas que se logró evidenciar fue la necesidad de articulación del conocimiento, es decir, el ejercicio de conectar las ideas, por ejemplo, el hecho de que la oxidación esté dada por la pérdida de electrones y no poder representarlo de diferentes maneras.

Cada una de las actividades realizadas tenía como requisito comprender y relacionar el concepto anterior, por ejemplo, en la actividad 2, se pretendía que los estudiantes explicaran lo

que ocurría con la manzana y representaran el mecanismo de reacción de la peroxidación lipídica; este proceso implicaba que el estudiante, a raíz de la actividad 1, aprendiera qué era la oxidación, el estrés oxidativo y la acción antioxidante para poder comprender y luego explicar el fenómeno. De la misma manera con el resto de las actividades, esta intencionalidad con el orden en el desarrollo de las actividades podría estar relacionada con la correlación encontrada antes y después de la intervención, pues si bien se encontró que existían algunas limitantes en algunas de las respuestas, la mayoría de los estudiantes lograron construir el concepto oxidación.

#### **8.4 Implicaciones didácticas encontradas**

Atendiendo a los objetivos planteados para la presente investigación es importante definir a qué se hace referencia con implicación didáctica, en este caso se entiende como implicación didáctica la repercusión y los diferentes factores que derivaron del desarrollo de la secuencia didáctica soportada en el modelo del Aprendizaje Basado en Proyectos, es decir, la influencia o efectos que se pudieron rescatar de la intervención.

De manera general, los procesos de aprendizaje se ven influenciados por diferentes factores, en el ejercicio de aplicación y posterior análisis de los datos obtenidos se identificaron algunos de estos factores englobados en tres grandes categorías: el papel del profesor, el modelo y la construcción el concepto.

Inicialmente, el rol del profesor resultó ser clave para el éxito de la investigación pues se tomaron en cuenta los conocimientos previos de los estudiantes y a partir de allí se trazó un plan de acción, indiscutiblemente el docente se hizo necesario en la medida en que funcionó como facilitador de la información y guía para la construcción del proyecto además de tomar un papel de motivador para que los estudiantes realizaran sus preguntas de tipo qué pasaría. Adicionalmente, el diseño y planeación de cada actividad fue importante para alcanzar los objetivos planteados y que los estudiantes lograran construir el concepto oxidación bajo el contexto presentado no solo en clases magistrales sino en la experiencia del trabajo de laboratorio, la obtención del extracto, grabación y edición del video fue un ejercicio completamente planeado y estructurado que sirvió como insumo para que los estudiantes tuvieran más herramientas para la construcción del proyecto (infografía).

Ahora bien, en cuanto al modelo trabajado, fue muy interesante ver como desde el modelo del Aprendizaje Basado en Proyectos los estudiantes tuvieron mayor grado de autonomía conforme fueron avanzando las sesiones, además se desarrollaron habilidades sociales como el trabajo en equipo y la distribución de responsabilidades, trabajar con este modelo permitió que los estudiantes tomaran un rol completamente activo y se motivaran a dar respuesta a sus propios interrogantes no solo con las herramientas que facilita el docente sino en un ejercicio de consulta y diálogo con sus mismos compañeros. Este último punto se relaciona con la construcción del concepto oxidación, si bien es cierto que en un primer momento los estudiantes recibieron una lectura que los acercó al concepto, también es cierto que las actividades propuestas y diseñadas bajo el modelo ABPr fueron herramientas que les permitieron construir el concepto de oxidación dentro de un contexto específico como el de las moléculas antioxidantes presentes en los alimentos, después de la intervención lograron definir la oxidación no como un concepto aislado sino como un proceso que es cercano a su realidad, aprendieron cuales son los efectos en la salud y como se podría prevenir a partir de un consumo más consciente.

Es así como las implicaciones didácticas presentadas anteriormente pueden ser esbozos de mejoras en los procesos de enseñanza de las ciencias, en este caso, de la química específicamente, pues se obtuvieron resultados muy favorables con la muestra poblacional lo que indicaría que con un grupo más grande y algunas mejoras en la secuencia los estudiantes podrían empezar a construir los conceptos desde experiencias y participación activa en el aula con un factor motivacional como puede ser el desarrollo de un proyecto.

De otro lado, se lograron identificar otros factores que influyeron en el desarrollo de la propuesta como la necesidad de que el estudiante tenga desarrollada la habilidad de comprender los textos y extraer de ellos la información más relevante, importante y útil para una tarea específica; esto se podría solventar con ejercicios que aumenten de dificultad a medida que se van superando. Además, se encuentra la necesidad de que el estudiante pueda enlazar conceptos y no solo repita la información; debe tomar dicha información, transformarla y aprender a ubicarla en diferentes contextos.

Por esta razón, se hace necesario proponer actividades encaminadas no solo a la construcción de conceptos, sino también ejercicios previos para evaluar la comprensión lectora,

la capacidad de abstracción y otras habilidades que, desarrolladas en el estudiante, le permitirían tener un proceso de aprendizaje mucho más exitoso y alineado con el modelo del ABPr y el concepto oxidación.



## 9 CONCLUSIONES

Atendiendo a los objetivos planteados para la investigación, se logró identificar cuáles son las implicaciones didácticas en la construcción del concepto de oxidación bajo el modelo del Aprendizaje Basado en Proyectos y el contexto de los compuestos bioactivos presentes en los alimentos, específicamente el proyecto se basó en el contexto del tomate chonto pues es uno de los productos que durante el proceso de la postcosecha no son aprovechados y se conoce que poseen unos compuestos conocidos como carotenoides, en este caso el licopeno que podría tener algún poder antioxidante.

Las implicaciones didácticas encontradas en este ejercicio se resumen en dos grandes grupos: relación entre conceptos y conexión entre procesos para llegar a la construcción del concepto principal oxidación. Esto quiere decir que, según los resultados analizados previamente para la construcción del concepto oxidación no basta con leer la definición, sino que se debe realizar un trabajo adicional en fortalecer y desarrollar otras habilidades en los estudiantes antes, durante y después del proceso de aprendizaje que le permitan establecer relaciones, jerarquizar, conectar y encadenar los conocimientos para finalmente llegar a la construcción de un concepto.

Ahora bien, en cuanto al cumplimiento del primer objetivo específico, se logró evaluar el nivel conceptual de los estudiantes frente al concepto de oxidación antes de la intervención, de allí se determinó que la mayoría de los estudiantes se encontraban en un nivel “Aceptable” con un promedio de 1,8/3,0 esto debido a que dos estudiantes tenían un conocimiento bastante acertado sobre oxidación, su relación con el estrés oxidativo y los antioxidantes en comparación con los demás estudiantes. Este nivel conceptual fue evaluado por medio de un instrumento validado que permitió tener un panorama amplio no solo del concepto oxidación sino también la capacidad de relación que poseían los estudiantes y permitió observar otras oportunidades de mejora que fueron tenidas en cuenta a la hora de diseñar la secuencia didáctica.

Teniendo en cuenta lo anterior, se propuso una secuencia didáctica donde los estudiantes de educación superior de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional en ciclo de profundización llevaron a cabo diferentes actividades orientadas a la construcción del concepto bajo el modelo del ABPr, estas actividades incluyeron un ejercicio de lectura, y posterior presentación de la información en diferentes diagramas que obligaron al estudiante a

relacionar otros conceptos asociados al principal, también construyeron una pregunta con una situación hipotética que debían responder finalizando la intervención y presentarla como el proyecto final. Dentro de los resultados de esta actividad se logra identificar una de las primeras implicaciones y tiene que ver con la baja comprensión lectora y la poca capacidad de abstracción de textos, procesos importantes para lograr establecer relaciones.

Otra de las actividades propuestas en la secuencia tuvo que ver directamente con el uso del contexto del tomate, pues se les presentó a los estudiantes un video con la extracción de los carotenoides del tomate para posteriormente hablar de la reacción de peroxidación lipídica a través de una práctica demostrativa y la construcción del mecanismo de reacción con la molécula del licopeno actuando como antioxidante, en esta actividad los estudiantes lograron establecer alguna relación entre el beneficio de los antioxidantes y su efecto frente al estrés oxidativo, no obstante, se evidenció otra de las implicaciones didácticas relacionadas con la capacidad que deben tener los estudiantes para enlazar conceptos y usarlos en un contexto específico, como el del uso de compuestos bioactivos del tomate.

Finalmente, el objetivo específico número tres está relacionado con la efectividad de la intervención a través de un instrumento que diera cuenta de la construcción del concepto por parte de los estudiantes, este instrumento final fue una infografía construida por los estudiantes donde, después de evaluada se determinó que existía una correlación negativa moderada entre el nivel inicial (Aceptable) y el nivel final (Excelente) lo que denota un cambio significativo a propósito de la construcción del concepto de oxidación y su relación con el estrés oxidativo y los antioxidantes.

En suma, la investigación cumplió a cabalidad con los objetivos propuestos, se determinaron las implicaciones didácticas del modelo frente a la construcción de un concepto específico, se evaluó el nivel conceptual de los estudiantes antes, durante y después de la intervención y para cerrar, se determinó que existía una correlación negativa (inversamente proporcional) entre los resultados iniciales y finales, donde se observó un aumento considerable en el nivel de los estudiantes que pueden ser explicados por el uso del modelo del ABPr y el contexto de las biomoléculas en alimentos.

## **10 RECOMENDACIONES Y LIMITACIONES**

Se podría realizar un estudio con una población más amplia y diversa, es decir, no solo profesores de química en formación sino también de biología, física, matemáticas e incluso tecnología y así evaluar otro tipo de implicaciones que podrían derivarse de la naturaleza de la población.

Incluso, se podría pensar en docentes en formación de otras Instituciones del país. Así mismo, se podría proponer continuar con el estudio cambiando la población, si bien se desarrolló con estudiantes de educación superior también se podría llevar a cabo con estudiantes de básica secundaria y media o adolescentes de entre 15 y 17 años.

Para futuras investigaciones, se podrían plantear también algunas modificaciones en la secuencia didáctica, teniendo en cuenta las implicaciones encontradas en este proyecto, se podrían realizar actividades intermedias que favorezcan el desarrollo y fortalecimiento de habilidades en los estudiantes, como establecer relaciones desde niveles básicos hasta llegar a la construcción de diagramas como los propuestos en el presente trabajo.

## 11 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acevedo Noreña, M. V. (2017). Propuesta de estrategia didáctica para la enseñanza del concepto estados de oxidación dirigida a estudiantes del grado décimo.

Algumedo Romaña, C. A. (2020). *Elaboración de jabones artesanales con aceite usado como estrategia para la enseñanza de las ciencias naturales a través de aprendizaje basados en proyectos* (Master's thesis, Escuela de Ingenierías).

Amador Rodríguez, R. Y, Gallego Badillo, R. y Pérez Miranda, R. (2005). *Del Flogisto a la Oxidación: la construcción de modelos explicativos en la formación inicial de profesores de química*. Memorias del V Encuentro Nacional de Pesquisa em Educaçao em Ciências. Abrapec. Bauru–Brasil

Ayala Cabrera, J. F., Pérez Ràfols, C., Núñez Burcio, O., & Serrano i Plana, N. (2020). Implementación del aprendizaje basado en proyectos en laboratorios de química analítica del grado de química. *Avances en Ciencias e Ingeniería, 2020, vol. 11, num. 2, p. 31-40*.

Ayerbe, J., & Perales Palacios, F. J. (2020). *Reinventar tu ciudad: aprendizaje basado en proyectos para la mejora de la conciencia ambiental*. ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS, 38-2 (2020), 181-203

Barrera, M. A. M. (2014). Uso de la correlación de Spearman en un estudio de intervención en fisioterapia. *Movimiento científico, 8(1), 98-104*.

