

**LA ESPECTROFOTOMETRÍA UV-VIS COMO UNA HERRAMIENTA PARA EL
DESARROLLO DE LAS HABILIDADES METACOGNITIVAS, UN ESTUDIO
ENFOCADO EN LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE**

KELLY JOHANNA ARIAS GARZÓN

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LA QUÍMICA
BOGOTÁ, D.C.
2020**

**LA ESPECTROFOTOMETRÍA UV-VIS COMO UNA HERRAMIENTA PARA EL
DESARROLLO DE LAS HABILIDADES METACOGNITIVAS, UN ESTUDIO
ENFOCADO EN LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE**

KELLY JOHANNA ARIAS GARZÓN

**TRABAJO DE GRADO
PARA OPTAR AL TÍTULO DE MAGISTER EN DOCENCIA DE LA QUÍMICA**

**DIRECTOR
PhD. RODRIGO RODRÍGUEZ CEPEDA**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LA QUÍMICA
BOGOTÁ, D.C.
2020**

Nota de Aceptación

RODRIGO RODRÍGUEZ CEPEDA

Director

ROYMAN PÉREZ MIRANDA

Evaluador interno

JEYMY TATIANA SARMIENTO MONSALVE

Evaluadora externa

DEDICATORIA

*A las Rosas de mi vida, por su inmenso amor, apoyo, dedicación y ejemplo.
A mi padre y mi hermano, por su cariño, comprensión y alegrías compartidas.*

AGRADECIMIENTOS

A Dios; por ser mi refugio, guía y compañía.

A la Universidad Pedagógica Nacional, por otorgarme la oportunidad de realizar la Maestría en Docencia de la Química y por su formación profesional e integral.

Al profesor Rodrigo Rodríguez Cepeda, por todas sus orientaciones, consejos, conocimientos, apoyo y paciencia; que permitieron la consolidación de este trabajo de grado.

Al Instituto Guimarc, directivos, administrativos, docentes y estudiantes; por la ayuda, participación y apoyo; en el desarrollo de las actividades.

A los evaluadores Jeymy Tatiana Sarmiento Monsalve y Royman Pérez Miranda; por sus recomendaciones y aportes.

A los profesores Yolanda Ladino Ospina, Pedro Nel Zapata Castañeda, Leidy Gabriela Ariza Ariza, Juan Pablo Medina Rodríguez, Roberto Enrique Martínez Martínez, Miguel Ángel Delgado Gómez, Johana Catalina Arboleda Echavarría, Yobani Mejía Barbosa, Marina Garzón Barrios; por la validación y aportes en los instrumentos empleados.

Al profesor Diego Alexander Blanco Martínez, por su formación, conocimientos y ayuda con el desarrollo de la técnica empleada.

A mi familia y amigos; por todo su apoyo, ánimo, cariño, colaboración y comprensión; en esta etapa de aprendizaje.

“Para todos los efectos, declaro que el presente trabajo, es original y de mi total autoría; en aquellos casos en los cuales se ha requerido del trabajo de otros autores o investigadores, se ha dado los respectivos créditos”. (Parágrafo 2. Artículo 42, Acuerdo 031 del 04 de diciembre de 2007 del Consejo Superior de la Universidad Pedagógica Nacional).

RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN – RAE

1. Información General	
Tipo de documento	Trabajo de grado en maestría de profundización
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	La espectrofotometría UV-Vis como una herramienta para el desarrollo de las habilidades metacognitivas, un estudio enfocado en la actividad antioxidante
Autor	Arias Garzón, Kelly Johanna
Director	Rodríguez Cepeda, Rodrigo
Publicación	Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional, 2021, 103 p.
Unidad patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional
Palabras Claves	HABILIDADES METACOGNITIVAS; ESPECTROFOTOMETRÍA UV-VIS; ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE; SECUENCIA ENSEÑANZA- APRENDIZAJE; TRABAJOS PRÁCTICOS DE LABORATORIO; ALIMENTOS.

2. Descripción
Trabajo de grado en maestría que propone el desarrollo de las habilidades metacognitivas de planificación, autocontrol, autoevaluación; en estudiantes de grado décimo del Instituto Guimarc, a través de la implementación de una secuencia de enseñanza-aprendizaje (SEA), fundamentada en el uso de técnicas de espectroscopia UV-Vis por medio de la construcción de un espectrofotómetro y en el trabajo práctico de laboratorio, abordando el componente conceptual de la actividad antioxidante de los alimentos, con la intencionalidad de fortalecer la autonomía y los procesos de reflexión sobre los propios conocimientos.

3. Fuentes
Bogucki, R., Greggila, M., Mallory, P., Feng, J., Siman, K., Khakipoor, B., King, H. & Smith, A. (2019). A 3D-Printable Dual Beam Spectrophotometer with Multiplatform Smartphone Adaptor. <i>Journal of Chemical Education</i> , 96(7), 1527-1531.
Caamaño, A. (2005). Trabajos prácticos investigativos en química en relación con el modelo atómico-molecular de la materia, planificados mediante un diálogo estructurado entre profesor y estudiantes. <i>Tecné Episteme y Didaxis: TED</i> , 16(1), 10-19.

- García, T., Cueli, M., Rodríguez, C., Krawec, C., Paloma, & González. (2015). Metacognitive Knowledge and Skills in Students with Deep Approach to Learning. Evidence from Mathematical Problem Solving. *Revista de Psicodidáctica*, 20(2), 209-226.
- Grasse, E., Torcasio, M., & Smith, A. (2016). Teaching UV-Vis Spectroscopy with a 3D-Printable Smartphone Spectrophotometer. *Journal of Chemical Education*, 93(1), 146-151.
- Londoño, J. (2011). *Antioxidantes: importancia biológica y métodos para medir su actividad*. Bogotá, Colombia: Lasallista.
- Monroy, E. (2018). Trabajos prácticos de laboratorio (TPL) para la enseñanza de fenoles: cuantificación de Crisina en especies de Passiflora (Tesis de pregrado). Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia.
- Prieto, J. (2019). Desarrollo de habilidades de pensamiento creativo, mediante el uso de una secuencia de actividades en torno al concepto de antioxidante (Trabajo de grado). Bogotá, Colombia: Universidad Pedagógica Nacional.
- Sánchez, M. (2017). Propuesta de intervención: estrategias metacognitivas en el aprendizaje de física y química en 2º curso de E.S.O. (tesis de maestría). Oviedo, España: Universidad Internacional de la Rioja.
- Venereo, J. (2002). Daño oxidativo, radicales libres y antioxidantes. *Revista Cubana de Medicina General*, 2(31), 126-133.
- Wolters, C. (2011). Regulation of motivation: Contextual and social aspects. *Teachers College Record*, 113(2), 265-283.

4. Contenidos

Este estudio presenta el objetivo de desarrollar las habilidades metacognitivas como lo son la planificación, el autocontrol y la autoevaluación; por medio de la construcción de un instrumento que favorezca el aprendizaje de la espectrofotometría UV-Vis y las propiedades antioxidantes de los alimentos en correspondencia con el trabajo práctico de laboratorio; a través de la implementación de una secuencia didáctica, que fomente la autonomía, a fin de que los estudiantes de grado décimo del Instituto Guimarc, sean capaces de regular y autoevaluar sus propios conocimientos.

Por consiguiente, se justifica la importancia que presenta la metacognición en los procesos educativos como el camino para promover la reflexión y la autoconsciencia; alcanzando así el aprendizaje de nuevos conocimientos y adquiriendo habilidades que le permitan a los educandos tomar decisiones sobre lo que se aprende y desarrollar hábitos de estudio. Con respecto al problema de investigación, se proponen el desarrollo de las habilidades metacognitivas para

superar las dificultades que presentan los estudiantes, con cuanto a la capacidad de seleccionar, organizar y procesar la información.

En cuanto a la fundamentación, las investigaciones registradas en los antecedentes orientan el desarrollo de los instrumentos, actividades y metodologías para integrar las habilidades metacognitivas en la enseñanza de la espectrofotometría y la actividad antioxidante. Asimismo, en la implementación de la secuencia de enseñanza-aprendizaje se destacan las siguientes temáticas:

- **Habilidades metacognitivas:** Se relacionan con las operaciones y estrategias, que emplea cada persona a través de mecanismos intelectuales por las cuales es capaz de seleccionar, analizar, sistematizar, generar y evaluar la información obtenida, distinguiéndose las habilidades de planificación, autocontrol y autoevaluación (Rosales & Jaimes, 2015).
- **Espectrofotometría UV-Vis:** Es una técnica analítica que relaciona la interacción entre la materia y la radiación electromagnética, que cuantifica la luz absorbida por las moléculas al promover el electrón de un estado basal a un estado excitado (Castro, Litter, Wong, & Mori, 2009).
- **Actividad antioxidante:** Es un mecanismo de acción que presentan las sustancias antioxidantes al neutralizar las especies reactivas del oxígeno por medio de la transferencia de átomos de hidrógeno o electrones (Londoño, 2011).

5. Metodología

La metodología de investigación se encuentra enmarcada dentro de un enfoque cualitativo y en el diseño de investigación-acción; que busca promover el desarrollo de las habilidades metacognitivas, frente al aprendizaje de la espectrofotometría y de la actividad antioxidante de los alimentos; por medio de la interpretación de los hábitos y estrategias de estudio de 10 estudiantes de grado décimo del Instituto Guimarc, a través de la intervención de la secuencia de enseñanza-aprendizaje. La metodología comprende las siguientes etapas:

- **Etapas de iniciación:** Consta de dos componentes: la fundamentación conceptual y metodológica, y el diseño de la secuencia de enseñanza-aprendizaje junto con los instrumentos.
- **Etapas de desarrollo:** Son ejecutadas las actividades planteadas en la secuencia de enseñanza-aprendizaje y el diseño experimental.
- **Etapas de cierre:** Se enfoca en el análisis de los datos obtenidos a partir de la implementación de la secuencia de enseñanza-aprendizaje, por medio de los instrumentos, actividades y pruebas; en correspondencia con el componente conceptual y las habilidades metacognitivas.

6. Conclusiones

Por medio del diseño e implementación de la secuencia de enseñanza-aprendizaje en espectrofotometría UV-Vis y las propiedades antioxidantes de los alimentos, en estudiantes de grado décimo, se promovió la integración de la metacognición a los contextos educativos, como una metodología intencionada, enriquecedora, significativa y efectiva; que transforma la capacidad de reflexión y control en los procesos de aprendizaje.

Por consiguiente, se caracterizaron inicialmente las habilidades metacognitivas en los estudiantes por medio de sus hábitos de estudio y las decisiones que toman, encontrándose a estos en los niveles iniciales e intermedios. En este sentido, la secuencialidad de las actividades incorporadas y la contextualización sobre la importancia de la metacognición favorecieron a que todos los estudiantes superaran un estado inicial en cuanto a alguna de las habilidades metacognitivas; estableciéndose que la habilidad que más se desarrolló fue la de autoevaluación, seguida de las habilidades de planificación y autocontrol.

En cuanto, a la implementación de la secuencia de enseñanza-aprendizaje, se infiere que esta fue pertinente en el desarrollo de las habilidades metacognitivas, para que los educandos reflexionen sobre los procesos cognitivos y a su vez en la consolidación de nuevos conocimientos como lo son la espectrofotometría UV-Vis, ondas, radiación, espectro electromagnético y actividad antioxidante.