Bernabeu Tamayo, M. D. (2010). Estudio sobre innovación educativa en universidades catalanas mediante el aprendizaje basado en problemas y en proyectos. Universitat Autònoma de Barcelona

BUENO, P. M., & FITZGERALD, V. L. (2004). APRENDIZAJE BASADO EN PROBLEMAS PROBLEM–BASED LEARNING. *Theoria, 13, 145-157*.

Cabeza, L., Zapata, Á., & Lombana, J. (2018). Crisis de la profesión docente en Colombia: percepciones de aspirantes a otras profesiones. *Educación y Educadores, 21(1), 51-72*.

Cabré, R. B. (2012). Diseños cuasi-experimentales y longitudinales. Barcelona: Universidad de Barcelona.

- Carcausto, W. (2020). Aprendizaje basado en proyectos para la salud: una experiencia pedagógica universitaria. *Peruvian Journal of Health Care and Global Health*, 4(2), 76–80. Recuperado de <http://52.37.22.248/index.php/hgh/article/view/73>
- Cyrulies, E., & Schamne, M. (2021). El aprendizaje basado en proyectos: una capacitación docente vinculante. *Páginas de Educación*, 14(1), 1-25.
- Elejalde Guerra, J. I. (2001, January). Oxidación, entre la vida y la enfermedad. In *Anales de medicina Interna* (Vol. 18, No. 1, pp. 9-14). Arán Ediciones, SL.
- Elejalde Guerra, J.I. (2001). Estrés oxidativo, enfermedades y tratamientos antioxidantes. *Anales de Medicina Interna*, 18(6), 50-59. Recuperado en 13 de marzo de 2023, de [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S021271992001000600010&lng=es&tln\\_g=pt](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S021271992001000600010&lng=es&tln_g=pt).
- Gagné, R. M., de la Orden Hoz, A., & Soler, A. G. (1987). Las condiciones del aprendizaje.
- Galán, A. T., Lope, S., & Llach, M. C. (2021). El aprendizaje basado en proyectos en el ámbito STEM: Conceptualización por parte del profesorado. *REEC: Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 20(3), 359-380.
- Galeana, L. (2006). Aprendizaje basado en proyectos. *Revista Ceupromed*, 1(27), 1-17.
- Gómez, B. R. (2005). Aprendizaje basado en problemas (ABP): una innovación didáctica para la enseñanza universitaria. *Educación y educadores*, (8), 9-20.
- Gonzales, G., & Valdivia, S. M. (2017). Aprendizaje basado en proyectos. *Colección Materiales de Apoyo a la Docencia*, 1.
- González Henao, C. (2018). Desarrollo de una unidad de enseñanza potencialmente significativa (ueps) para explicar el concepto de oxidacion-reduccion a los alumnos de grado décimo de la institución educativa Antonio Ricaurte del barrio Belen Rincón, Medellín.
- Hernández, A. M., Bojacá, R. D. P., & Duque, M. E. (2007). Determinación de grasas y aceites en aguas por el método Soxhlet.

- Ambientales, C. (2004). Determinación del contenido graso de leche en polvo: Extracción Soxhlet. *Técnicas Avanzadas en química*.
- Hoyos Serrano, M., & Rosales Calle, V. V. (2014). Lípidos: Características principales y su metabolismo. *Revista de Actualización clínica investiga*, 41, 2142 – 2145
- Korc, I., Bidegain, M., & Martell, M. (1995). Radicales libres. *Rev Med*, 11, 121-135.
- Lazo Santibáñez, L., Vidal Fuentes, J., & Vera Aravena, R. (2013). La enseñanza de los conceptos de oxidación y de reducción contextualizados en el estudio de la corrosión. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(1).
- Leiva, C. (2005). Conductismo, cognitivismo y aprendizaje. *Revista tecnología en marcha*, 18(1).
- López, A., Fernando, C., Lazarova, Z., Bañuelos, R., & Sánchez, S. (2012). Antioxidantes, un paradigma en el tratamiento de enfermedades. *Revista ANACEM*, 6(1), 48-53.
- Lozano, M. (2015). El uso de diagramas de Venn-Euler en la enseñanza de lógicas libres. *Cuauthémoc Mayorga-Madrigal & Teresita de Jesús Mijangos-Martínez (coords.). Lógica, argumentación y pensamiento crítico: su investigación y didáctica*, 136-144.
- Márquez Sigvas, B. M. (2014). Cenizas y grasas, teoría del muestreo y refrigeración y congelación de alimentos: terminología, definiciones y explicaciones.
- MARIA MAGDALENA MONTALEZA AUQUILLA (24 noviembre 2020). Determinación de grasa, empleando el método Soxhlet. [Archivo de vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=hXRuTySG3cQ>
- Martín, L. A. (2016). *Aprendizaje basado en proyectos. Un modelo innovador para incentivar el aprendizaje de la Química*. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12209/1078>
- Martínez-Lazcano, J. C., Boll-Woehrlen, M. C., Hernández-Melesio, M. A., Rubio-Osornio, M., Sánchez-Mendoza, M. A., & Ríos, C. (2010). Radicales libres y estrés oxidativo en las enfermedades neurodegenerativas. *Mensaje Bioquim*, 34, 43-59.
- Mercado, F. W. M., Merlano, A. M. H., & Nisperuza, E. P. F. (2018). Aprendizaje Basado en Proyectos, una estrategia para desarrollar competencias en estudiantes de Secundaria en Colombia. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*.

Navarro, I., Pertegal, M., Gil, D., González, C. y Jimeno, A. (2011). El aprendizaje basado en proyectos como estrategia didáctica y pedagógica para estimular el desarrollo de competencias profesionales. *IX Jornadas de redes de investigación en docencia universitaria*.

Ochoa Sagüés, C. (2017). Aprendizaje basado en proyectos. Cómo ganar MasterChef Junior utilizando la química.

Parga-Lozano, D. L., & Piñeros-Carranza, G. Y. (2018). Enseñanza de la química desde contenidos contextualizados. *Educación química*, 29(1), 55-64.

Reverte Bernabeu, J., Gallego, A. J., Molina-Carmona, R., & Satorre Cuerda, R. (2007). El aprendizaje basado en proyectos como modelo docente. Experiencia interdisciplinar y herramientas groupware.

Rodríguez, I. R., & Vílchez, J. G. (2015). El aprendizaje basado en proyectos: un constante desafío. *Innovación educativa*, (25).

Rojas Patarroyo, J. A. (2022). *Acercamiento al concepto de función lineal mediante un aprendizaje basado en proyectos: "armemos la bici y aprendamos matemáticas"*.

Salido López, P. V. (2020). Metodologías activas en la formación inicial de docentes: Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y educación artística. *Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, 24(2), 120-143.

Salido, F. P., & Fernández, J. J. R. (2002). Influencia de los radicales libres en el envejecimiento celular. *Offarm*, 21(7), 96-100.

Sánchez, J. (2013). Qué dicen los estudios sobre el Aprendizaje Basado en Proyectos. *Actualidad pedagógica*, 1-4.

Venereo Gutiérrez, J. R. (2002). Daño oxidativo, radicales libres y antioxidantes. *Revista Cubana de medicina militar*, 31(2), 126-133.

Venereo Gutiérrez, Justo R.. (2002). Daño oxidativo, radicales libres y antioxidantes. *Revista Cubana de Medicina Militar*, 31(2), 126-133. Recuperado de

[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0138-65572002000200009&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0138-65572002000200009&lng=es&tlng=es)

White, H., & Sabarwal, S. (2014). Diseño y métodos cuasiexperimentales. *Síntesis metodológicas: evaluación de impacto*, 8.



## 12 ANEXOS

### 12.1 Anexo 1. Instrumento inicial



Universidad Pedagógica Nacional  
Facultad de Ciencia y Tecnología – Departamento de química

Nombre:

Apreciada (o) Estudiante:

La información recolectada mediante el siguiente instrumento será utilizada exclusivamente con fines investigativos, por favor, conteste de la manera más sincera.

Gracias por su participación.

1. A partir del modelo atómico propuesto por Bohr, ¿Cómo representa la transferencia electrónica evidenciada en una reacción de oxidación?

2. Teniendo en cuenta su recorrido académico, ¿podría definir el concepto de “estrés oxidativo”?

SI

NO

3. Si su respuesta anterior fue si, escriba de manera breve la definición que conoce.

---

---

---

4. Considere sus conocimientos en química orgánica e intermedios de reacción, luego marque la opción que describa la característica principal de los “radicales libres”

- a. Especies químicas que se caracterizan por tener un electrón desapareado
- b. Especies químicas que se caracterizan por tener una carga positiva
- c. Especies químicas que se caracterizan por tener una carga negativa
- d. Especies químicas que se caracterizan por tener baja densidad electrónica

5. ¿Qué son los antioxidantes? Explique.

---

---

---

6. Partiendo de la información que conoce, ha escuchado o leído acerca de los antioxidantes, ¿el consumo de estos podría generar algún efecto beneficioso para la salud?

SI

NO

7. Justifique su respuesta anterior.

---

---

---

Gracias por sus respuestas

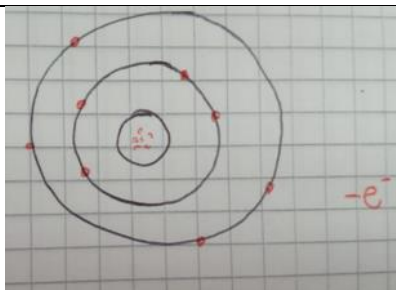

Laura Tatiana Gonzalez Cuellar

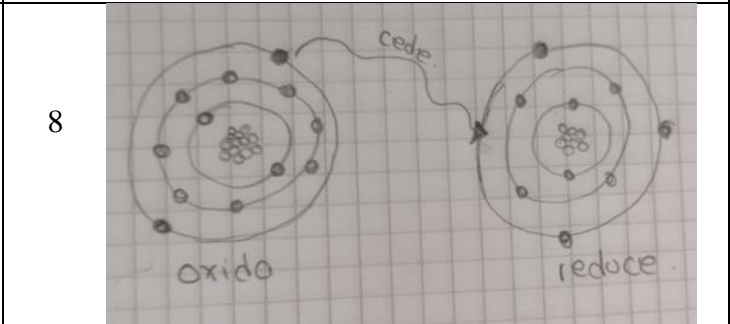
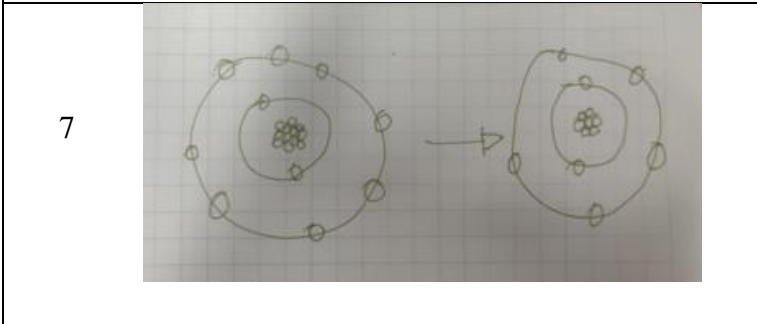
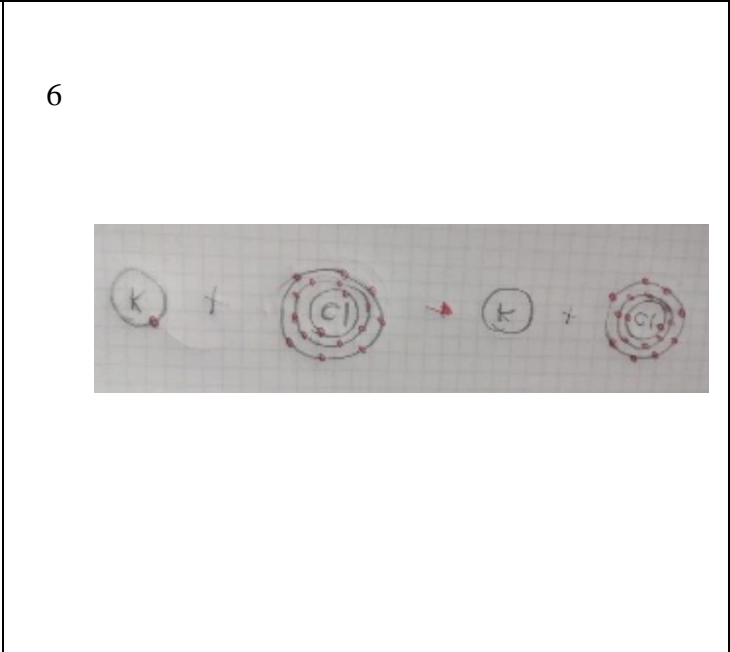
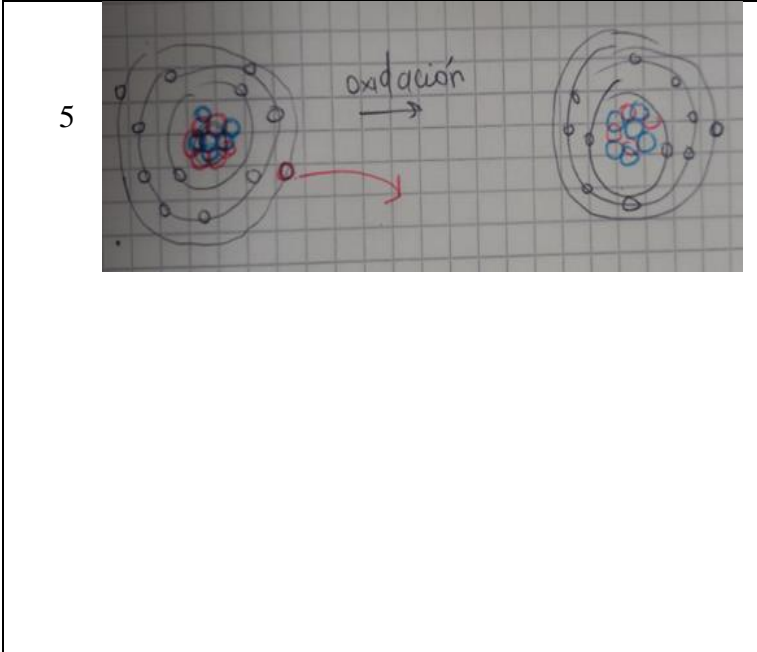
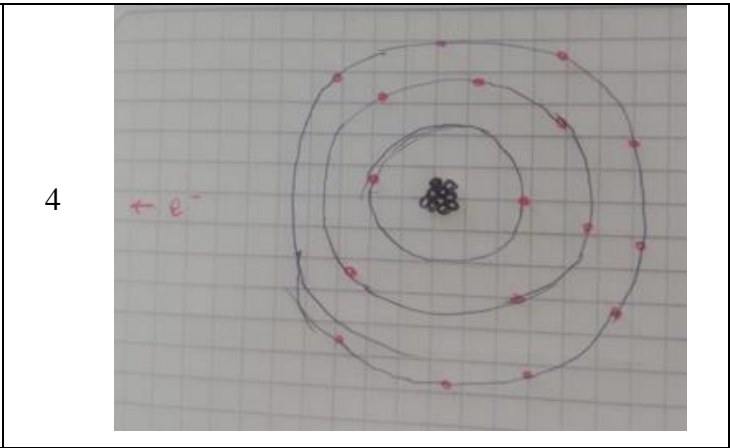
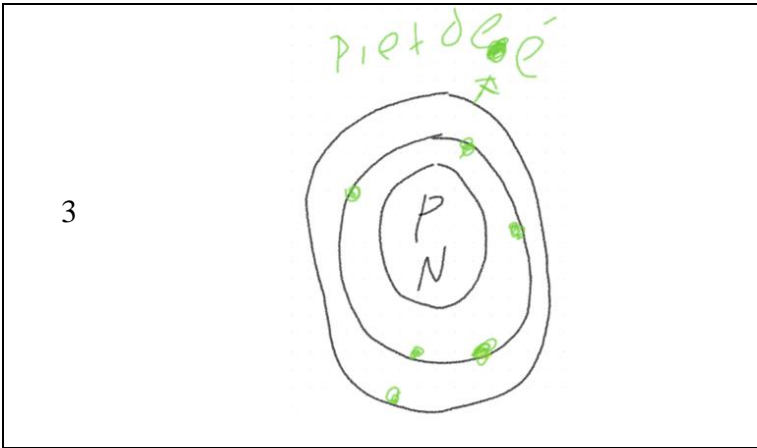
Lic, Química en formación.

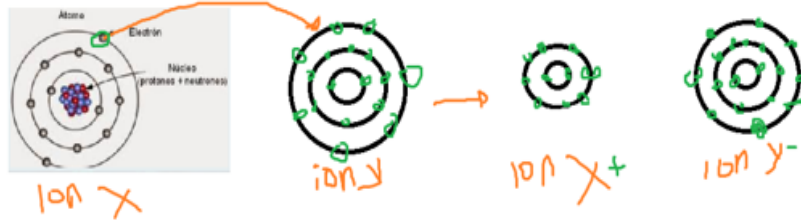
### 12.2 Anexo 2. Rúbrica de validación instrumento 1

<i>Crterios</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
<i>Suficiencia</i>	La cantidad de preguntas no son suficientes para recolectar la información deseada	La cantidad de preguntas son suficientes para recolectar parcialmente la información deseada	La cantidad de preguntas son suficientes para recolectar la mayoría de la información deseada	La cantidad de preguntas son suficientes para recolectar la información deseada
<i>Coherencia</i>	El enunciado no tiene relación con el objetivo	El enunciado tiene relación parcial con el objetivo	El enunciado tiene una relación estrecha con el objetivo	El enunciado tiene completa relación con el objetivo
<i>Claridad</i>	La pregunta no es clara	La pregunta requiere diferentes modificaciones en cuanto a uso y orden del lenguaje	La pregunta requiere una modificación en cuando al uso y orden del lenguaje	La pregunta es completamente clara
<i>Relevancia</i>	La pregunta podría ser eliminada sin afectar en la recolección de la información deseada	La pregunta tiene algún grado de relevancia, pero otra podría medir lo mismo	La pregunta es algo relevante	La pregunta es completamente relevante y debe ser incluida

### 12.3 Anexo 3. Respuestas pregunta 1 (instrumento inicial)

1		2	
---	---	---	---





#### 12.4 Anexo 4. Respuestas pregunta 3

Estudiante	Si su respuesta anterior fue si, escriba de manera breve la definición que conoce. Si no, escriba "No Aplica"
1	No Aplica
2	No Aplica
3	No aplica
4	No Aplica
5	Si no estoy mal es cuando hay exceso de radicales libres en el cuerpo, lo que ocasiona que las células se oxiden y generen daños en el organismo.
6	Daño y muerte celular.
7	No aplica
8	Cuando se ajustan las condiciones de un agente oxidante para que genere más de lo que produce
9	Es un desequilibrio entre las moléculas del oxígeno y los agentes oxidantes, este desequilibrio produce un estrés oxidativo

#### 12.5 Anexo 5. Respuestas pregunta 4

Estudiante	¿Qué son los antioxidantes? Explique
1	Ayuda a prevenir el daño de las células
2	sustancias que evitan la oxidación
3	Son sustancias químicas que inhiben la producción de radicales libres al momento de la oxidación de las moléculas
4	Son agentes que ayudan a contrarrestar la oxidación
5	Son compuestos químicos que contribuyen a la neutralización de los radicales libres, lo cual hace que estos no generen daño.
6	Son compuestos químicos, que impiden el daño celular.

7	Compuestos diseñados para que no ocurra el fenómeno de oxidación
8	Son compuestos que se encargan neutralizar o evitar la oxidación de compuestos o moléculas.
9	Son moléculas de algunas sustancias, que impiden la oxidación normalmente de las células u otras moléculas. Sucede por reacciones químicas, entre un agente oxidante y un agente reductor.

### 12.6 Anexo 6. Respuestas pregunta 7

Estudiante	Justifique su respuesta anterior.
1	Los antioxidantes naturales de las frutas naturales influyen positivamente en el envejecimiento celular
2	Porque genera menos estrés creo
3	El consumo de antioxidantes reduce el impacto nocivo que tienen los radicales libres hacia las moléculas participes en la célula
4	Considero que no son necesarios, pero en altas concentraciones si lo son
5	Si estos neutralizan los radicales libres para evitar el daño en las células, pienso que también favorecen al no envejecimiento de las células.
6	Los radicales libres contribuyen a que la célula no se oxide, no se genere daño oxidativo.
7	No se
8	Debido a que se encargan de neutralizar radicales libres
9	Evita la oxidación de las células, por ende, previene el envejecimiento, pero más allá de eso, previene el daño en las células de los órganos.

**12.7 Anexo 7. Rúbrica de evaluación. Diagnóstico**

<i>Critério</i>	<i>0,75</i>	<i>0,37</i>	<i>0</i>
<b>Oxidación (Modelo de Bohr)</b>	Representa la oxidación como pérdida de electrones haciendo uso del modelo de Bohr, especificando el núcleo y la ubicación de los electrones en la periferia	Representa el modelo atómico de Bohr con algunas dificultades para identificar las partes de este y/o no se evidencia transferencia electrónica	No se evidencia transferencia electrónica y/o no representa correctamente el modelo atómico
<b>Estrés oxidativo</b>	Define el estrés oxidativo como un desequilibrio entre la presencia de especies de oxígeno radicalarias y la capacidad de neutralizar los efectos en un sistema	Define el estrés oxidativo como una gran cantidad de especies de oxígeno radicalarias, pero no su relación con la capacidad de neutralizar los efectos	No conoce la definición de estrés oxidativo o no es correcta
<b>Radicales libres</b>	Define los radicales libres como especies que se caracterizan por tener un electrón de su capa de valencia desapareado	N/A	Define los radicales como especies que se caracterizan por tener carga positiva, negativa o baja densidad electrónica
<b>Antioxidantes</b>	Define los antioxidantes como moléculas que pueden prevenir el daño oxidativo en las células en tanto estas reaccionan con las especies de oxígeno radicalarias para proteger otras.	Define los antioxidantes como moléculas que retrasan el efecto de las especies de oxígeno radicalarias	No conoce la definición de antioxidantes o no es correcta

## 12.8 Anexo 8. Actividad 1.



Universidad Pedagógica Nacional  
Facultad de Ciencia y Tecnología – Departamento de química

Lea detenidamente el siguiente texto

“En bioquímica se considera oxidación a todo proceso en el que ocurre pérdida de electrones, captación de oxígeno o una cesión de hidrógeno (deshidrogenación) y reducción a aquel otro en el cual se captan electrones o se pierden oxígenos. Todo proceso de oxidación va siempre acompañado de otro de reducción. Son reacción de óxido-reducción o reacciones redox entre pares conjugados (1,2).

En la naturaleza casi todo es oxidado por el oxígeno: las grasas se vuelven rancias, la goma pierde elasticidad, el papel amarillea, etc. Además estas reacciones de óxido-reducción son muy importantes en bioquímica, puesto que los seres vivos obtienen la mayor parte de su energía libre a partir de ellas: en la fotosíntesis la energía solar impulsa la reducción del  $\text{CO}_2$  y la oxidación del  $\text{H}_2\text{O}$  formando carbohidratos y  $\text{O}_2$  y en el metabolismo aeróbico, realizado por los eucariotas y muchos procariontes, tiene lugar un proceso inverso a la fotosíntesis, que permite almacenar la energía libre producida en la oxidación de los carbohidratos y de otros compuestos orgánicos, en forma de ATP (1,2).