Finalmente, la construcción del espectrofotómetro, mejoró la comprensión de la temática de espectrofotometría UV-Vis por medio de la determinación de la capacidad antioxidante que presentan los alimentos.

Elaborado por:	Arias Garzón, Kelly Johanna
Revisado por:	Rodríguez Cepeda, Rodrigo

Fecha de elaboración del Resumen:	23	03	2021
--	----	----	------

6.3.2.3	Intervención metacognitiva.....	39
6.3.2.4	Taller “Más allá de lo visible”.....	40
6.3.2.5	Construcción del espectrofotómetro.....	40
6.3.2.6	Determinación de la actividad antioxidante.....	41
6.3.2.7	Laboratorio de actividad antioxidante.....	41
6.3.3	Etapa de cierre.....	42
6.3.3.1	Evaluación de la secuencia de enseñanza-aprendizaje.....	42
6.3.3.2	Test de habilidades metacognitivas (postest).....	42
7.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	43
7.1	Test de habilidades metacognitivas (pretest).....	43
7.2	Prueba de conocimientos previos.....	46
7.3	Taller “Más allá de lo visible”.....	50
7.4	Calibración del espectrofotómetro.....	53
7.5	Determinación de la actividad antioxidante.....	56
7.6	Laboratorio de actividad antioxidante.....	58
7.7	Prueba de conocimientos aprendidos.....	60
8.	CONCLUSIONES.....	65
9.	RECOMENDACIONES.....	66
10.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67
11.	ANEXOS.....	74

LISTADO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Componentes del proceso de metacognición. Elaboración propia ...	28
Ilustración 2. Estructura de la secuencia de enseñanza-aprendizaje. Elaboración propia.....	31
Ilustración 3. Estructura de los antioxidantes naturales. Tomado de Gniech & Mohan, 2018.....	33
Ilustración 4. Etapas metodológicas de la investigación	38
Ilustración 5. Espectrofotómetro	41
Ilustración 6. Representación del movimiento ondulatorio de una onda.	47
Ilustración 7. Fotografía de los espectros rojo, verde y azul.	53
Ilustración 8. Mecanismo de acción del radical libre DPPH. Tomado de Kitts, 2014.	56
Ilustración 9. Respuestas prueba de conocimientos aprendidos.	61

LISTADO DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Frecuencia de respuestas habilidad metacognitiva de planificación (pretest).	43
Gráfica 2. Frecuencia de respuestas habilidad metacognitiva de autocontrol (pretest).	44
Gráfica 3. Frecuencia de respuestas habilidad metacognitiva de autoevaluación (pretest).	45
Gráfica 4. Respuestas sobre las propiedades de las ondas.	49
Gráfica 5. Valores normalizados de intensidad para los diodos LED rojo, verde y azul.	54
Gráfica 6. Relación entre la posición de los píxeles y la longitud de onda.	55
Gráfica 7. Calibración de las longitudes de onda.	55
Gráfica 8. Curva de calibración DPPH.	57
Gráfica 9. Calificaciones de la prueba de conocimientos aprendidos.	60

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Habilidades metacognitivas. Elaboración propia.....	29
Tabla 2. Clasificación de los antioxidantes. Elaboración propia.....	33
Tabla 3. Clasificación de los radicales libres. Elaboración propia.....	35
Tabla 4. Criterios y niveles en la prueba de conocimientos previos.....	46
Tabla 5. Criterios y niveles del taller "Más allá de lo visible".....	50
Tabla 6. Valores de máxima intensidad de la luz para cada espectro.	54
Tabla 7. Datos empleados para la curva de calibración del DPPH.....	57
Tabla 8. Datos para la determinación del porcentaje de la actividad antioxidante.	58
Tabla 9. Criterios y niveles del laboratorio de actividad antioxidante.....	58
Tabla 10. Seguimiento sobre las habilidades metacognitivas en cada estudiante.	62
Tabla 11. Análisis de varianza para un factor, en la habilidad metacognitiva de planificación.	62
Tabla 12. Análisis de varianza para un factor, en la habilidad metacognitiva de autocontrol.	63
Tabla 13. Análisis de varianza para un factor, en la habilidad metacognitiva de autoevaluación.....	63

LISTADO DE ANEXOS

Anexo 1. Test de habilidades metacognitivas	74
Anexo 2. Prueba de conocimientos.....	76
Anexo 3. Taller “Más allá de lo visible”	79
Anexo 4. Construcción y calibración del espectrofotómetro.....	82
Anexo 5. Determinación de la actividad antioxidante	84
Anexo 6. Laboratorio de actividad antioxidante.....	86
Anexo 7. Evaluación sobre los conocimientos aprendidos	88
Anexo 8. Resultados test de habilidades metacognitivas pretest	91
Anexo 9. Resultado prueba de conocimientos previos.	93
Anexo 10. Resultados taller "Más allá de lo visible"	95
Anexo 11. Gráficas de los espectros de los diodos LED.....	97
Anexo 12. Resultados prueba de conocimientos aprendidos.	99

INTRODUCCIÓN

Actualmente, las dinámicas que presenta la educación en química se encuentran orientadas a la renovación de las prácticas educativas por medio de la alfabetización científica y de conectar la enseñanza de los ejes conceptuales al contexto de los educandos, esto con la finalidad de que aprendan a pensar científicamente, desarrollen capacidades y habilidades que les permitan enfrentarse a diversos retos. Es por esta razón, que es primordial fundamentar a los estudiantes no solo con concepciones teóricas, sino también en la ejecución de hábitos de estudio que favorezcan la aprehensión de los contenidos y más específicamente a reflexionar sobre sus pensamientos.

En este sentido, la presente investigación se centra en el desarrollo de las habilidades metacognitivas de planeación, autocontrol y autoevaluación a través de la implementación de una secuencia de enseñanza-aprendizaje (SEA), fundamentada en el uso de técnicas de espectroscopia UV-Vis y en el trabajo práctico de laboratorio, abordando el componente conceptual de la actividad antioxidante; para que los estudiantes autorregulen sus propios conocimientos y apliquen lo aprendido a otros contextos.

En función de lo planteado, el documento inicialmente expone la justificación indicando la importancia de integrar en las actividades escolares una formación metacognitiva que enseñe a pensar y a evaluar los procesos mentales, favoreciendo el control y la regulación del aprendizaje, es así, que se hace referencia a las habilidades metacognitivas como los son la planificación, el autocontrol y la autoevaluación. De esta manera, se plantean los objetivos y la pregunta de investigación; con la intencionalidad de que los educandos superen las concepciones erróneas y mejoren las formas de aprendizaje; al momento de comprender nuevos conceptos.

Después, por medio de los antecedentes y el marco teórico se establece la contextualización de la secuencia de enseñanza-aprendizaje a implementar, resaltando la importancia de familiarizar y guiar a los estudiantes con los procesos reflexivos, a partir de actividades enfocadas en la comprensión de nuevos contenidos, junto con el aprendizaje y aplicación de la espectrofotometría y la actividad antioxidante a los contextos cotidianos.

En cuanto a la metodología de investigación, consiste en un enfoque cualitativo y en un diseño de investigación-acción, distinguiéndose tres etapas para su alcance: la etapa inicial, corresponde a la fundamentación conceptual y metodológica, y el diseño de la secuencia de enseñanza-aprendizaje; en la fase de desarrollo, son ejecutadas, las actividades propuestas en la secuencia de enseñanza-aprendizaje y el diseño experimental; y en la fase de cierre, se enfoca en el análisis de los datos obtenidos a partir de la implementación de la secuencia de enseñanza-aprendizaje, identificando los conceptos aprendidos y el nivel de las habilidades metacognitivas alcanzado.

De acuerdo, con los datos obtenidos se identifica en un primer momento, que las habilidades metacognitivas de los estudiantes se encuentran en los niveles iniciales e intermedios y en correspondencia con la secuencialidad de las actividades programadas, la habilidad que más se desarrolla es la de autoevaluación, seguida de las habilidades de planificación y autocontrol. En síntesis, se establece que la metacognición y en especial las habilidades metacognitivas, promueven la reflexión en los procesos cognitivos, la autonomía y la consolidación de nuevos conocimientos.

1. JUSTIFICACIÓN

La educación en ciencias y más específicamente en el campo de la química, se enfrenta constantemente a nuevos desafíos, debido a las exigencias del mundo moderno. Por ende, se plantea el desarrollo de estrategias que fortalezcan los procesos de enseñanza-aprendizaje y que estén acorde con las necesidades de los educandos conllevando a la formación de personas autónomas, críticas y conscientes de lo que aprenden.

En este sentido, se hace énfasis a la metacognición como una metodología de enseñanza que ha recobrado importancia en los procesos de aula, transformando la capacidad de reflexión y control en los procesos de aprendizaje y pensamiento (Soto, 2003). De esta manera, se promueve el desarrollo de las habilidades metacognitivas con la intención de que los estudiantes de forma autónoma, formalicen y dominen sus conocimientos, es decir, que sean partícipes de sus propios procesos de aprendizaje al enfrentarse a la resolución de situaciones problemáticas; en las que se omite o se presenta dificultad para monitorear y regular activamente los procesos cognitivos; la comprensión y aprehensión de nuevas estructuras conceptuales; en la ejecución de actividades que favorezcan el funcionamiento de la estructura cognoscitiva y en la organización de la información (Jaramillo, Montaña, & Rojas, 2006).

Las habilidades metacognitivas son: planificación, predicción, autocontrol, regulación, verificación, estrategias y la autoevaluación, para el desarrollo de esta investigación se han seleccionado las habilidades de planificación, autocontrol y autoevaluación como las más apropiadas y generales en el desarrollo de las actividades propuestas en la secuencia de enseñanza-aprendizaje y el alcance de aprendizajes significativos para llevar a cabo planes de acción, tomar decisiones sobre lo que se sabe y analizar la efectividad de sus conocimientos. Asimismo, se considera que la habilidad de predicción puede ser relacionada con la de planificación, las habilidades de regulación y estrategias favorecen la habilidad de autocontrol y la habilidad de verificación puede enlazarse con la de autoevaluación.

En consideración a ello, el propósito de la educación en química no se ha de limitar al simple hecho de alcanzar el aprendizaje de las entidades conceptuales, sino dar un paso más allá, esto implica regular y autoevaluar las formas de pensar. Por consiguiente, es pertinente considerar al docente como un agente mediador en los procesos metacognitivos, que fomente en los estudiantes el uso de estrategias, procesos de reflexión sobre lo que se aprende y a evaluar sus conocimientos.

De esta manera, la presente investigación se enfoca en el desarrollo de las habilidades metacognitivas en estudiantes de grado décimo del Instituto Guimarc, por medio de una secuencia de enseñanza-aprendizaje, que auspicie la transformación del pensamiento, para integrar en la formación de los estudiantes procesos metacognitivos que puedan ser aplicados en todas sus dimensiones.

En ese orden de ideas, se involucra como componente disciplinar la enseñanza de la espectrofotometría UV-Vis, para la cuantificación de sustancias relacionando así la interacción entre la materia y la energía, como es sabido para dicho proceso se requiere del espectrofotómetro, sin embargo, al ser instrumento de difícil acceso y costoso por instituciones de educación media, se propone la construcción de dicho equipo, que permita conocer el fundamento y las aplicaciones de estas técnicas.