Pero este oxígeno que es imprescindible para la vida, puede ser también fuente de enfermedad a través de una producción incontrolada de radicales libres de oxígeno (RLO) que dañan las macromoléculas (lípidos, proteínas, hidratos de carbono y ácidos nucleicos) y alteran los procesos celulares (funcionalidad de las membranas, producción de enzimas, respiración celular, inducción génica, etc.) (3).

Un exceso de RL (moléculas o porciones de ellas, que presentan al menos un electrón desapareado en su orbital más externo y son extraordinariamente reactivos) rompen el equilibrio produciendo el llamado estrés oxidativo. Se producen durante las reacciones metabólicas, mientras las células del organismo transforman los alimentos en energía especialmente en situaciones de hiperoxia, ejercicio intenso e isquemia y también por exposición a determinados agentes externos como las radiaciones ionizantes o luz ultravioleta, polución ambiental, humo del tabaco, etc (4,5).

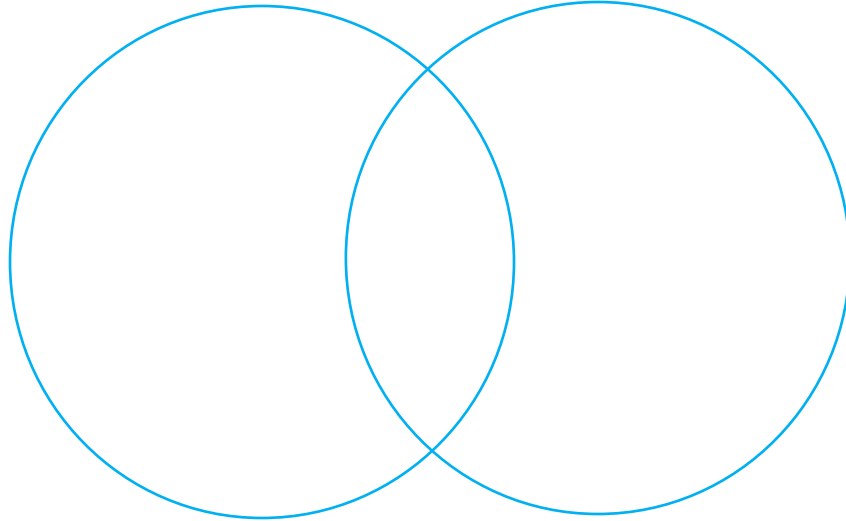
En el otro lado de la balanza –que debe mantenerse en equilibrio– están los antioxidantes (sustancias con capacidad para oponerse a la acción del oxígeno y de ciertas especies oxidantes, independientemente de su mecanismo). Hay sistemas enzimáticos antioxidantes capaces de metabolizar los RL generados en los procesos redox celulares (la catalasa de los peroxisomas, la glutatión peroxidasa y la superóxido dismutasa), también hay multitud de antioxidantes no enzimáticos. Los llamados rastrillos de radicales (radical scavengers) son especies químicas cuya posibilidad antioxidante reside en su capacidad para destruir directamente los RL (el glutatión, la vitamina C o ácido ascórbico y la vitamina E o alfa tocoferol son los principales). Las proteasas celulares son las encargadas de la eliminación de las proteínas alteradas oxidativamente, que son a su vez fuente generadora de más RLO y finalmente los llamados antioxidantes terciarios se encargan de reparar las biomoléculas dañadas por los RLO (5,10-15).”

Tomado de: Elejalde Guerra, J.I.. (2001). Estrés oxidativo, enfermedades y tratamientos antioxidantes. *Anales de Medicina*

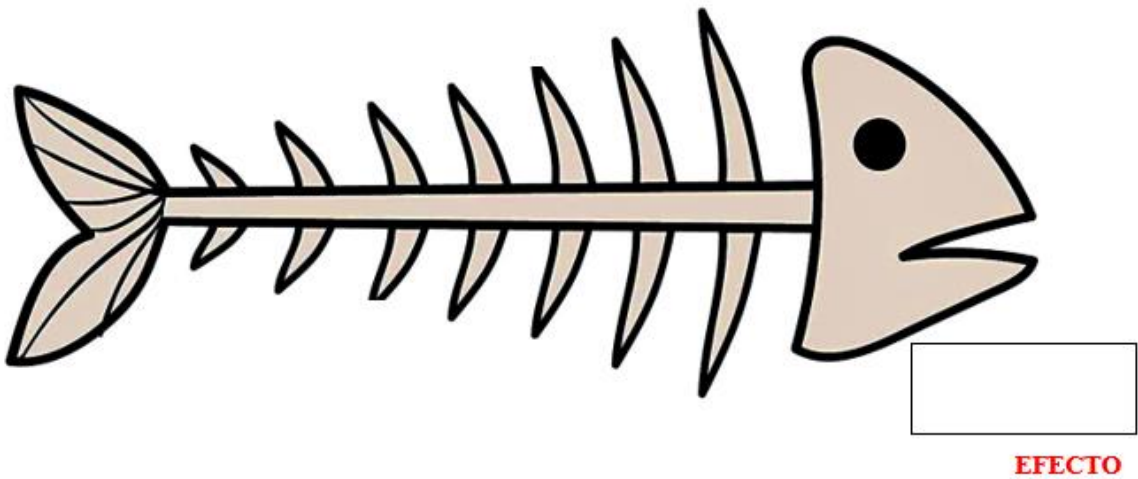


A partir de la lectura:

1. Elabore un gráfico de tipo Diagrama de Venn donde se muestren las particularidades del estrés oxidativo, los antioxidantes y la relación entre ellos.



2. Elabore un diagrama de espina de pescado donde mencione las causas del estrés oxidativo.



3. Construya una pregunta de tipo “¿Qué pasaría si...?” teniendo en cuenta la información anterior

Gracias por sus respuestas

Laura Tatiana Gonzalez Cuellar

Lic. Química en formación

**12.9 Anexo 9. Rúbrica de evaluación diagrama de Venn. Actividad 1.**

<i> criterio</i>	<i> 0,25</i>	<i> 0,15</i>	<i> 0</i>
<b>Elementos a tener en cuenta</b>	Extrae del texto elementos como actores principales en el proceso y definición	Extrae del texto un solo elemento como actores principales en el proceso y definición	No extrae del texto elementos como actores principales en el proceso y definición
<b>Particularidades y relación</b>	Identifica claramente las características de cada concepto y logra relacionarlos	Identifica algunas características de los conceptos e intenta establecer relaciones entre ellos	Identifica algunas características de los conceptos e intenta establecer relaciones entre ellos, sin embargo no corresponden
<b>Coherencia</b>	Escribe sus ideas de manera clara y coherente	Escribe sus ideas de manera no tan clara, con errores de redacción pero con sentido lógico	Escribe sus ideas de manera desordenada y sin ningún tipo de coherencia
<b>Socialización</b>	Presenta sus hallazgos de manera clara, usando lenguaje científico y tomando de base la lectura propuesta	Presenta sus hallazgos de manera clara, usando lenguaje cotidiano y apoyado de fuentes externas	Presenta sus hallazgos sin orden lógico, de manera incorrecta y con información diferente a la entregada

**12.10 Anexo 10. Rúbrica de evaluación diagrama de espina de pescado. Actividad 1.**

<i> criterio</i>	<i> 0,25</i>	<i> 0,15</i>	<i> 0</i>
<b>Problema / Efecto</b>	Identifica el problema o efecto a analizar y lo ubica en la cabeza del pescado	Identifica un problema o efecto a analizar que no es correcto o no lo ubica en la cabeza del pescado	No identifica ningún tipo de problema o efecto a analizar
<b>Categorías</b>	Identifica al menos seis (6) categorías generales que pueden hacer parte del origen del problema en las espinas del pescado	Identifica entre cuatro (4) y cinco (5) categorías generales que pueden hacer parte del origen del problema en las espinas del pescado	Identifica tres (3) o menos categorías generales que pueden hacer parte del origen del problema en las espinas del pescado

<b>Causas</b>	Identifica al menos tres (3) causas específicas y las asocia con una categoría general	Identifica dos (2) causas específicas y las asocia con una categoría general	Identifica una (1) o ninguna causa específicas y las asocia con una categoría general
<b>Extensión de texto</b>	Todos los textos son cortos y engloban de manera clara cada causa	Algunos textos son cortos e intentan englobar cada causa	La mayoría de textos no son cortos ni engloban cada causa

### 12.11 Anexo 11. Rúbrica de evaluación ¿Qué pasaría si...?. Actividad 1.

<b>Criterio</b>	<b>0,25</b>	<b>0,15</b>	<b>0</b>
<b>¿Qué pasaría si?</b>	La pregunta empieza con la premisa de ¿Qué pasaría si?	La pregunta tiene dentro la premisa ¿Qué pasaría si? Pero no inicia con ella	La pregunta no contiene la premisa de ¿Qué pasaría?
<b>Relación con el tema</b>	La pregunta tiene completa relación con el tema oxidación, estrés oxidativo y antioxidantes	La pregunta tiene parcial relación con el tema oxidación, estrés oxidativo y antioxidantes	La pregunta no tiene ningún tipo de relación con el tema oxidación, estrés oxidativo y antioxidantes
<b>Claridad</b>	La pregunta es completamente clara a la hora de la lectura y no necesita explicación adicional	La pregunta no es muy clara solo con la lectura y necesita de una explicación más detallada	La pregunta no es clara con la lectura ni con la explicación adicional
<b>Ortografía</b>	La pregunta está planteada sin errores de ortografía	La pregunta presenta dos (2) o tres (3) errores de ortografía	La pregunta presenta cuatro (4) o más errores de ortografía

12.12 Anexo 12. Respuestas diagrama de Venn. Actividad 1.

Estudiante	Diagrama de Venn
1	<p>A Venn diagram with two overlapping circles. The left circle is labeled 'OXIDATIVO' and contains three boxes: 'PERDIDA DE e-', 'SE ACEPTAN OXIGENOS', and 'ENVEJECIMIENTO CELULAR'. The right circle is labeled 'ANTIOXIDATIVO' and contains three boxes: 'REDUCE EFECTOS DEL OXIGENO', 'METABOLIZACION DE RLO', and 'DESTRUCCION DE RLO'. The intersection of the two circles contains a box labeled 'PROCESOS REDOX DEL CUERPO HUMANO'.</p>
2	<p>A Venn diagram with two overlapping circles. The left circle is labeled 'Estrés oxidativo' and contains a box with the text: 'Es un exceso de oxigeno en el sistema que daña macromoléculas y rompe el equilibrio en el organismo'. The right circle is labeled 'antioxidantes' and contains a box with the text: 'Ayuda a metabolizar los excesos de oxigeno y reparar macromoléculas'. The intersection of the two circles contains a box with the text: 'Teniendo un equilibrio de estos el cuerpo funciona correctamente'.</p>
3	<p>A Venn diagram with two overlapping circles. The left circle is labeled 'Atioxidantes' and contains two lines of text: 'Ayuda a combatir los efectos de los RL' and 'Algunos destruyen RL'. The right circle is labeled 'Estrés oxidativo' and contains three lines of text: 'Aumento de RL en las células', 'Ruptura de equilibrio entre los RL y los antioxidantes'. The intersection of the two circles contains a box with the text: 'Efectos sobre y de los RL'.</p>

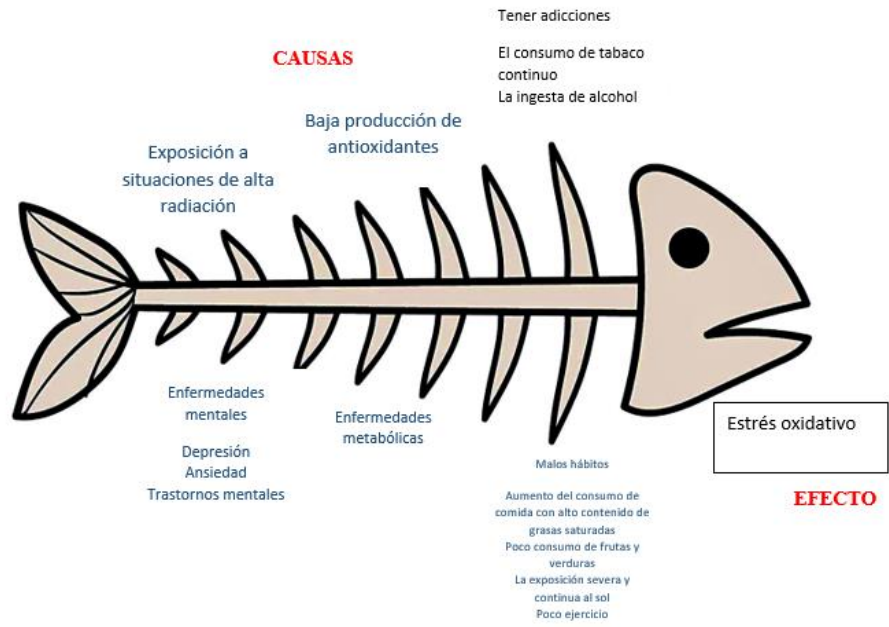
4	<p><b>Estrés oxidativo</b> Es cuando las células sufren daños graves, debido a que, los radicales libres de oxígeno empiezan a destruir grupos como lípidos, carbohidratos, entre otros.</p> <p><b>Relación</b> Considero que los antioxidantes serían como un tratamiento para impedir el estrés oxidativo.</p> <p><b>Antioxidantes</b> Son sustancias que controlan o tienen mayor resistencia al proceso de oxidación.</p>
5	<p><b>ESTRÉS OXIDATIVO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Radicales libres.</li> <li>-Radicales libres de oxígeno.</li> <li>-Daña macromoléculas.</li> <li>-Altera procesos celulares.</li> <li>-No hay equilibrio.</li> </ul> <p>Reacciones</p> <p><b>ANTIOXIDANTES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Dan el equilibrio.</li> <li>-Neutralizan los RL.</li> <li>-Capacidad de oposición.</li> <li>-Sistemas enzimáticos y no enzimáticos.</li> <li>-Proteasas celulares.</li> </ul> <p>Metabolismo Reacciones REDOX</p>
6	<p><b>Estrés oxidativo</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Exceso de RL</li> <li>Se produce en reacciones metabólicas</li> <li>Transforman los alimentos en energía</li> </ul> <p><b>Antioxidantes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Tienen la capacidad de oponerse a la acción del oxígeno.</li> <li>Existen sistemas enzimáticos capaces de metabolizar los RL</li> </ul> <p>Moléculas que presentan al menos un electrón desapareado Procesos redox</p>

7	<p><b>Estrés Oxidativo:</b> Producción incontrolada de radicales libres de oxígeno (RLO) que dañan las macromoléculas (lípidos, proteínas, hidratos de carbono y ácidos nucleicos) en el momento de hacer reacciones metabólicas, en situaciones de hiperoxia, ejercicio intenso e isquemia</p> <p>Los antioxidantes mitigan lo que el estrés oxidativo genera en las reacciones metabólicas</p> <p><b>Antioxidantes:</b> sustancias con capacidad para oponerse a la acción del oxígeno y de ciertas especies oxidantes, sistemas enzimáticos antioxidantes capaces de metabolizar los RL</p>
8	<p><b>ESTRÉS OXIDATIVO</b> Son moléculas que presentan estrés oxidativo debido a la presencia de radicales libres</p> <p>Cada es producida por el cuerpo humano, presentan en ocasiones oxígeno en su interior en el caso de RLO. Una trata de neutralizar a la otra.</p> <p><b>ANTIOXIDANTE</b> Son moléculas que se encargan de metabolizar los radicales libres en las moléculas o destruir</p>
9	<p><b>Estrés Oxidativo</b> Sucedo cuando un radical libre está proceso En exceso y se produce el estrés Oxidativo, sucede en momentos Como: ejercicio intenso, hiperoxia, Isquemia, humo de tabaco, etc</p> <p>Los antioxidantes mitigan los procesos que generan un estrés oxidativo.</p> <p><b>Antioxidante</b> Son sustancias que retrasan el de oxidación, es decir se oponen a la acción del oxígeno. Pueden ser enzimáticos como por ejemplo: la catalasa de los peroxisomas; así Como pueden ser no enzimáticos</p>

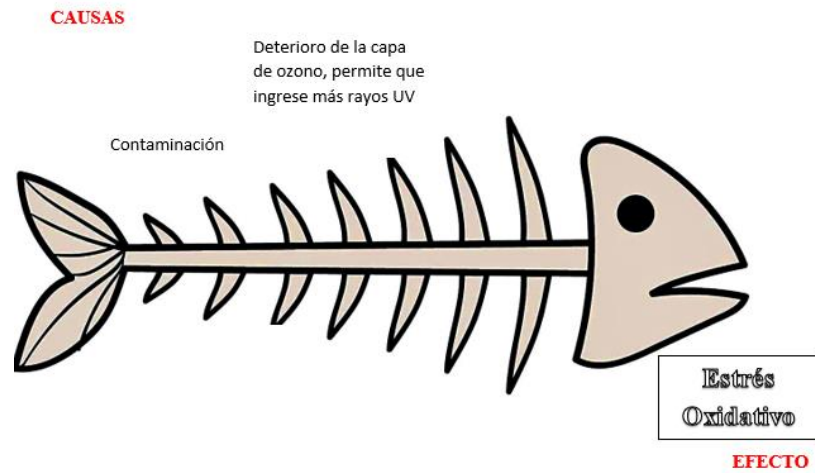
12.13 Anexo 13. Respuestas diagrama de espina de pescado. Actividad 1.

Estudiante	Causa - Efecto
1	<p>Diagrama de espina de pescado para el estudiante 1. El diagrama muestra un esqueleto de pez con varias causas conectadas a un efecto. Las causas incluyen: Alimentación (Falta de consumo de antioxidantes, frutas, verduras, etc.), Ejercicio intenso (Genera déficit de oxígeno, por ende se produce mucho), EXCESO DE RLO (Ruptura del equilibrio redox, Alteran procesos celulares), Rayos UV, Tabaco, Contaminación, Envejecimiento prematuro, y Efectos. El efecto final es ESTRÉS OXIDATIVO.</p>
2	<p>Diagrama de espina de pescado para el estudiante 2. El diagrama muestra un esqueleto de pez con causas conectadas a un efecto. Las causas incluyen: Formación de radicales libres, Exceso de oxidación, Alimentos que producen demasiado ATP, metadolismo, y alimentación. El efecto final es Estrés oxidativo.</p>

3

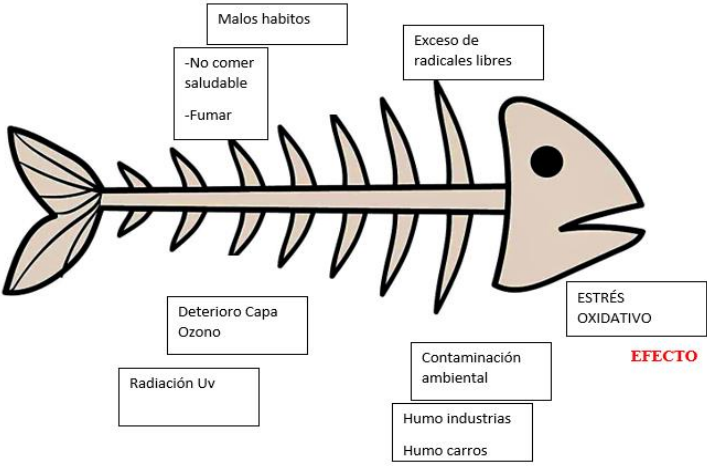


4





5	<p>Reacciones REDOX</p> <p>Falta de hábitos</p> <p>Ambiente</p> <p>Electrones desapareados</p> <p>Captación de O<sub>2</sub></p> <p>Cesión de H<sub>2</sub></p> <p>Inadecuada alimentación</p> <p>Exceso de deporte</p> <p>Falta de antioxidantes en el cuerpo</p> <p>Radiación</p> <p>Contaminación</p> <p>ESTRÉS OXIDATIVO</p> <p><b>EFECTO</b></p>
6	<p>Consumo de tabaco</p> <p>Deficiente actividad física</p> <p>Alimentación deficiente en antioxidantes</p> <p>Alto consumo de alcohol</p> <p>Exposición prolongada a los rayos del sol</p> <p>enfermedades de base sin tratar</p> <p>Estrés oxidativo</p> <p><b>EFECTO</b></p>
7	<p>Estrés oxidativo</p> <p><b>EFECTO</b></p>

8	
9	<p><b>Categoría 1: Malos hábitos de vida</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Ejercicio en exceso</li> <li>➤ Poco ejercicio</li> <li>➤ Exceso de agua</li> <li>➤ Poco consumo de agua.</li> <li>➤ fumar</li> </ul> <p><b>Categoría 2: Exposición a agentes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Exposición a rayos UV</li> <li>➤ Radiación ionizante</li> <li>➤ Polución ambiental</li> </ul>

**12.14 Anexo 14. Preguntas ¿Qué pasaría? propuestas. Actividad 1.**

Estudiante	Pregunta
1	¿Qué pasaría le ocurriría a las células por el exceso de antioxidantes?
2	¿Qué pasaría si solo comemos alimentos antioxidantes por un mes?
3	¿Qué pasaría si hay un aumento exponencial del estrés oxidativo en menores de edad?
4	¿Qué pasaría si los radicales libres se vuelven resistentes a los antioxidantes?
5	¿Qué pasaría si tenemos un exceso de antioxidantes en nuestro organismo?
6	¿Qué pasaría si, existiera un alto consumo de antioxidantes?
7	¿Qué pasaría si el oxígeno no tuviera radicales libres?
8	¿Qué pasaría si las razones por las que ocurre el estrés oxidativo fueran más relevantes en los medios y las personas tomaran consciencia de los actos que ocasionan?
9	¿Qué pasaría si el oxígeno perdiera su propiedad oxidativa?

## 12.15 Anexo 15. Diseño práctica de laboratorio: Extracción Soxhlet. Actividad 3.



Universidad Pedagógica Nacional  
Facultad de Ciencia y Tecnología – Departamento de química

### EXTRACCIÓN CAROTENOIDES DE TOMATE CHONTO

#### OBJETIVOS

1. Extraer los carotenoides presentes en el tomate haciendo uso de la técnica de extracción Soxhlet
2. Reconocer el montaje de extracción y su fundamento
3. Obtener un extracto para posteriormente poner a prueba su capacidad antioxidante.