De acuerdo, con las múltiples aplicaciones que presentan las técnicas de espectrofotometría UV-Vis, se selecciona la capacidad antioxidante de los alimentos como una estrategia favorable en el cuidado y bienestar de la salud; y a su vez empleadas hoy en día en la prevención y el tratamiento de enfermedades. Esto a partir de la capacidad que tienen algunas frutas, plantas y especias de neutralizar los radicales libres causados por las condiciones ambientales, la exposición a fuentes de radiación ionizantes o por los procesos metabólicos generados en el organismo. Como resultado de las condiciones favorables que exhiben los alimentos, es considerada la actividad antioxidante, una temática de interés que enganche a los estudiantes, les permita pensar científicamente y tomar decisiones frente a sus hábitos alimenticios.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El aprendizaje en química reúne las siguientes capacidades cognoscitivas: el pensamiento, que precisa las representaciones de la realidad mediante teorías científicas; de acción, haciendo referencia a la experimentación; y la comunicación, estableciendo lenguajes (Izquierdo, 2004). Esto indica el impacto y consolidación que presenta esta ciencia, no obstante, todo ese conjunto de capacidades ha hecho que los estudiantes cataloguen la química como una ciencia incomprensible y compleja.

Asimismo, investigaciones realizadas, afirman que las dificultades de aprendizaje en el ámbito de la química pueden ser de origen interno; asociadas con el estilo de aprendizaje, la capacidad de organizar y procesar información o con la competencia lingüística (Cárdenas & González, 2005). Adicionalmente, es importante mencionar que los estudiantes presentan la tendencia de ejecutar tareas o actividades de forma memorística y mecánica, sin presentar un sentido para ellos.

Por consiguiente, es pertinente transformar los ambientes educativos, para que los estudiantes “aprendan a aprender”, involucrando así procesos metacognitivos, con los cuales sean autoconscientes y autorregulen lo que aprenden, por medio del desarrollo de habilidades metacognitivas como los son la planificación, el autocontrol y la autoevaluación. Desde esta perspectiva y en concordancia con las directrices del Instituto Guimarc, cuyo Proyecto Educativo Institucional (PEI) es la formación en valores y orientación a la micro-empresa familiar del sector privado; se implementa y desarrolla una secuencia didáctica en estudiantes de grado décimo, que genere cambios significativos en los hábitos de estudio y en las formas de aprendizaje.

De acuerdo, con lo descrito anteriormente, se vinculan las habilidades metacognitivas de planificación, autocontrol y autoevaluación; a un tema actual y de interés acerca de las propiedades y los beneficios de los alimentos antioxidantes, que han demostrado ser una alternativa en la prevención y el tratamiento de algunas enfermedades, debido a la capacidad de inhibir la presencia de radicales libres en el organismo. Hoy en día, para comprobar y estudiar la capacidad antioxidante son empleadas técnicas de espectrofotometría UV-Vis, que determinan el porcentaje de neutralización de las sustancias antioxidantes frente a las especies oxidativas.

Con relación a lo expresado, la pregunta de investigación que orienta este trabajo de investigación es ¿Cuál es la incidencia de una secuencia de enseñanza-aprendizaje fundamentada en la espectrofotometría UV-Vis y el trabajo práctico de laboratorio, abordando el componente conceptual de la actividad antioxidante de los alimentos, sobre las habilidades metacognitivas de planificación, autocontrol y autoevaluación en estudiantes de grado décimo?

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Identificar el desarrollo de las habilidades metacognitivas de planificación, autocontrol y autoevaluación; en estudiantes de grado décimo, mediante el uso de técnicas espectrofotométricas UV-Vis con relación al trabajo práctico de laboratorio, en el contexto de las propiedades antioxidantes de los alimentos a través de la implementación de una secuencia de enseñanza-aprendizaje.

3.2 Objetivos específicos

- Identificar el nivel inicial y final en cuanto al desarrollo de habilidades metacognitivas en los estudiantes de grado décimo del Instituto Guimarc.
- Fomentar las habilidades metacognitivas por medio de la implementación de una secuencia de enseñanza-aprendizaje centrada en técnicas espectrofotométricas UV-Vis, en el contexto de las propiedades antioxidantes de los alimentos a partir del trabajo práctico de laboratorio.
- Evaluar el desarrollo de las habilidades metacognitivas en cada uno de los estudiantes por medio de la secuencia de enseñanza-aprendizaje y el trabajo práctico de laboratorio al abordar las propiedades antioxidantes de los alimentos.

4. ANTECEDENTES

Con respecto, al desarrollo de las habilidades metacognitivas en el área de la química, para superar las dificultades de aprendizaje que presentan los estudiantes con respecto a la capacidad de organizar y procesar nueva información, es pertinente conocer las investigaciones, finalidades, procesos y metodologías empleadas en el ámbito educativo. De la misma forma, se realiza una revisión que soporte el contenido disciplinar en la enseñanza de la espectrofotometría UV-Vis y en la actividad antioxidante de los alimentos. A continuación, son organizados los antecedentes con respecto a las habilidades metacognitivas, la espectrofotometría UV-Vis, la actividad antioxidante y el trabajo práctico de laboratorio.

4.1 De las habilidades metacognitivas

De acuerdo con el trabajo internacional titulado “Propuesta de intervención: estrategias metacognitivas en el aprendizaje de física y química en 2º curso de E.S.O.” (Sánchez M. , 1998), describe la ejecución de una unidad didáctica, para desarrollar en 20 estudiantes, de 13-14 años, de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) estrategias y habilidades metacognitivas, favoreciendo a que aprendan a aprender y aprendan a pensar conocimientos científicos relacionados con a las asignaturas de física y química, que mejoren los resultados académicos y optimicen los procesos de aprendizaje en los alumnos.

La metodología de la investigación presenta un enfoque cualitativo y exploratorio, desarrollado en tres fases. Inicialmente, se identifican las características de la población, el grado de desarrollo, la adquisición y las formas de emplear las estrategias de aprendizaje, por medio de los registros de observación y las entrevistas.

Luego, se desarrolló la propuesta a través de la intervención de tres actividades en correspondencia con el currículo fundamentadas en la lectura, los mapas conceptuales, cálculos matemáticos, prácticas experimentales, indagación, formulación de preguntas, encontrándose inmersas el manejo de las estrategias de aprendizaje y el desarrollo de habilidades metacognitivas relacionadas con la atención, la lectura y la memoria. Finalmente, se comprueba el grado de adquisición de las estrategias metacognitivas por medio de una prueba tipo Likert que establecía 6 factores: conocimiento, control-supervisión, planificación, experiencias, evaluación y estrategias.

En cuanto a los resultados y las conclusiones, se establece que el desarrollo de las estrategias metacognitivas mejora el rendimiento académico, haciendo que los estudiantes sean más conscientes, autónomos y motivados por lo que aprenden. Para aprender significativamente, es necesario que el estudiante lleve a cabo el proceso de aprender a aprender, esto radica en que adquieran y utilicen las estrategias adecuadas acorde con la actividad a la que se enfrentan.

Evidentemente, este estudio, orienta en la metodología que presenta la metacognición y en la construcción de los instrumentos para identificar las habilidades metacognitivas.

Asimismo, en la investigación desarrollada “The student metacognitive skills and achievement in chemistry learning: correlation study” (Arami & Wiyarsi, 2019), se determina la correlación entre las habilidades metacognitivas y el rendimiento académico, por medio de la técnica de muestreo saturado, en 180 estudiantes de grado décimo, que presentan dificultades en la comprensión del carácter abstracto de la química, con respecto a la temática de enlaces químicos, asociada a la competencia de resolver problemas.

En cuanto a la metodología empleada, es cuantitativa empleándose un estudio de correlación, por medio del desarrollo de 6 clases y de la implementación de una prueba tipo Likert conocida como inventario de conciencia metacognitiva que evalúa los componentes de conocimiento condicional, planificación y evaluación, la cual consta de 18 enunciados.

En conclusión, se establece que existe una correlación positiva entre las habilidades metacognitivas y el rendimiento académico de los estudiantes, con respecto al aprendizaje del enlace iónico y del enlace covalente; esto con el objetivo de que los estudiantes tengan conocimiento de su propia cognición, piensen y asuman la responsabilidad de su propio aprendizaje.

4.2 De la espectrofotometría UV-Vis

Por otra parte, en las investigaciones de la Universidad of Akron, sobre “Teaching UV-Vis Spectroscopy with a 3D-Printable Smartphone Spectrophotometer” (Grasse, Torcasio, & Smith, 2016), se propone para la enseñanza de la espectrofotometría analítica, el diseño y construcción de un espectrofotómetro de fácil ensamblaje que favorezca la capacidad de registrar mediciones de absorción confiables.

La construcción de este dispositivo, llamado SpecPhone, consta principalmente de la estructura adquirida por medio de la impresión en 3D, una fuente de luz, una hendidura, una celda espectrofotométrica, un espejo, la cámara de un celular y una rejilla de difracción; y luego se procede al ensamblaje de las piezas. En cuanto, al análisis cuantitativo de los espectros, se analizan las fotografías de las sustancias por medio de un programa llamado ImageJ, que permite determinar con precisión la concentración de muestras desconocidas.

En síntesis, el dispositivo es adecuado para la enseñanza de conceptos básicos en espectroscopia, fomentando la interacción del alumno con el análisis instrumental. Por consiguiente, esta investigación propone una alternativa accesible y bajo costo, para conocer la funcionalidad y las aplicaciones de las técnicas de espectroscopia UV-Vis, la cual puede ser replicada en instituciones de educación media.

4.3 De la actividad antioxidante

Es conveniente, mencionar el estudio acerca del “Efecto antioxidante de frutas y hortalizas de la zona central de Chile” (Palomo, & otros, 2009), enfocado en la determinación de la capacidad antioxidante in vitro de algunas frutas y hortalizas por medio del radical 2,2-difenil-1-picril hidrazilo hidratado (DPPH).

Para ello, se prepararon los extractos acuosos y metanólicos de las frutas y las hortalizas, donde estos alimentos fueron lavados, pelados y cortados en trozos pequeños; con respecto a la extracción acuosa, se extrajo el jugo, se prensó, se filtró y se congeló a -20°C , mientras que para la extracción metanólica, se añadió metanol, se sónico, se filtró y se almacenaron en la oscuridad a -20°C . Luego, se evaluó la capacidad antioxidante frente al radical libre DPPH, por medio del análisis espectrofotométrico.

En síntesis, se evidencia una mayor actividad antioxidante por parte de los extractos metanólicos en las siguientes frutas: frambuesa, frutilla y kiwi; manifestando un porcentaje superior del 60% de la capacidad antioxidante, mientras que en los extractos metanólicos de los vegetales, se presentó mayor actividad antioxidante por parte de los tomates seguidos por pepino dulce, betarraga, melón tuna, pimentón y sandía. Estas experimentaciones, orientan en el tratamiento y preparación de los alimentos antioxidantes y en el desarrollo de las pruebas de actividad antioxidante ante el radical DPPH.

De igual forma, una investigación de la Universidad Nacional de Colombia sobre el “Análisis nutricional y estudio de la actividad antioxidante de algunas frutas tropicales cultivadas en Colombia” (Moreno, 2014), presenta la finalidad de determinar por medio de un análisis bromatológico la humedad, cenizas, minerales, grasas totales, nitrógeno orgánico total y fibra dietaria total. Asimismo, se evalúa la capacidad antioxidante por los métodos de DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidracilo), FRAP (Fe^{3+} -TPTZ (2,4,6-tripiridil-s- triazina) y el contenido total de fenoles por el método Folin Ciocalteu.