#### MATERIALES Y REACTIVOS

- Plancha de calentamiento
- Soporte universal
- Pinzas para balón
- Papel filtro
- Montaje Soxhlet: extractor, condensador y balón de fondo plano
- Dos nueces dobles
- Mortero con pistilo
- 250 mL n-hexano
- Dos tomates
- Agua destilada

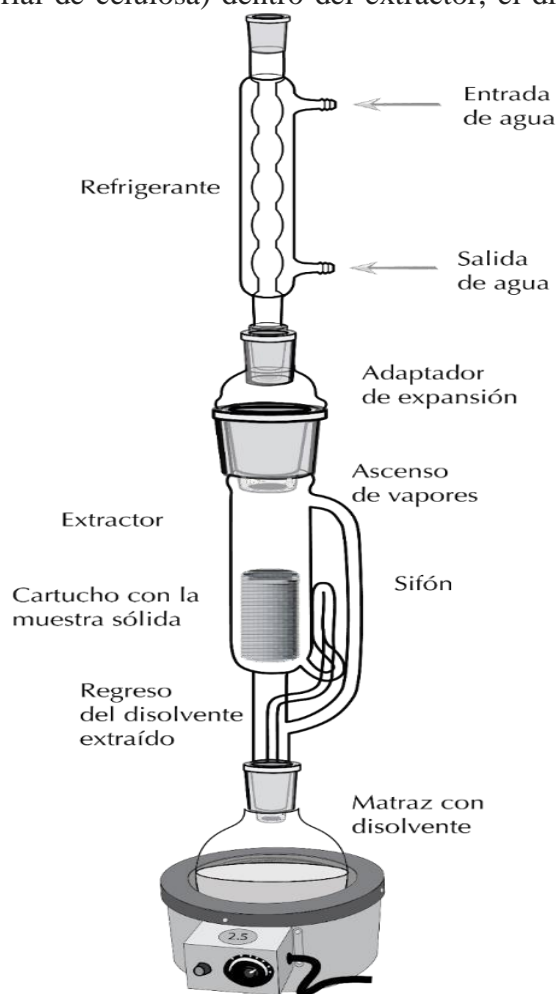
#### FUNDAMENTO TEÓRICO

El método Soxhlet es un método gravimétrico, es decir, que la propiedad que se toma como base para realizar las determinaciones es la masa de la muestra en dos momentos específicos, antes de la extracción y después de la extracción y finalmente por diferencia de masas se realizan los cálculos de porcentaje.

Es una extracción semicontinua con un disolvente orgánico. En este método el disolvente se calienta, se volatiliza y condensa goteando sobre la muestra la cual queda sumergida en el disolvente. Posteriormente éste es sifonado al matraz de calentamiento para empezar de nuevo el proceso. El contenido de grasa se cuantifica por diferencia de peso. (Hernández, A., Bojacá, R. & Duque, M., 2007)

Ilustración 1. Equipo de extracción Soxhlet. Tomado de <https://heeding.com/catalogo/extraccion-de-grasas-por-el-metodo-soxhlet-de-una-plaza.pdf>

La muestra, previamente pulverizada y homogenizada se dispone en un cartucho de material poroso (papel filtro o material de celulosa) dentro del extractor, el disolvente entra en contacto



con alguna fuente de calor para que se caliente y posteriormente se condense sobre la muestra y extraer los analitos solubles (lípidos). Finalmente, cuando el nivel del disolvente condensado junto con el analito alcanza la parte superior del sifón, asciende por el mismo y retorna al matraz inicial.

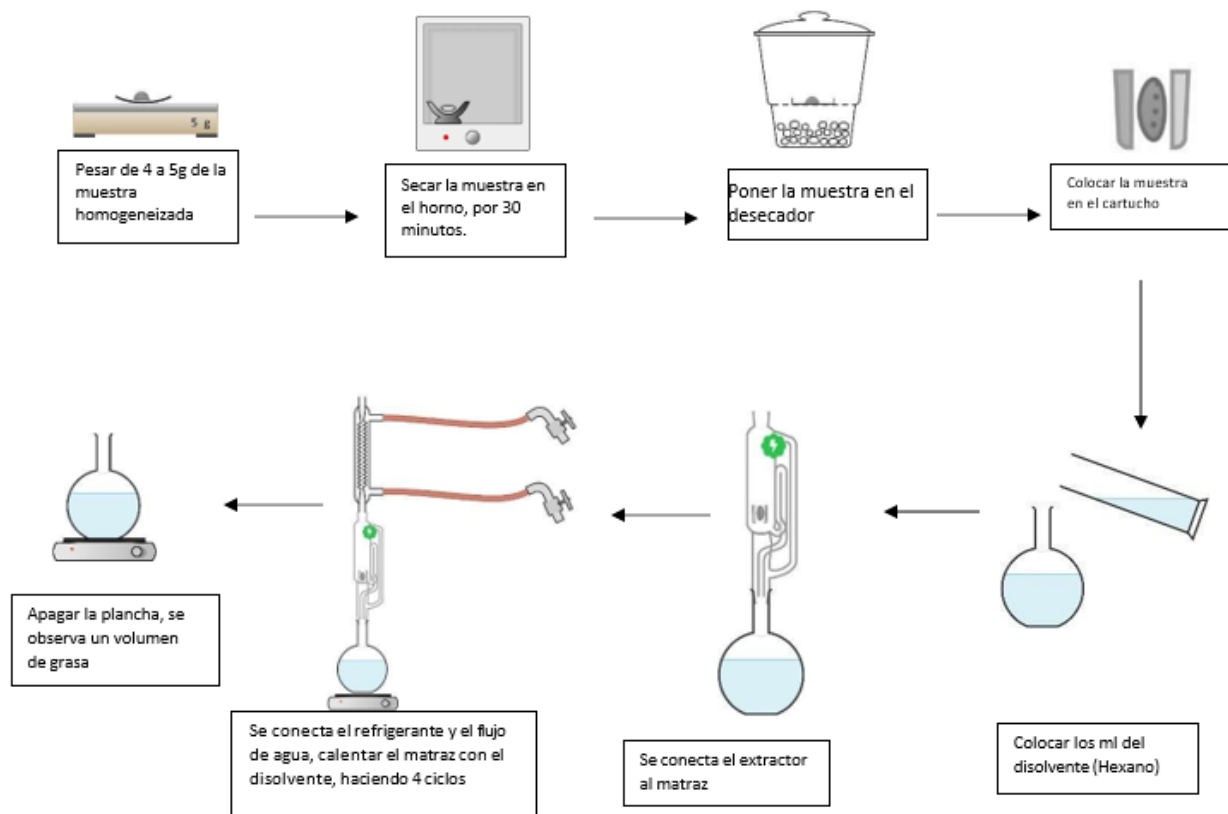
## PROCEDIMIENTO

Inicialmente se deben pesar entre 4-5g de la muestra homogeneizada para posteriormente realizar el proceso de secado en horno por media hora, luego se debe depositar en un cartucho elaborado a partir de papel filtro. La muestra se sitúa en el medio de un cuadrado de papel filtro de 10cm y se realizan pliegues con el objetivo de evitar la pérdida de muestra al disponer este cartucho en el extractor.

El matraz o balón se ubica sobre la plancha de calentamiento y se llena con disolvente hasta la mitad de su capacidad. Después se ensambla el extractor (con el cartucho dentro) y el flujo de agua. Este proceso se recomienda hacer en campana de extracción debido a la naturaleza volátil y tóxica de algunos reactivos.

Cuando el montaje esté correctamente realizado, se enciende la plancha de calentamiento con el objetivo de que el solvente alcance su punto de ebullición y luego se condense. Se recomienda finalizar la extracción luego de completados como mínimo 4 ciclos (1,5h)

Finalizando el 4 ciclo se apaga la plancha de calentamiento y se verá en el matraz redondo un volumen de solvente y carotenoides en él, se debe observar un color naranja o rojizo.



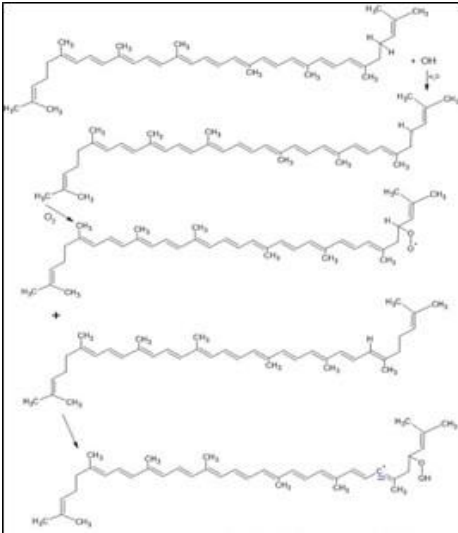
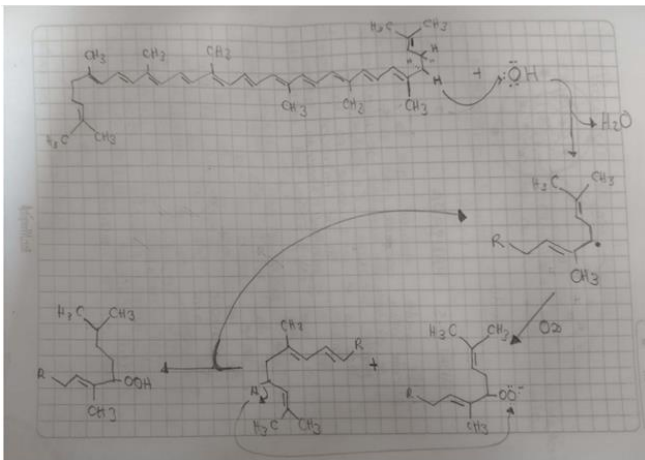
Es importante recordar que, en la práctica, se utilizara bastante solvente, por ello se considera que no se debe desechar el solvente utilizado, si no que, cuando ya se haya realizado todo el procedimiento, se debe recolectar de nuevo el solvente, quitando el cartucho con la muestra del extractor y dejando que continúe el proceso de condensación como antes, con la particularidad de que justo antes de que el ciclo se complete se debe desmontar el extractor y re-ensavar el solvente limpio que allí quedó. Se debe observar de color translúcido con la menor cantidad de trazas posible.

### 12.16 Anexo 16. Análisis de los cambios en la manzana. Actividad 3.

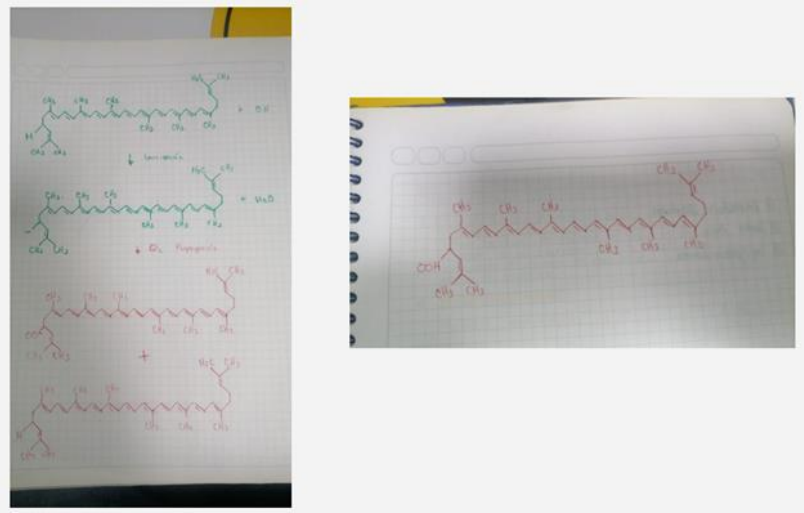
Estudiante	Observaciones de la manzana
1	No Aplica
2	No Aplica
3	No Aplica
4	Se puede decir que el extracto obtenido sirvió como mecanismo de protección frente a los radicales libres, esta afirmación se realiza, puesto que, se evidencia algunos pedazos que siguen del mismo color de la manzana antes de ser sometida al experimento. También se logra evidenciar como los radicales libres afectan directamente a las células y esto porque se evidencia que las paredes se ven un poco maltadas.
5	Este proceso de oxidación se da en la manzana sin antioxidante gracias a esa reacción del oxígeno con las moléculas de la manzana presentándose el deterioro. Por otro lado, el lado de la manzana con el antioxidante, este cumple la función de neutralizar ese proceso, poniéndose él como protector y siendo el que reaccione con el oxígeno y ya no con la manzana
6	No Aplica
7	El lado derecho tiene el extracto de tomate para funcionar como antioxidante en la manzana, se logra ver que, al no usar antioxidante, la manzana del lado izquierdo se oxida más rápido
8	se notó una amplia zona donde el sustrato actuó y retardó un estrés oxidativo a la par que evitó la presencia de radicales libres sobre la manzana que producen la oxidación en esta, es decir el licopeno debido a su alta presencia de enlaces dobles si actuó como un agente antioxidante que evita la descomposición acelerada de materia orgánica.
9	Como se puede observar, en el lado derecho de la manzana, hay un mayor daño que en el lado izquierdo, sucede porque en el lado derecho no se le agrego extracto de tomate, por lo que no hay una barrera protectora en la superficie de la manzana. Lo que quiere decir, que el extracto si funciono como barrera antioxidante.