Los resultados obtenidos en esta investigación, en cuanto a la determinación del contenido total de polifenoles, indican que la curuba es la fruta que presenta el mayor contenido total con un valor de 638,48 mg de ácido gálico por cada 100 g de muestra, seguida por el aguacate, tomate de árbol, lulo, gulupa y uchuva.

En lo referente, a los análisis de la actividad antioxidante se establece que en el método DPPH, el aguacate presenta mayor capacidad para neutralizar a los radicales libres con un valor de 165,10 μmol de trolox por cada 100 g de muestra, seguido por la gulupa, uchuva, tomate de árbol, lulo y curuba, mientras que en el análisis por el método FRAP, la mayor actividad antioxidante le corresponde a la curuba con un valor de $148,1 \pm 12,7 \mu\text{mol}$ de trolox por cada 100 g muestra, seguida de lulo, tomate de árbol, aguacate, gulupa y uchuva.

De igual forma, las investigaciones en Corea del Sur por el Namhae Garlic Research Institute, denominado “Garlic sprouting is associated with increased antioxidant activity and concomitant changes in the metabolite profile” (Zakarova, & otros, 2014),

estudian la capacidad antioxidante en el proceso de germinación del ajo frente a diferentes fitoquímicos, los cuales ayudan a mejorar la salud, en cuanto a la reducción de los niveles de colesterol en la sangre, el cáncer y las afecciones antimicrobianas.

Para ello a las muestras de ajo, se les retiró la piel y se brotó durante 6 días en una incubadora a 25°C con 100% de humedad. Luego, el ajo germinado es picado, molido y extraído con etanol, empleado como disolvente. Asimismo, el extracto de ajo se fraccionó adicionalmente con n-hexano, acetato de etilo, butanol y agua consecutivamente para su uso en el ensayo de eliminación de radicales con 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH).

Los análisis a las muestras de ajo se fundamentaron en la determinación del contenido fenólico total, por el método de Folin-Ciocalteu, expresando los polifenoles totales en equivalentes de ácido gálico; el ensayo de actividad de barrido del radical libre DPPH, para identificar la actividad antioxidante; la capacidad de absorción de radicales de oxígeno (ORAC), en cuanto a la eliminación de radicales peroxilo; el efecto neuroprotectora y la evaluación de especies de oxígeno reactivo intracelular (ROS).

Con respecto a los resultados obtenidos, se establece que el contenido fenólico total aumenta con el brotado, sin importar el período de germinación usado. En este sentido, se identifica que el ajo brotó durante 5 días presentó la mayor actividad antioxidante, lo cual se corroboró por el método ORAC en comparación con ajo crudo, suprimiendo la generación del radical superóxido.

De esta manera, que los beneficios para la salud del ajo se atribuyen a los productos derivados de la aliína que es convertida en alicina a través de intermedios extremadamente reactivos. Asimismo, se afirma que los procesos de germinación en el ajo mejoran la actividad de eliminación de radicales libres y la actividad neuroproctora. No obstante, la germinación no aumentó el contenido total fenólico del ajo, lo que sugiere que estos no están asociados con el aumento de la actividad antioxidante y neuroprotectora. En síntesis, la germinación podría ser una forma útil de aumentar la capacidad antioxidante del ajo, en el tratamiento de diferentes enfermedades.

Por otra parte, estudios de la Universidad Pedagógica Nacional, acerca del “Desarrollo de habilidades de pensamiento creativo, mediante el uso de una secuencia de actividades en torno al concepto de antioxidantes” (Prieto, 2019), presenta la finalidad de identificar el nivel de desarrollo de las habilidades de pensamiento creativo en estudiantes de grado undécimo del Colegio Instituto Inscap, por medio de una secuencia de actividades a partir del trabajo experimental, la resolución de problemas y la capacidad de conectar las acciones cotidianas con la construcción del conocimiento.

Para el desarrollo de la secuencia de actividades, se emplea una metodología cualitativa y descriptiva. En cuanto, a la ejecución de la secuencia inicialmente se identifican las habilidades de pensamiento creativo junto con los conocimientos

previos. Luego, son involucradas una serie de actividades de laboratorio, relacionadas con la obtención de extractos naturales, antioxidantes biológicos, pruebas cualitativas para la identificación de flavonoides en la ortiga y la elaboración de productos a partir de antioxidantes naturales.

En síntesis, la implementación de la secuencia de actividades sobre antioxidantes, permitió en los estudiantes el desarrollo de las habilidades de pensamiento creativo como lo son la fluidez, la elaboración, la originalidad y la flexibilidad; al mismo tiempo que aprendieron sobre los antioxidantes y se motivaron frente al análisis de cuestiones científicas. Este trabajo, orienta en el desarrollo de actividades de laboratorio, para identificar las propiedades químicas y los mecanismos de acción que presentan los alimentos antioxidantes.

4.4 Del trabajo práctico de laboratorio

Por último, investigaciones de la Universidad Pedagógica Nacional sobre “Trabajos prácticos de laboratorio (TPL) para la enseñanza de fenoles: cuantificación de crisina en especies de *Passiflora*” (Monroy, 2018), se enfoca en la implementación de los TPL, fomentando el aprendizaje de la temática de fenoles, en estudiantes de sistemas orgánicos II de la Universidad Pedagógica Nacional.

Las actividades ejecutadas para el desarrollo de esta estrategia didáctica, consisten en una prueba de entrada para identificar los conceptos previos y los estilos de TPL, con los cuales los estudiantes aprenden; y la fundamentación sobre la temática de fenoles y flavonoides con su respectiva práctica de laboratorio centrada en el reconocimiento y caracterización de esta especie por medio de pruebas cualitativas. Posteriormente, se emplearon técnicas espectrofotométricas y de infrarrojo empleando la crisina como patrón primario para el reconocimiento de los flavonoides.

Se concluye que el TPL, permitió que los estudiantes comprendieran el concepto de fenoles y sus propiedades antioxidantes. Además, fomento la investigación por parte del estudiante para dar explicación a fenómenos, lo cual fue evidenciado en la presentación de informes de laboratorio.

5 MARCO CONCEPTUAL

A continuación, se muestra como se encuentra fundamentada esta investigación, por medio de la contextualización de los siguientes referentes teóricos.

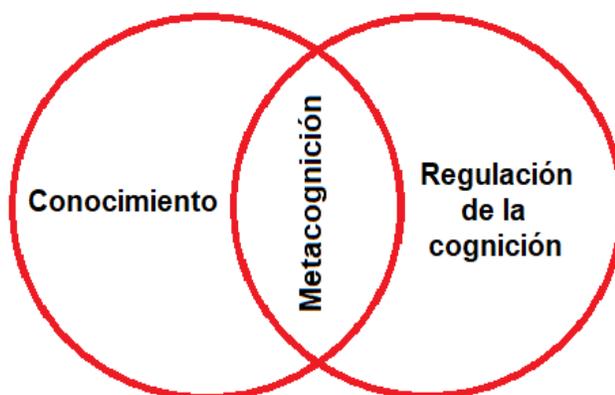
5.1 Metacognición

La metacognición es designada por algunos autores como el proceso de “aprender a aprender” (Bruner, 1973), “el conocimiento del propio conocimiento” (Flavell, 1971), “pensar sobre el pensamiento” (Dimaggio & Lysaker, 2009) y la “cognición sobre la cognición” (Weinert, 1987). En este sentido, la metacognición hace referencia a la capacidad de reflexionar, entender y controlar los propios procesos cognitivos en la toma de conciencia y creación de las condiciones adecuadas para el aprendizaje, con el empleo de estrategias intencionadas y efectivas, al momento de enfrentar situaciones problema, que generen satisfacción con respecto a las metas propuestas (Flavell, 1979; Schraw, Crippen, & Hartley, 2006; Wolters, 2011).

Asimismo, en la metacognición se encuentran inmersos tres subprocesos que fundamentan su carácter reflexivo; los conocimientos declarativo, procedimental y condicional. En el primero, se hace referencia a lo que cada individuo sabe de su propio conocimiento en relación a la tarea o estrategia por emplear; el segundo, se enfoca en la ejecución de las actividades de planificación, control y evaluación en la regulación de los procesos metacognitivos; y el último se especializa en el uso y la selección de las estrategias metacognitivas; subprocesos que la consolidan como una actividad deliberada y consciente (Schraw & Dennison, 1994).

En la metacognición se distingue la interacción de dos componentes principales, el conocimiento, que involucra lo que la persona sabe y la información que ha consolidado en su estructura cognoscitiva; y la regulación, que hace referencia a la supervisión de los conocimientos, como se muestra en la ilustración 1.

Ilustración 1. Componentes del proceso de metacognición. Elaboración propia



5.2 Habilidades metacognitivas

Las habilidades metacognitivas se relacionan con las operaciones y estrategias, que emplea cada persona a través de mecanismos intelectuales por las cuales es capaz de seleccionar, analizar, sistematizar, generar y evaluar la información obtenida; haciendo posible que tenga conciencia, control y autorregulación de su propio proceso de aprendizaje. Las habilidades metacognitivas son: planificación, predicción, autocontrol, regulación, verificación, estrategias y la autoevaluación (Rosales & Jaimes, 2015).

En este sentido, las habilidades metacognitivas que permiten efectuar tareas y alcanzar aprendizajes complejos y satisfactorios, son catalogadas como métodos que cada individuo emplea a través de mecanismos cognoscitivos. Por ende, la apropiación de ellas y su implementación en los procesos de enseñanza-aprendizaje favorece no solo al aprendizaje de nuevos conocimientos, sino también a la regulación y control de la actividad cognoscitiva (Rosales & Jaimes, 2015).

Por ende, las habilidades metacognitivas se presentan como la aplicabilidad de la actividad mental, para controlar y dirigir nuestro pensamiento y como consecuencia de ello la conducta. Las habilidades metacognitivas presentan las siguientes características: son relativamente inestables, es decir, que son susceptibles a modificaciones, desarrollos y ampliaciones; pueden ser no verbalizables, esto significa que son empleadas, aunque no se hablen o se tenga conciencia de ellas; y no son necesariamente constatables, en otras palabras, no pueden hacerse explícitas a los demás (Allueva, 2002).

Asimismo, se destacan de las personas con un alto nivel de las habilidades metacognitivas las siguientes capacidades: la memorización, que consiste en la velocidad y el tratamiento de la información; el conocimiento de los límites, en el proceso de resolución de problemas; y el procesamiento de la información; esto en cuanto a un carácter más conceptual y analítico (Glaser & Pellegrino, 1987). En la tabla 1, se muestran cuáles son las habilidades que se desarrollan en los procesos metacognitivos (García, y otros, 2015).

Tabla 1. Habilidades metacognitivas. Elaboración propia.