10	Se puede observar que la mitad de la manzana sin el antioxidante se oxidó rápidamente, logrando observar manchas oscuras. En cambio, el lado con el antioxidante no hay cambios en la coloración o aspecto de la manzana, logrando evidenciar el buen recubrimiento del antioxidante.
----	---

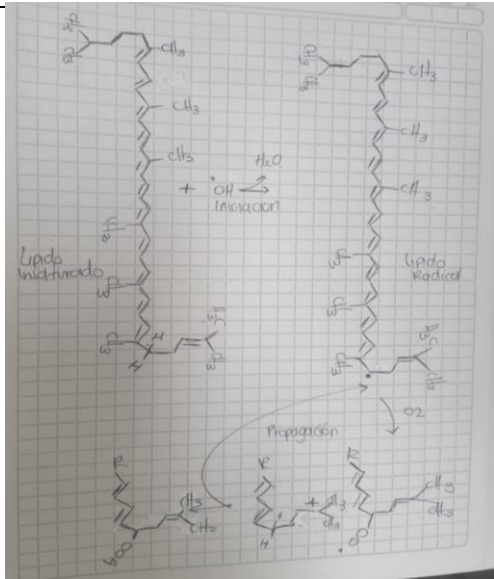
**12.17 Anexo 17. Mecanismos de reacción propuestos. Actividad 3.**

Estudiante	Representación
1	No aplica
2	No aplica
3	No aplica
4	
5	
6	No aplica

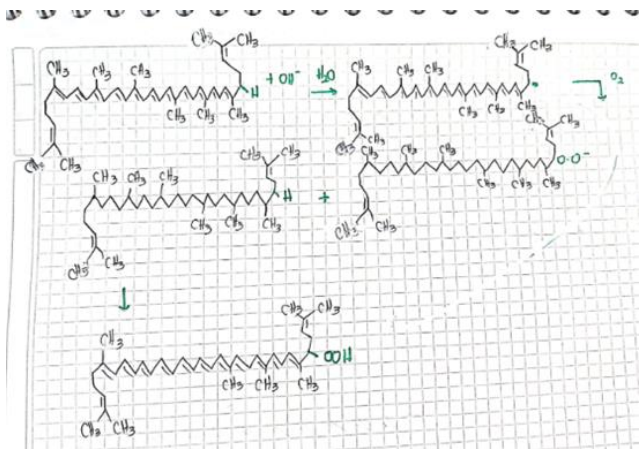
7



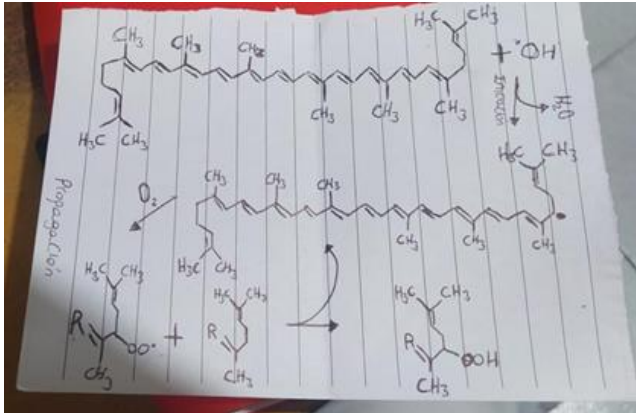
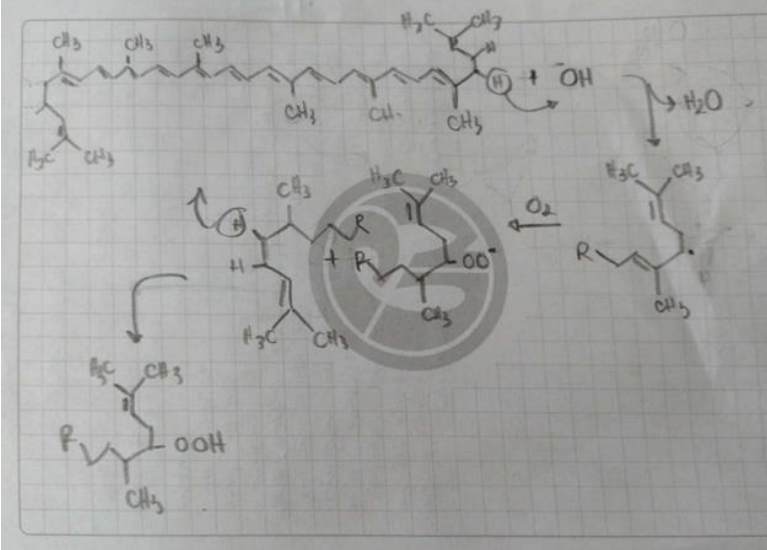
8



9





10	
11	

**12.18 Anexo 18. Rúbrica de evaluación mecanismos de reacción. Actividad 3.**

Criterio	0,75	0,4	0
<b>Estructura licopeno</b>	Representa correctamente la molécula del licopeno e identifica el carbono que podría ser atacado por el radical	Representa correctamente la molécula del licopeno o identifica correctamente el carbono que podría ser atacado por el radical	No representa correctamente la molécula del licopeno ni identifica correctamente el carbono que podría ser atacado por el radical

<b>Iniciación</b>	Representa la reacción inicial con un radical libre de oxígeno y la pérdida de agua	Representa la reacción con un radical libre de oxígeno o la pérdida de agua	No representa la reacción inicial con un radical libre de oxígeno ni la pérdida de agua
<b>Propagación</b>	Representa la reacción con oxígeno diatómico y la aparición de subproductos radicalarios y no radicalarios	Representa la reacción con oxígeno diatómico o la aparición de subproductos radicalarios y no radicalarios	No representa la reacción con oxígeno diatómico ni la aparición de subproductos radicalarios y no radicalarios
<b>Terminación</b>	Representa el lípido en forma de peróxido como producto final de reacción	Representa el lípido en forma de otra función orgánica como producto final de reacción	No representa producto final de reacción

12.19 Anexo 19. Infografías diseñadas por los estudiantes. Actividad final.



## OXIDACIÓN, ANTIOXIDANTES Y ESTRÉS OXIDATIVO

### OXIDACION

La oxidación es una reacción química donde un compuesto cede electrones, y por lo tanto aumenta su estado de oxidación. La reacción química opuesta a la oxidación se conoce como reducción, es decir cuando una especie química acepta electrones. Estas dos reacciones siempre se dan juntas, es decir, cuando una sustancia se oxida, siempre es por la acción de otra que se reduce. Una cede electrones y la otra los acepta. Por esta razón, se prefiere el término general de reacciones redox



### ESTRÉS OXIDATIVO

Es un proceso químico que ocurre en nuestro cerebro, una alteración bioquímica. Se produce cuando la oxidación supera los sistemas antioxidantes del organismo, creando un grave desequilibrio entre ambos.

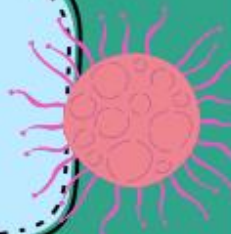
Todos los seres vivos, que utilizamos el oxígeno para vivir, liberamos radicales libres. Los radicales libres son necesarios, ya que actúan contra la inflamación y las infecciones.

Cuando el metabolismo produce una gran cantidad de radicales libres que no es capaz de asumir para eliminarlos, aparece el llamado estrés oxidativo.

### ANTIOXIDANTES

Los antioxidantes son un grupo de moléculas que protegen a nuestro cuerpo del daño oxidativo. La vitamina E, los polifenoles de la uva, la vitamina C, la luteína, el licopeno del tomate... muchas moléculas pertenecen a la categoría de los antioxidantes.

Son moléculas que reaccionan con mucha facilidad con los radicales libres, desactivando su capacidad de daño. Son un verdadero escudo, pues absorben ellos el daño para evitar que nuestras moléculas sean afectadas. Sus estructuras les permiten interactuar con muchos tipos de radicales libres, evitando el daño oxidativo allí donde pueda aparecer.



### ¿qué pasaría si el oxígeno no tuviera radicales libres?

Desde el punto de vista químico, los radicales libres son todas aquellas especies químicas, cargadas o no, que en su estructura atómica presentan un electrón desapareado o impar en el orbital externo que les da una configuración espacial generadora gran inestabilidad, señalado por el punto situado a la derecha del símbolo. Si no existieran, sería porque hay un fallo en el mecanismo enzimático y energético del organismo, pues es un proceso natural pero al no tener un estilo de vida sano, hace que se generen más radicales de lo normal y ahí es cuando empiezan los problemas de salud.



# LOS ANTIOXIDANTES Y EL ESTRÉS OXIDATIVO



LA OXIDACIÓN ES EL PROCESO EN EL QUE OCURRE LA PÉRDIDA DE ELECTRONES, CAPTACIÓN DE OXÍGENO O UNA CESIÓN DE HIDRÓGENO.

## ¿ESTRÉS OXIDATIVO?

Exceso de Radicales Libres que rompen el equilibrio en el organismo donde alteran procesos y ciertas funcionalidades.



## ¿SABÍAS ESTO?

Los antioxidantes son sustancias que tienen la capacidad de oponerse a la acción del oxígeno o especies oxidantes.

## ¿QUE PASARÍA SI TENEMOS UN EXCESO DE ESTOS ANTIOXIDANTES EN NUESTRO ORGANISMO?

Un exceso de antioxidantes podría ser contraproducente para el beneficio que cada uno de ellos permita. Por ejemplo, si consumimos exceso de Vitamina A que protege las células de la piel, en exceso puede producir lesiones en ella.



## ¿QUÉ ES OXIDACIÓN?



La oxidación es un fenómeno químico que sucede por la caída algebraica en el número de oxidación de una sustancia (generalmente átomos). Cuando una sustancia cede electrones se dice que se oxida. A su vez la sustancia que recibe esos electrones tiene un aumento algebraico en su número de oxidación y este proceso se llama reducción. Los dos procesos van de la mano, sin la oxidación no puede haber reducción y viceversa. En la vida cotidiana se puede observar en las frutas, cuando toman un color café o marrón y se dice que la fruta se "madura" o si se deja mucho tiempo expuesta al oxígeno del aire la fruta se termina por dañarse. Un ejemplo muy común también, es cuando las puntillas de acero toman un color marrón y se dice que se oxidó.