Habilidades metacognitivas		
Planificación	Autocontrol	Autoevaluación
Consiste en proponer objetivos, planes de acción o metas de aprendizaje; en el desarrollo de tareas y el análisis de variables que afectan y determinan el objeto a investigar; dirigiendo y controlando la conducta del estudiante (Llontop, 2015).	Es llevado a cabo durante el desarrollo de las actividades para tomar decisiones sobre lo que sabe. En este sentido, son revisadas y ajustadas las estrategias de aprendizaje en la ejecución de tareas para lograr las metas de aprendizaje (Encinas, 2013).	Es un proceso de verificación que corresponde a analizar la efectividad de los conocimientos o si demandan ser modificados o estructurados, desde el inicio y el final de las actividades. Por consiguiente, se evalúa la calidad de los resultados y

		hasta qué punto se lograron las metas propuestas (Llontop, 2015).
--	--	---

5.3 Trabajo práctico de laboratorio

De esta manera, se integra a la metacognición el trabajo práctico de laboratorio que hace referencia a las actividades experimentales vistas como el acercamiento a la construcción del conocimiento científico, mientras se desarrollan competencias básicas, científicas e investigativas en el aula de clase. A su vez, presentan la función de consolidar conceptos, interpretar fenómenos y experiencias por medio de modelos conceptuales, adquirir destrezas instrumentales, comprender técnicas básicas de laboratorio químico, agrupando así tendencias investigativas en el desarrollo de métodos, en cuanto a la resolución de situaciones problemas o preguntas de investigación (Caamaño, 2005).

El trabajo práctico de laboratorio, se pueden clasificar en las categorías de: experiencias, destacando el conocimiento perceptivo, explorando las ideas de los estudiantes; experimentos ilustrativos; integrando evidencia experimental en la formación de determinados conceptos, y en la ilustración de leyes o principios; ejercicios prácticos, para desarrollar habilidades prácticas y procesos o comprobar variables experimentales; y las investigaciones fomentando la planificación y el desarrollo de investigaciones en la resolución de problemas teóricos o prácticos (Caamaño, 2005).

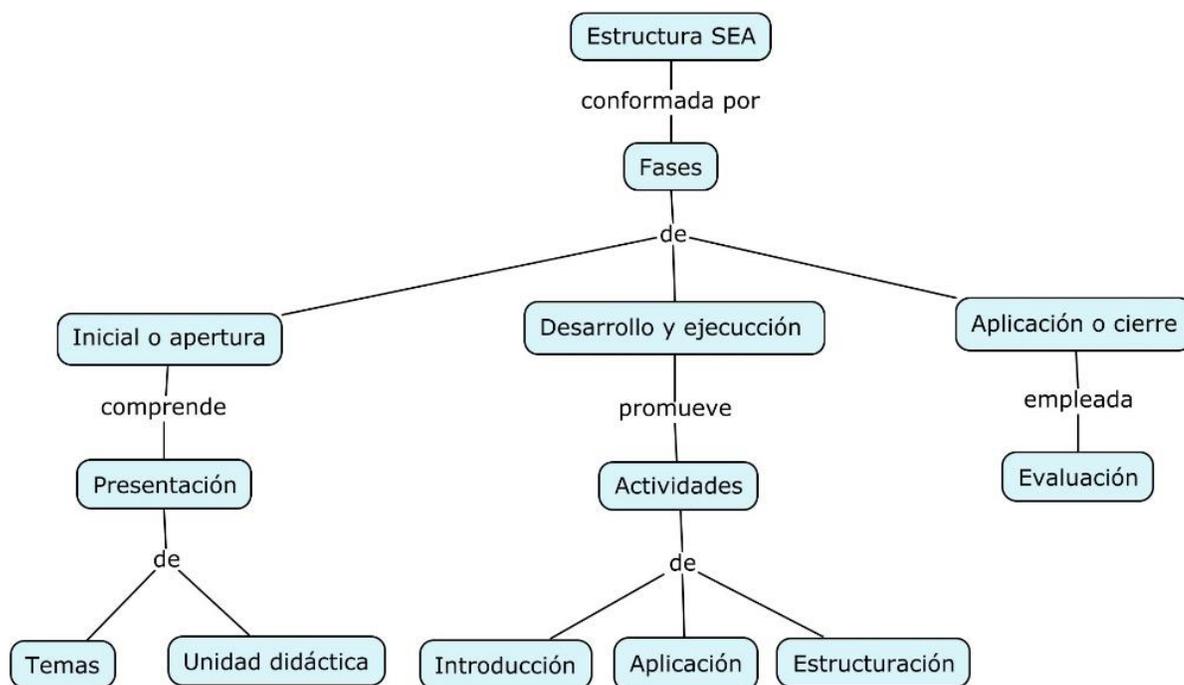
5.4 Secuencia enseñanza - aprendizaje

Los conceptos anteriormente mencionados son abordados mediante una secuencia de enseñanza-aprendizaje (SEA) como una herramienta didáctica que se especializa en un tema en específico, por medio de un conjunto de actividades de enseñanza-aprendizaje establecidas estratégicamente y en un orden específico; con la finalidad de promover verdaderos escenarios de aprendizaje, favoreciendo el diálogo, desarrollando sus potencialidades y habilidades que apunten al progreso del alumno (Buty, Tiberghien, & Le Maréchal, 2004).

De esta manera, es pertinente que las actividades que componen la SEA, estén pensadas como oportunidades para que los estudiantes se acerquen, se vinculen e interactúen con situaciones que los aproximen al conocimiento, los saberes y las prácticas; favoreciendo experiencias educativas más integrales. A su vez las situaciones deben caracterizarse por ser auténticas y desafiantes, conllevado a la interacción entre los estudiantes con el entorno natural, social, cultural, científico, entre otros; generando así interés y deseo de aprender (Ministerio de Educación, 2013).

En el desarrollo de la SEA, se encuentran las siguientes fases como lo muestra la ilustración 2.

Ilustración 2. Estructura de la secuencia de enseñanza-aprendizaje. Elaboración propia.



La primera fase que comprende la SEA, es de apertura o iniciación; se presenta el planteamiento de la situación problema real o simulada; en la segunda fase de desarrollo y ejecución, se encuentra encaminada a desarrollar actividades y situaciones para el aprendizaje que fomenten estrategias de aprendizaje, habilidades y capacidades; y en la fase de cierre o aplicación, presenta la finalidad de lograr una integración del conjunto de actividades propuestos y la aplicación de procesos evaluativos, que identifiquen los logros y las dificultades (Díaz, 2013).

5.5 Espectrofotométricas ultravioleta-visible (UV-Vis)

Se considera importante la espectrofotometría UV-Vis, como una técnica analítica basada en el análisis de compuestos en las que se cuantifica la luz absorbida por las moléculas al promocionar el electrón de un estado basal a un estado excitado. La luz absorbida de la zona UV-Vis, comprende en el espectro electromagnético las longitudes de onda entre los 180 a los 800 nm, produciendo la transición electrónica entre los orbitales atómicos y/o moleculares de la sustancia, esta transición se encuentra relacionada con la longitud de onda de la radiación a través de la ecuación de Planck (Castro, Litter, Wong, & Mori, 2009).

Las técnicas espectroscópicas se emplean para el análisis cualitativo, en cuanto a la caracterización de la materia y el análisis cuantitativo teniendo en cuenta la relación existente entre la señal producida y la concentración de una sustancia. Por

otra parte, debido a su estructura química, las sustancias poseen la propiedad de interactuar con la luz polarizada cambiando su plano de rotación, estas sustancias son conocidas como "ópticamente activas" y pueden interactuar con la luz de diferentes maneras, por ejemplo, si la dirección de la luz cambia con un determinado ángulo de rotación hablamos de dispersión óptica rotatoria (Universitat Autònoma de Barcelona, 2016).

Para la enseñanza de este componente conceptual, se construye un espectrofotómetro que acerque y motive a los estudiantes hacia estas temáticas que conectan a la química con procesos ópticos, familiarizan así la apropiación de otros conceptos como lo son las soluciones químicas, procesos de óxido-reducción, reacciones químicas, ondas, radiación y espectro electromagnético.

5.6 Actividad antioxidante

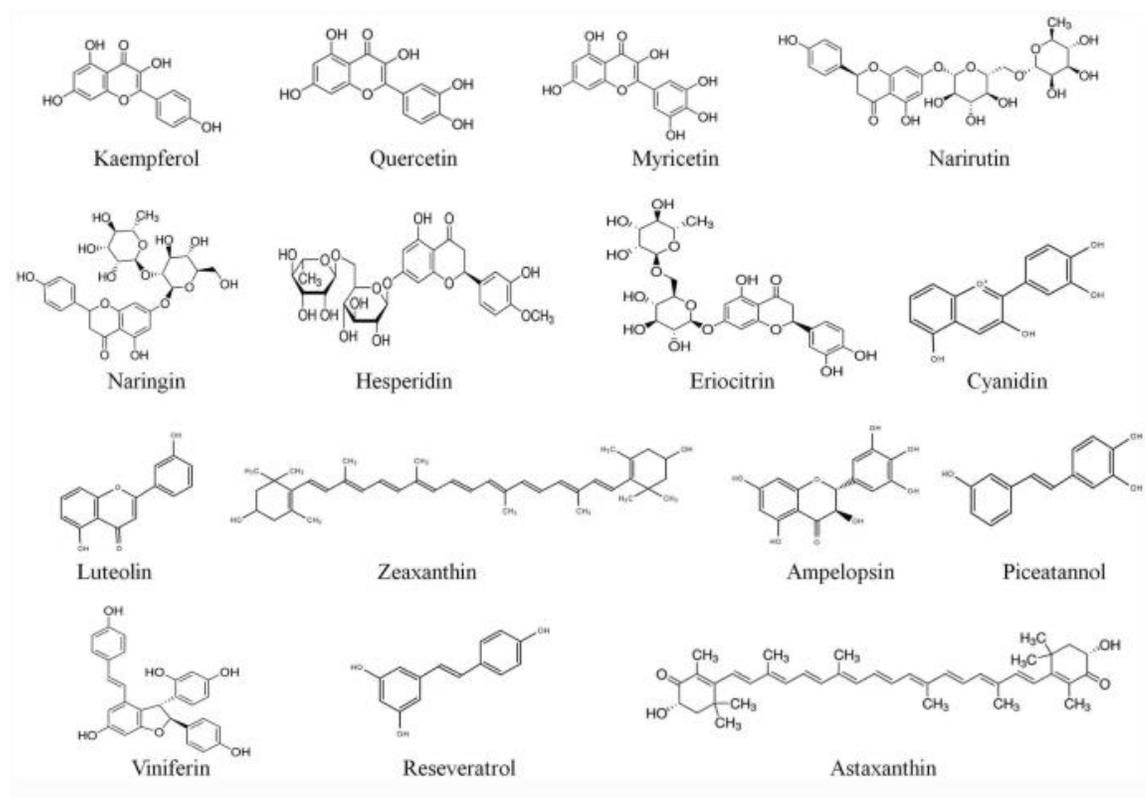
Por medio de las técnicas espectrofotométricas se evalúa la actividad antioxidante o capacidad antioxidante definida como el potencial de una sustancia para inhibir la degradación oxidativa y así evitar el daño en las biomoléculas, membranas celulares y tejidos (Londoño, 2011).

De esta manera, las sustancias antioxidantes se encargan de neutralizar y estabilizar por medio de la transferencia de átomos de hidrógeno o electrones a las especies reactivas del oxígeno y del nitrógeno, conocidas como radicales libres, que debido a su configuración electrónica presentan electrones desapareados o libre, concediéndoles gran reactividad frente a las moléculas presentes en las células (Londoño, 2011). En este sentido, a partir de la actividad antioxidante, se promueven actividades y espacios de socialización, en los cuales los estudiantes reconozcan los procesos de óxido-reducción, los mecanismos de acción que presentan los antioxidantes y los radicales libres por medio de su estructura química y a su vez predecir algunas propiedades o efectos adversos en el organismo.

5.7 Antioxidante

Los antioxidantes son sustancias naturales o artificiales que protegen a las células del estrés oxidativo causado por los radicales libres, presentando así la capacidad de neutralizar la tasa de reacciones oxidativas de diversos sustratos por medio de la transferencia de electrones y evitar efectos dañinos en el organismo, de esta manera impiden que otras biomoléculas reaccionen con las especies reactiva del oxígeno (Shahidi, 2015). En la mayoría de los casos la capacidad de los antioxidantes conlleva al sacrificio de su propia integridad molecular para evitar alteraciones en las moléculas, los lípidos, las proteínas y en el ADN, con la finalidad de proteger el sistema biológico (Cárdenas & González, 2005). A continuación, se muestran en la ilustración 3, las estructuras que presentan algunos antioxidantes naturales.

Ilustración 3. Estructura de los antioxidantes naturales. Tomado de Griech & Mohan, 2018.



Principalmente, los antioxidantes provienen de frutas y vegetales, algunos ejemplos de sustancias con actividad antioxidante son los betacarotenos, el licopeno y las vitaminas A, C y E. Por lo tanto, la ingesta de estos compuestos desempeñan una función primordial en la homeostasis y el balance del estrés oxidativo y a su vez se asocia con la prevención y el tratamiento del cáncer, enfermedades degenerativas, enfermedades cardiovasculares, entre otras (Festy, 2007).

Los antioxidantes presentan múltiples maneras de ser clasificados, como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Clasificación de los antioxidantes. Elaboración propia.

Clasificación de los antioxidantes		
Fuente de origen	Naturales	Se adquieren por medio de los alimentos, plantas u hongos, como los carotenoides y polifenoles.
	Sintéticos	Se producen en el laboratorio, como el butil-hidroxianisol (BHA) y el butil- hidroxitolueno (BHT).

Actividad enzimática (Álvarez, 2013)	Enzimáticos o endógenos	Fabricados por la propia célula, es decir, que se encuentran en nuestro organismo como la superóxido dismutasa y la glutatión peroxidasa.
	No enzimáticos o exógenos	Suministrados en el organismo a través de la dieta o de suplementos, destacando las vitaminas A, E y C.
Fisiología celular (Feduchi, Blasco, Romero, & Yáñez, 2010)	Primarios	Previene la formación de nuevas especies de radicales libres, de esta manera actúan detoxificando los radicales libres, convirtiéndolos en moléculas inocuas, como la catalasa.
	Secundarios	Son protectores no enzimáticos que intervienen cuando hay superproducción de radicales libres y los sistemas enzimáticos están desbordados, previniendo así las reacciones en cadena, como el glutatión y la vitamina E.
	Terciarios	Ejercen su defensa mediante la reparación de biomoléculas dañinas por los radicales libres, entre ellos se encuentran los sistemas proteolíticos intracelulares, que actúan degradando proteínas dañinas oxidativamente, se destacan las enzimas reparadoras del DNA y la metionina sulfóxido reductasa.
Localización (Campos, Ruffino, Majul, & Joison, 2010)	Intracelular	Dentro de las células, como superóxido dismutasa y catalasa.
	Membrana	Contenidos en las membranas, como la vitamina E y los betacarotenos.
	Extracelular	Están fuera de las células, como la ceruloplasmina y la albúmina.
Solubilidad (Mendoza & Fregoso, 2013)	Hidrosolubles	Reaccionan con los oxidantes en el citoplasma celular y el plasma sanguíneo.
	Liposolubles	Protegen las membranas celulares contra la peroxidación lipídica.
Mecanismos de acción (Guerra, 2009)	Preventivo	Previene la formación de especies reactivas muy nocivas, se encuentra conformado por diversas proteínas de núcleos coordinados o con capacidad de enlaces con metales, como la albúmina y la transferrina.
	Reparador	Reparan o eliminan biomoléculas lesionadas por especies reactivas de oxígeno (EROs), son constituidos por enzimas, como la glutatión y la peroxidasa.
	Secuestrador	Consiste en la eliminación del exceso de especies reactivas generadas en el organismo, como el proceso llevado a cabo por las enzimas como la superóxido dismutasa y la coenzima Q-10.

5.8 Radicales libres

De acuerdo con los estudios desarrollados por Gomberg y Paneth en el año 1929, se demostraron átomos desapareados en sus órbitas valencia en algunas de sus fases gaseosas haciendo referencia a los radicales trifenilmetilo y alquilo, que permitió para los años 50 establecer el concepto de radical libre como una especie química que posee en sus últimos orbitales uno o más electrones desapareados,

otorgándole una configuración especial que genera gran reactividad e inestabilidad con una vida media de milisegundos (Cabañas, 2017), provocando daño celular al interactuar con las principales biomoléculas presentes en el organismo.

Desde el punto de vista molecular, presentan estructuras birradicálicas, son pequeños, ubicuos y difusibles; se generan por diferentes vías entre las que se destacan la cadena respiratoria mitocondrial, la cadena de transporte de electrones a nivel microsomal y en los cloroplastos, y en las reacciones de oxidación, que facilitan lesión celular (oxidativo) al interactuar con las principales biomoléculas del organismo, o formarse espontáneamente si las condiciones del medio lo permiten (Guerra, 2009).

Desde el punto de vista médico, los radicales libres actúan como un veneno que con el tiempo que deterioran progresivamente los tejidos y alteran la capacidad de regeneración. Las situaciones que pueden generar la producción de radicales libres en el organismo son la respiración, la digestión, el tabaquismo, la exposición a los rayos solares o por agentes contaminantes. Cabe resaltar, que estas especies son esenciales para el sistema inmune, ayudando a combatir virus y bacterias; eliminando células viejas y defectuosas; y protegiendo de la toxicidad del alcohol (Cèline, 2010).

De acuerdo, con los radicales libres, estos se clasifican en la tabla 3.

Tabla 3. Clasificación de los radicales libres. Elaboración propia.

Clasificación de los radicales libres		
Átomo del cual provienen (Guerra, 2009)	Especies reactivas de oxígeno (EROs)	Se forman de manera natural, como subproducto del metabolismo normal del oxígeno y tienen un importante papel en la señalización celular, pueden ser: <ul style="list-style-type: none"> • Endógenos: producto de procesos celulares. • Exógenos: a causa del humo del cigarrillo, algunos componentes de la dieta (sales de hierro y de cobre y compuestos fenólicos), las radiaciones y la hiperoxia.
	Especies derivadas del nitrógeno (ERNs)	Se generan fundamentalmente en reacciones metabólicas en el citosol y como producto de la acción de enzimas localizadas en las membranas celulares endoteliales de los vasos sanguíneos.
Radicales libres del oxígeno (Venereo, 2002)	Radicales libres inorgánicos o primarios	Se originan por transferencia de electrones sobre el átomo de oxígeno, representan por tanto distintos estados en la reducción de este y presentan una vida media muy corta, como el anión superóxido, el radical hidroxilo y el óxido nítrico.
	Radicales libres orgánicos o secundarios.	Se originan por la transferencia de un electrón de un radical primario a un átomo de una molécula orgánica o por la

		reacción de dos radicales primarios entre sí. La vida media de estos radicales es un tanto más larga que los primarios.
	Intermediarios estables relacionados con los radicales libres del oxígeno	Se hace referencia a las especies químicas que sin ser radicales libres, son generadoras de estas sustancias o resultan de la reducción o metabolismo de ellas, como el oxígeno singlete y el peróxido de hidrógeno.

6 METODOLOGÍA

En cuanto a la perspectiva metodológica, se establecen los criterios para el desarrollo de esta investigación, que orientan la implementación de la secuencia de enseñanza-aprendizaje, conectando las dimensiones didácticas y disciplinares planteadas.

6.1 Tipo de investigación

El enfoque de la investigación es cualitativo, ya que por medio de la secuencia de enseñanza-aprendizaje, se interpretan los hábitos de estudio y los conocimientos previos que presentan los estudiantes con respecto a las temáticas familiarizadas con la espectrofotometría UV-Vis, esto con el propósito de identificar las habilidades metacognitivas antes y después de la intervención de las actividades propuestas en la secuencia.

El diseño es investigación-acción; esto con la finalidad de superar las dificultades que los estudiantes presentan al momento de asimilar nueva información proponiendo así actividades contextualizadas que mejoren las prácticas de estudio. Por consiguiente, se propone analizar y evaluar el impacto de una secuencia de enseñanza-aprendizaje, con respecto al desarrollo de las habilidades metacognitivas y frente al aprendizaje de la espectrofotometría y de la actividad antioxidante de los alimentos; a partir de observaciones, entrevistas, revisión de documentos y pruebas.

En este sentido, para conocer el impacto de las actividades propuestas en la secuencia de enseñanza-aprendizaje, se contrastará el pretest y el postest, para identificar el nivel alcanzado de las habilidades metacognitivas por los estudiantes.

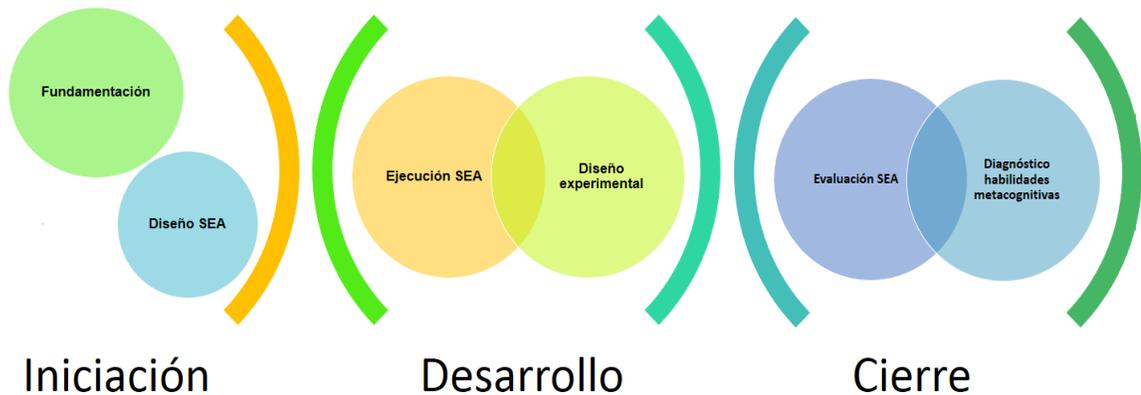
6.2 Muestra poblacional

La secuencia de enseñanza-aprendizaje, fue implementada en 10 estudiantes que se encontraban cursando grado décimo en el Instituto Guimarc, de los cuales 6 son mujeres y 4 hombres, que se encuentran en rango de edad entre los 14 y los 17 años.

6.3 Etapas metodológicas de la investigación

La presente investigación se desarrolló en la modalidad de aprendizaje virtual en 20 sesiones de 1 hora (c/u) y comprende las siguientes 3 etapas, indicadas en el la Ilustración 4, en.

Ilustración 4. Etapas metodológicas de la investigación



6.3.1 Etapa de iniciación

Esta etapa consta de dos componentes: la fundamentación conceptual y metodológica, y el diseño de la secuencia de enseñanza-aprendizaje junto con los instrumentos.