El 20% del aire que se inhala en la respiración es oxígeno y éste es indispensable para la vida y correcto funcionamiento de todas y cada una de las células del organismo, a las que llega con la sangre tras pasar de los pulmones al torrente sanguíneo. Una pequeña parte de este oxígeno se transforma en la propia célula en una especie reactiva que se caracteriza por tener una actividad oxidativa. Son los llamados radicales libres y su existencia, como la del proceso de oxidación que generan, es fundamental para el equilibrio del organismo. Esto se puede dar por varios factores, principalmente como consecuencia de un estilo de vida poco saludable. Hábitos como fumar, beber en exceso, consumir sustancias psicoactivas, no hacer ejercicio, esto hacen que se incremente el riesgo de tener estrés oxidativo.

## 2 ¿QUÉ ES ESTRÉS OXIDATIVO?



## 3 ¿QUÉ SON LOS ANTIOXIDANTES?



Como su nombre lo indica, previene la oxidación o en la medida de lo posible la retrasa. Su papel como reductor del estrés oxidativo, un problema que se agrava con la edad, es lo que los hace tan esenciales. Comer verduras o frutas para simular estos compuestos es un factor clave para tener una vejez de calidad. Los POLIFENÓLES, son los directamente responsables de la máxima actividad antioxidante de las frutas y verduras y también de ciertas infusiones y bebidas naturales. Dentro de ellos, podemos dividirlos en dos subtipos con propiedades y características diferenciadas: los que son flavonoides y los que no lo son. Todos ellos muestran en su estructura química grupos OH unidos por enlaces aromáticos. Es precisamente la presencia de grupos OH lo que les confiere sus propiedades antioxidantes ya que, dependiendo de las circunstancias, pueden ceder un átomo de hidrógeno (H<sup>+</sup>) o donar un electrón a un radical libre de oxígeno para saturarlo y neutralizarlo.

## ¿QUÉ PASARÍA SI EL OXIGENO PERDIERA SU PROPIEDAD OXIDATIVA?

## 4

Si ya no existiese la oxidación, no sería posible ninguna forma de vida, pues es gracias a este fenómeno que solo es producido por el oxígeno, que existe un equilibrio en la naturaleza. Su importancia más relevante es que a través de la oxidación de los nutrientes se obtiene la energía necesaria para que los organismos mantengan los procesos celulares. El proceso es aproximadamente 88% eficiente, el 2% restante genera compuestos que son más oxidantes y que pueden dañar componentes celulares.



**12.20 Anexo 20. Rúbrica de evaluación infografías. Actividad final.**

<i>Criterio</i>	<i>0,75</i>	<i>0,4</i>	<i>0</i>
<b>Concepto oxidación</b>	Reconoce el fenómeno de oxidación como la cesión de electrones, adición de oxígeno o deshidrogenación en una reacción	Reconoce el fenómeno de oxidación como solamente la cesión de electrones, o la captación de oxígeno o deshidrogenación en una reacción	No reconoce qué ocurre en el fenómeno de oxidación o lo define de manera incorrecta
<b>Estrés oxidativo</b>	Reconoce el estrés oxidativo como un desequilibrio entre radicales libres (debido a factores externos y hábitos) y antioxidantes que provoca daños celulares	Relaciona el concepto con la presencia de radicales libres o malos hábitos sin mencionar el daño celular	No conoce la definición del concepto o lo define de manera incorrecta
<b>Relación Antioxidantes - Salud</b>	Reconoce que el consumo de antioxidantes puede ser beneficioso para la salud debido a que son capaces de neutralizar el efecto de los radicales libres actuando como "carnada" en las reacciones de oxidación	Reconoce que los antioxidantes pueden ser beneficiosos, sin embargo, no establece relación alguna	No establece relación alguna entre el consumo de antioxidantes y la salud.
<b>Respuesta a la pregunta</b>	Da una respuesta coherente con lo que se está preguntando, teniendo en cuenta consultas previas y conocimientos adquiridos	Da una respuesta medianamente coherente con la pregunta inicial haciendo uso únicamente de sus conocimientos, sin apoyo de consultas externas	Da una respuesta que no es coherente con la pregunta planteada inicialmente sin bases teóricas ni empíricas.

## 12.21 Anexo 21. Secuencia didáctica

<b>Autor de la Secuencia</b>	
Nombres y Apellidos	Laura Tatiana González Cuellar
Institución educativa	Trabajo de grado, Universidad Pedagógica Nacional
Ciudad, Departamento	Bogotá, D.C.
<b>Perfil del estudiante</b>	
Conocimientos previos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modelo atómico</li> <li>- Oxidación</li> <li>- Reducción</li> <li>- Antioxidantes</li> <li>- Radicales libres</li> <li>- Estrés oxidativo</li> </ul>
Contexto Social	Las y los estudiantes de la UPN en el ciclo de profundización: uno de quinto semestre, uno de séptimo, uno de octavo y seis de décimo con edades comprendidas entre 21 y 23 años y estrato socioeconómico entre 1 y 3.
<b>Detalles de la Secuencia</b>	
Título	Oxidación bajo el modelo ABPr
Resumen de la Secuencia	La presente Secuencia didáctica estará enfocada en la construcción del concepto oxidación, la relación entre antioxidantes y estrés oxidativo a partir de la bioquímica y bajo el contexto de los extractos bioactivos del tomate chonto
Área	Ciencias Naturales (Química y bioquímica)
Tema Principal	Oxidación
Actividades enseñanza-aprendizaje	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Actividad diagnóstica: Instrumento inicial para conocer el nivel conceptual de los estudiantes antes de la intervención</li> <li>- Estrés oxidativo: A partir de una lectura los estudiantes deben condensar las ideas en un diagrama de Venn donde especifiquen las particularidades de los antioxidantes y el estrés oxidativo además de puntos en común.</li> <li>- Causa – Efecto: Los estudiantes deben realizar en un diagrama de espina de pescado las causas del estrés oxidativos a partir de la primera lectura.</li> <li>- ¿Qué pasaría si...?: Los estudiantes tienen que redactar una pregunta a partir de una situación hipotética que relacione los conceptos oxidación, estrés oxidativo y antioxidantes</li> <li>- Licopeno como antioxidante: Los estudiantes observarán un video donde se evidencia el proceso de extracción, luego, se realizará una práctica demostrativa haciendo uso del extracto de tomate chonto para evidenciar el poder antioxidante del mismo.</li> </ul>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mecanismo de reacción: A partir de una explicación, los estudiantes deben proponer el mecanismo de reacción entre la molécula del licopeno y una especie de oxígeno radicalario (peroxidación lipídica)</li> <li>- Infografía y respuesta: Como resultado de las actividades, los estudiantes realizarán por grupo una infografía que condense la información que han recolectado y de cuenta de la construcción del concepto oxidación, así como la respuesta a la pregunta planteada por ellos mismos.</li> </ul>
Objetivos	<p><i>Objetivo general:</i> Identificar las implicaciones didácticas de la construcción del concepto oxidación desde el modelo del aprendizaje basado en proyectos (ABPr) en el contexto de los compuestos bioactivos presentes en alimentos.</p> <p><i>Objetivos específicos:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Evaluar el nivel conceptual que tienen los estudiantes frente al concepto oxidación, antes de la intervención, a través de un instrumento de ideas previas, que permita obtener el punto de partida para el diseño metodológico.</li> <li>2. Diseñar y aplicar una secuencia didáctica en el contexto de los extractos bioactivos antioxidantes, enmarcado en el modelo ABPr para que el estudiante construya el concepto oxidación.</li> <li>3. Proponer las implicaciones didácticas de la intervención por medio de un instrumento que dé cuenta de la construcción de conceptos alcanzada por los estudiantes.</li> </ol>
Contenidos (Conceptos)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Oxidación</li> <li>- Estrés oxidativo</li> <li>- Antioxidantes</li> </ul>
Grado	LQU – UPN, Ciclo de profundización
Lugar	UPN
Tiempo aproximado	3 sesiones

Secuencia de Actividades	Ver calendario anexo al final del documento.
Metodología de aprendizaje	<p>La metodología que se trabajará en la Secuencia será el Aprendizaje Basado en Proyectos, donde el proyecto final que se propone es una infografía diseñada y socializada por los estudiantes.</p> <p>La relación entre conceptos previos y nuevos aprendizajes primará, así como la constante interacción maestro-estudiante y estudiante-estudiante. Además de potenciar el interés hacia la ciencia y verla reflejada en la cotidianidad, su capacidad de investigación, análisis y conclusión.</p> <p>Las actividades propuestas en el cronograma de sesiones anexo al final del documento están dadas para ejecutarse en ese orden específico.</p> <p>En cuanto a los recursos didácticos y materiales, se pueden adaptar dependiendo el tipo de población para la que se use esta Secuencia.</p>
<b>Evaluación</b>	
Resumen de la evaluación	<p>La evaluación será constante, teniendo en cuenta la capacidad de análisis, inferencia y reflexión de cada uno de los estudiantes, el correcto desarrollo de actividades, su idoneidad para trabajar en equipo y la sana competencia. Será tanto cualitativa como cuantitativa sin ser represiva o punitiva.</p> <p>Desde el inicio de la Secuencia se proponen diferentes actividades, la evaluación incluye el desarrollo de estas y profundización durante el proceso, igualmente para cada una de las actividades se propone una rúbrica con una escala de 0 a 3 siendo:</p>
0.0 – 2.0	Deficiente
2.01 – 2.5	Aceptable
2.51 – 3.0	Excelente

<b>Plan de Evaluación</b>			
Durante la Secuencia		Haciendo uso de la rúbrica se hará la evaluación de cada una de las actividades propuestas para cada sesión.	
Después de finalizar la Secuencia		Evaluación cuantitativa y cualitativa por parte del docente.	
<b>Materiales y Recursos TIC</b>			
<b>Hardware:</b>			
Celulares, Computadores, Parlantes, Televisor			
<b>Software</b>			
Word, Power Point.			
<b>Materiales</b>		Guías de trabajo propuestas por el docente, lecturas, rúbricas de evaluación.	
<b>Recursos en Línea</b>		Correos electrónicos, video de la extracción	
<b>Otros recursos</b>		Extracto, manzanas, pipeta Pasteur	
<b>Anexo: Cronograma de sesiones</b>			
<b>Número de sesión</b>	<b>Guía Docente</b>		<b>Material didáctico / Recurso necesario</b>
	<b>Información (Demonstración o detalles de la lección)</b>	<b>Objetivos (Habilidades/información que se va a aprender)</b>	
1	Aplicación de la prueba diagnóstica	Conocer el nivel conceptual de los estudiantes antes de la intervención	Prueba diagnóstica
2	Cada estudiante desarrollará la guía propuesta por la docente donde debe, después de realizar la lectura, diligenciar el diagrama de Venn, el diagrama de espina de pescado y la construcción de la pregunta de qué pasaría	Acercar al estudiante al concepto de oxidación y sus múltiples definiciones, así como potenciar sus habilidades de comprensión lectora, síntesis de información, relación entre conceptos y causa-efecto.	Guía propuesta por el docente

3	<p>A partir del ejercicio anterior, se presentará el video del laboratorio de extracción de los carotenoides presentes en el tomate chonto, posterior a ello se hará una práctica demostrativa donde el estudiante haga uso del extracto sobre una parte de una manzana y observe los cambios que ocurren con respecto a la oxidación.</p> <p>Luego, los estudiantes deben proponer el mecanismo de reacción del licopeno con una especie de oxígeno radicalario y finalmente construir una infografía dando respuesta a la pregunta de tipo qué pasaría</p>	<p>Identificar y evaluar la construcción de conceptos alcanzada por los estudiantes por medio de la construcción y socialización del proyecto final.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Video de la extracción</li> <li>- Manzana</li> <li>- Extracto</li> <li>- Pipeta Pasteur</li> <li>- Guantes</li> <li>- Computador</li> <li>- Lápiz y papel</li> </ul>
---	--	--	---