6.3.1.1 Fundamentación conceptual y metodológica

Esta primera etapa, se especializa en toda la fundamentación conceptual y metodológica del trabajo, por medio de una revisión especializada sobre los referentes conceptuales abordados. De esta manera, se seleccionó y analizó la información relevante en revistas, libros y trabajos de grados, para consolidar los antecedentes y el marco conceptual, a fin de establecer los objetivos y el planteamiento del problema.

6.3.1.2 Diseño de la secuencia de enseñanza-aprendizaje y los instrumentos

En cuanto, al diseño de la secuencia de enseñanza-aprendizaje, se tuvieron en cuenta las dificultades que presentan los estudiantes al momento de seleccionar, organizar y procesar la información (Cárdenas & González, 2005). Asimismo, las actividades se especializaron en el desarrollo de las habilidades metacognitivas, agrupando los componentes conceptuales de espectrofotometría UV-Vis y la actividad antioxidante de los alimentos.

Los instrumentos, se diseñaron tres pruebas: el test de las habilidades metacognitivas, empleado en esta investigación como pretest y postest (anexo 1); la prueba de conocimientos previos (anexo 2), relacionada con los conceptos de ondas, radiación y espectro electromagnético; y una prueba final que reúne los conceptos abordados en la prueba de conocimientos previos (anexo 7), junto con

los referentes de espectrofotometría UV-Vis y actividad antioxidante. Cabe resaltar que el proceso de validación para estos tres instrumentos, se verificó a partir del juicio de expertos.

6.3.2 Etapa de desarrollo

En este apartado se describen, todas las actividades implementadas de la secuencia de enseñanza-aprendizaje y el diseño experimental.

6.3.2.1 Test de habilidades metacognitivas (pretest)

El test de habilidades metacognitivas presenta la finalidad de identificar las capacidades que presentan los estudiantes, para emplear y regular sus propios procesos cognitivos; a partir de sus hábitos de estudios, las estrategias que emplean y la manera como se enfrentan a diferentes situaciones (anexo 1). Este instrumento, es una construcción propia, que contó con la validación por juicio de expertos, quienes realizaron los ajustes pertinentes con respecto a las categorías evaluadas y la aprobaron para la identificación de las habilidades metacognitivas.

Esta prueba, consiste en una escala tipo Likert, donde se establecen 20 enunciados relacionados con las habilidades metacognitivas, los primeros siete enunciados corresponden a la **planificación**, haciendo referencia a los planes de acción previos y al análisis de variables en el desarrollo de tareas; los siguientes siete enunciados se atribuyen al **autocontrol**, el cual es llevado a cabo durante el desarrollo de las actividades tomando decisiones sobre lo que sabe y para la comprensión de los contenidos; y los últimos seis enunciados se relacionan con la **autoevaluación**, estimando la efectividad de los conocimientos o si estos requieren ser modificados o estructurados.

6.3.2.2 Prueba de conocimientos previos

En esta prueba (anexo 2), se identifican para los conocimientos previos que presentan los estudiantes, sobre las temáticas de ondas, luz, propiedades de la luz, radiación y espectro electromagnético; para el aprendizaje de la espectrofotometría UV-Vis. Cabe resaltar que esta prueba fue validada por juicio de expertos, que aportaron a la consolidación de la prueba y la consideraron aceptable para identificar conceptos relacionados con la temática de espectrofotometría UV-Vis.

6.3.2.3 Intervención metacognitiva

En este apartado de la secuencia de enseñanza-aprendizaje, se contextualiza y aproxima a los estudiantes sobre la importancia de la metacognición haciendo énfasis en cuáles son sus objetivos, los beneficios en los procesos formativos y los hábitos de estudio que pueden emplear para el aprendizaje. Asimismo, se les motiva

a los estudiantes a apropiarse y emplear las habilidades metacognitivas: planificación, autocontrol y autoevaluación (Rosales & Jaimes, 2015).

6.3.2.4 Taller “Más allá de lo visible”

El taller titulado, más allá de lo visible (anexo 3) presenta dos propósitos, inicialmente acercar a los estudiantes al concepto de espectro electromagnético, a partir de situaciones y fenómenos cotidianos; y a su vez fomentar y fortalecer la comprensión lectora y la construcción de mapas conceptuales o esquemas que organicen la información, por medio de la comprensión de una lectura que fue tomada y adaptada.

Acerca de la espectrofotometría UV-Vis, este componente conceptual presenta correspondencia con temáticas del área de la física como lo son las ondas, la radiación y el espectro electromagnético; los cuales son conceptos base en esta temática. No obstante, al ser temas desconocidos por parte de los estudiantes son abordados en este taller para ser profundizados, desarrollados y aprendidos a través de intervenciones conceptuales inmersas en la secuencia de enseñanza-aprendizaje.

Cabe resaltar que se han seleccionado a los estudiantes de grado décimo para abordar y relacionar la espectrofotometría con las temáticas de reacciones químicas de óxido-reducción y concentraciones, las cuales desde el currículo son afines con los análisis cuantitativos de las sustancias en la determinación de los analitos presente en una muestra problema. Asimismo, son referenciados los siguientes estándares como aquellos criterios que el estudiante debe saber y saber hacer, teniendo en cuenta las finalidades de esta investigación (Ministerio de educación Nacional República de Colombia, 2003):

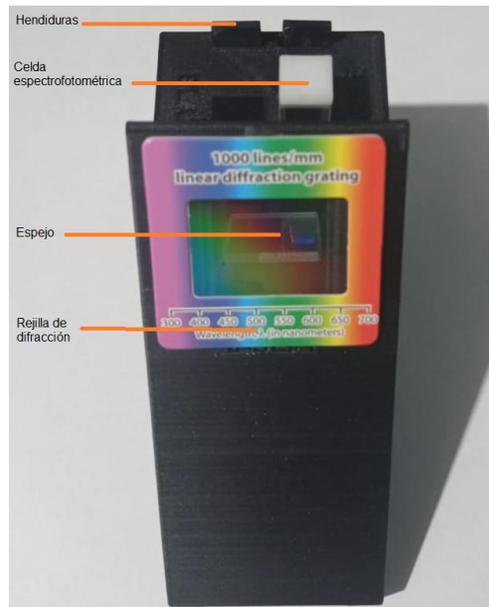
- Realizo cálculos cuantitativos en cambios químicos.
- Explico algunos cambios químicos que ocurren en el ser humano.
- Observo y formulo preguntas específicas sobre aplicaciones de teorías científicas.
- Registro mis observaciones y resultados utilizando esquemas, gráficos y tablas.
- Propongo y sustento respuestas a mis preguntas y las comparo con las de otros y con las de teorías científicas.

6.3.2.5 Construcción del espectrofotómetro

De acuerdo con los antecedentes consultados (Grasse, Torcasio, & Smith, 2016), se procede con la construcción y calibración del espectrofotómetro (anexo 4) como una alternativa accesible y apropiada, hacia el estudio de la espectrofotometría UV-Vis, que permita la cuantificación de diferentes analitos, en este caso la capacidad

antioxidante de los alimentos (ilustración 5). En cuanto a esta actividad el aparato fue construido por el docente en presencia de los estudiantes de forma virtual.

Ilustración 5. Espectrofotómetro



6.3.2.6 Determinación de la actividad antioxidante

En lo referente con la determinación de la actividad antioxidante de los alimentos (anexo 5), se emplea el método DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidracilo), el cual es un radical libre que tiene la capacidad de reaccionar con sustancias antioxidantes, por medio del mecanismo de óxido-reducción, es decir, de transferencia electrónica, para su estabilización (Guija, Inocente, Ponce, & Zarzosa, 2015). Asimismo, se integra a esta actividad la construcción del espectrofotómetro para conocer el funcionamiento del instrumento en función de la actividad antioxidante. De igual forma, es una actividad realizada únicamente por el docente y evidenciada por los estudiantes.

6.3.2.7 Laboratorio de actividad antioxidante

La práctica experimental sobre actividad antioxidante (anexo 6), presenta la finalidad de involucrar a los estudiantes con el trabajo práctico de laboratorio como una herramienta para abordar situaciones problema, como lo es el efecto oxidativo de los radicales libres y los daños que causan en las biomoléculas, es por esto que se relaciona con el pardeamiento enzimático que ocurren en los alimentos al reaccionar con el oxígeno. En conjunto, se implementa la UVE de Gowin, como un instrumento para promover las habilidades metacognitivas y en la construcción del

conocimiento a partir de la interpretación, organización, relación y el análisis de la información.

6.3.3 Etapa de cierre

Esta última fase, se enfoca en el análisis de los datos obtenidos a partir de la implementación de la secuencia de enseñanza-aprendizaje, por medio de los instrumentos, actividades y pruebas; para los cuales se consolidaron criterios de evaluación que permitan relacionar a los estudiantes en categorías: avanzado, intermedio e inicial.

6.3.3.1 Evaluación de la secuencia de enseñanza-aprendizaje

En esta etapa, son evaluados los componentes conceptuales (anexo 7): la espectrofotometría UV-Vis y las implicaciones que presenta en la actividad antioxidante; y su vez la efectividad de las actividades abordadas en la secuencia de enseñanza-aprendizaje.

6.3.3.2 Test de habilidades metacognitivas (postest)

Finalmente, a partir de la prueba postest se identifica el nivel de las habilidades metacognitivas alcanzadas por los estudiantes, en contraste con la prueba pretest.

7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

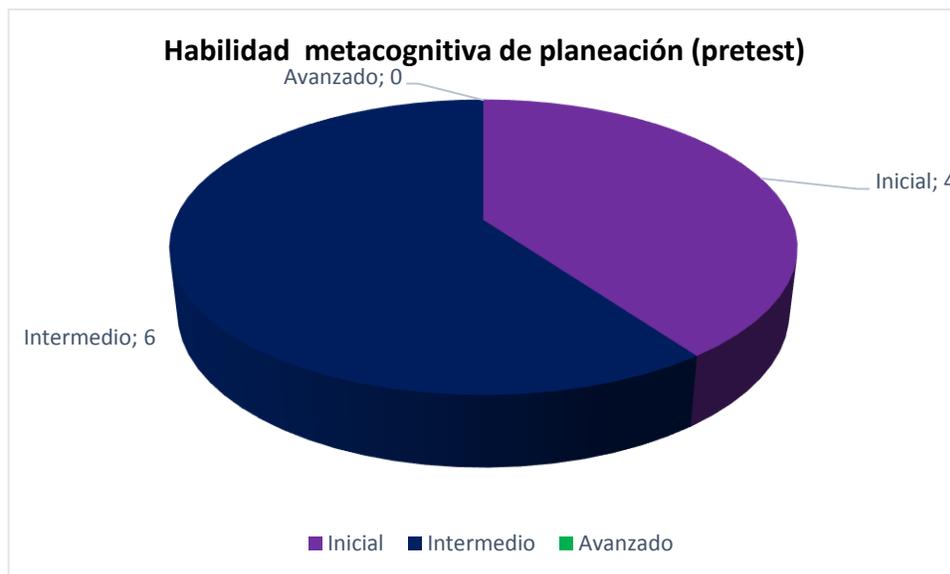
Con el propósito de promover el desarrollo de las habilidades metacognitivas y los componentes conceptuales de espectrofotometría UV-Vis y la actividad antioxidante de los alimentos, se analizan a partir de los datos recolectados, la efectividad de la secuencia de enseñanza-aprendizaje y en sincronía con el trabajo práctico de laboratorio.

Por otra parte, el desarrollo de las habilidades metacognitivas fue evaluado al comienzo y al final, por medio de la intervención de la secuencia de enseñanza-aprendizaje y de las actividades especializadas en espectrofotometría UV-Vis y la actividad antioxidante de los alimentos.

7.1 Test de habilidades metacognitivas (pretest)

Este pretest (anexo 1) tiene la intencionalidad de diagnosticar en un primer momento las habilidades metacognitivas que presentan los estudiantes, por medio de sus formas de pensamiento, estrategias de aprendizaje, los hábitos de estudio y el autoconocimiento de su estructura cognoscitiva. A continuación, se mencionan los datos obtenidos por medio de la prueba tipo Likert (anexo 8), en la gráfica 1, se indican las respuestas obtenidas, para la habilidad de planificación.

Gráfica 1. Frecuencia de respuestas habilidad metacognitiva de planificación (pretest).



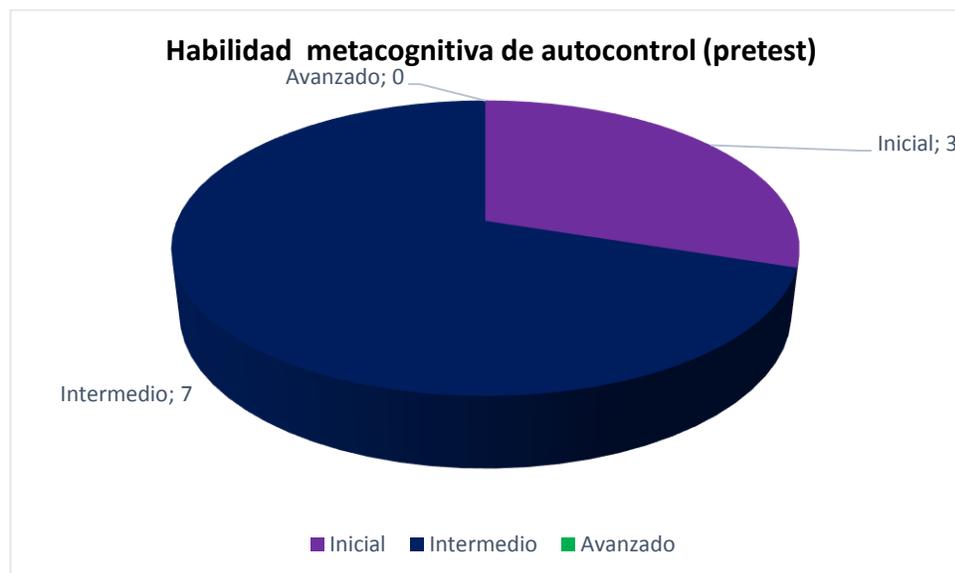
Con respecto a la habilidad metacognitiva de planificación se establece que 6 estudiantes se encuentran en un nivel intermedio y 4 en un nivel inicial,

evidenciándose la escasa preparación, cuestionamiento e interés que presentan los estudiantes cuando se enfrentan a actividades. Esto se debe en parte, a que los estudiantes están acostumbrados a hacer únicamente las actividades que son asignadas por el docente y en seguir instrucciones, pasando desapercibidos algunos aspectos que puede evaluarse en una situación problema, los cuales pueden ser favorables en los procesos formativos; es así que se manifiesta una dependencia durante las directrices indicadas por el docente.

De acuerdo con la contextualización sobre metacognición en la etapa de **intervención metacognitiva** de la secuencia de enseñanza-aprendizaje, donde se socializo el test de habilidades metacognitivas, algunos de los estudiantes manifestaron presentar inseguridad y confusión frente a la toma de decisiones para llevar a cabo planes de acción, que le permitan plantear diferentes alternativas para solucionar un problema.

En consideración a ello, estudios en metacognición han manifestado que las dificultades con respecto a la planificación se encuentran condicionadas en la capacidad para organizar una actividad, ser conscientes de la preparación previa y de los elementos que promueven su ejecución. Asimismo, se requiere de estrategias metacognitivas como: recordar, comprender, aplicar, analizar, reflexionar, evaluar y crear; que anticipen y motiven a los estudiantes a diseñar planes de acción ante la ejecución de actividades y a su procesos de aprendizaje (Jasso, 2014)

Gráfica 2. Frecuencia de respuestas habilidad metacognitiva de autocontrol (pretest).



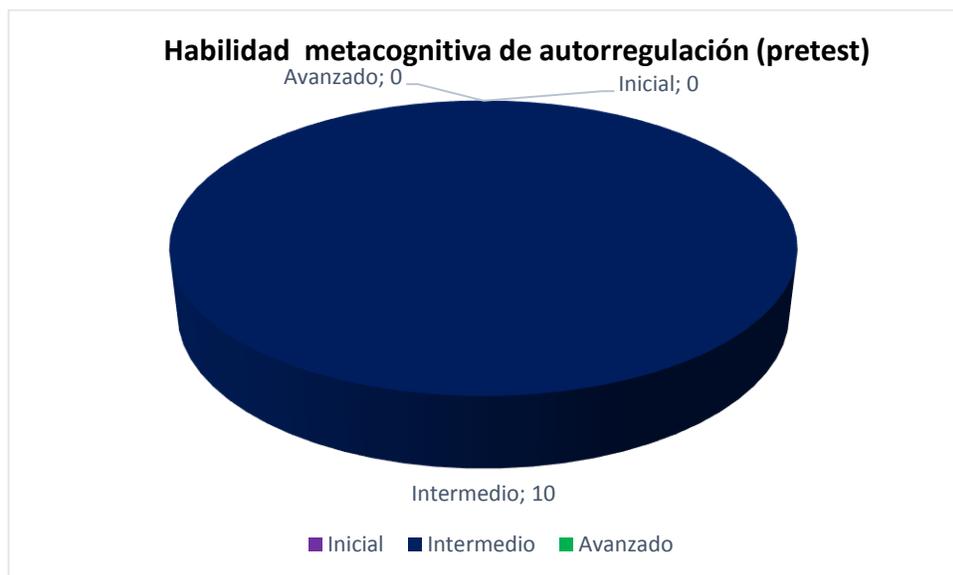
Para la habilidad metacognitiva de autocontrol (gráfica 2), se muestra que 7 estudiantes están en un nivel intermedio y 3 de ellos es un nivel inicial,

evidenciándose el mediano seguimiento que los estudiantes presentan frente a sus procesos cognitivos con relación al aprendizaje, debido a que les resulta complejo ser conscientes o en algunos casos desconocen que pueden llegar a controlar sus actividades cognitivas e identificar las dificultades de aprendizaje y pensamiento.

De esta manera, se infiere que los estudiantes se encuentran condicionados a ejecutar operaciones mentales de forma memorística pasando desapercibidas las estrategias metacognitivas que puede emplear para organizar, integrar y analizar nueva información y así lograr una adecuada comprensión.

En conformidad con lo planteado se hace referencia a que las dificultades de autocontrol, radican en la falta de conciencia y reflexión sobre los conocimientos que se tienen (Allueva, 2002). Por consiguiente, es importante promover actividades en las cuales los estudiantes se cuestionen sobre lo que saben y sobre lo que necesitan saber cuándo aprenden determinada temática o analizan una situación problema, que eviten la consolidación de concepciones erróneas y generen procesos de aprendizaje significativos; a partir de la integración de las estrategias metacognitivas en función de lo que se desea lograr.

Gráfica 3. Frecuencia de respuestas habilidad metacognitiva de autoevaluación (pretest).



En cuanto la habilidad metacognitiva de autoevaluación (gráfica 3), se evidencia que los 10 estudiantes se encuentran en un nivel intermedio, manifestándose la importancia de relacionar y emplear los contenidos aprendidos a otros contextos, y sentir satisfacción cuando se han adquirido nuevos conocimientos. No obstante, se infiere que es nulo el proceso de autoevaluación en el aprendizaje, en este sentido son desapercibidas las fortalezas y debilidades; lo que impide la necesidad de

generar cambios que promuevan la efectividad de los conocimientos adquiridos y de integrar estrategias metacognitivas.

Investigaciones en metacognición, indican que las actividades de autoevaluación son suprimidas por los estudiantes, debido a que ellos no detectan las dificultades que presentan en los procesos de aprendizaje, evitando así que se cuestione si se necesita saber más o si se domina a totalidad el tema, lo cual poder ser evidenciable en el bajo rendimiento académico (Cano, 2014)

7.2 Prueba de conocimientos previos

Con el propósito de enseñar la espectrofotometría UV-Vis, se desarrolló una prueba para conocer las concepciones previas (anexo 2), que presentan los estudiantes con respecto a los siguientes referentes: ondas, luz, radiación y espectro electromagnético, que se encuentran inmersos en la temática principal. De esta manera, las respuestas de los estudiantes (anexo 9), han sido clasificadas en correspondencia con los siguientes criterios de evaluación asociados a las competencias lingüísticas, como se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. Criterios y niveles en la prueba de conocimientos previos.

Prueba de conocimientos			
	Nivel 1 Avanzado	Nivel 2 Intermedio	Nivel 3 Inicial
Criterios	Argumenta sus respuestas desde una perspectiva científica y de manera coherente.	Expresa sus ideas de manera congruente fundamentándose en sus experiencias cotidianas.	Justifica sus respuestas incoherentemente y/o incompletas.
Pregunta	Represente lo que para usted es una onda y explique brevemente en qué consiste.		
N° de estudiantes	1	4	5
Respuesta	<i>“Para mí una onda es una vibración la cual es causada por el movimiento ondulatorio”</i>	<i>“Es un movimiento repetitivo en forma de curvas que aumenta o disminuye de acuerdo a las características que presente”</i>	<i>“Una onda sonora y que cada vez que cada vez que la música aumenta el volumen, la onda es más movida”</i>
Pregunta	Expliqué cómo se produce el fenómeno óptico del arcoíris, indicando su relación con la luz y el color.		
N° de estudiantes	1	6	3
Respuesta	<i>“Se produce cuando está lloviendo y luego hace sol, se refleja por medio de las gotas, actuando como un prisma”</i>	<i>“Se produce cuando está lloviendo con pleno sol y el sol se refleja por medio de las gotas”</i>	<i>“Un arcoíris surge cuando llueve y sale el sol, al encontrarse estos dos elementos producen colores de forma de arco”</i>
Pregunta	¿Qué entiende por radiación?		
N° de estudiantes	0	0	6

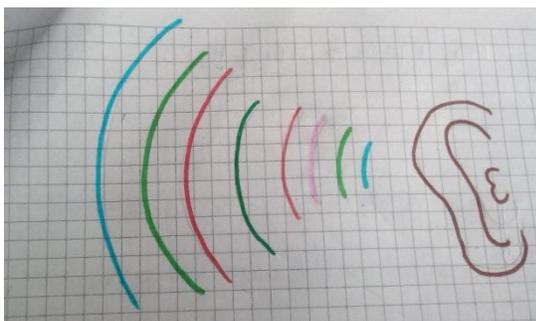
Respuesta	No aplica	No aplica	“Es lo que se obtiene de un componente fuerte, un ejemplo la radiación que se obtiene en las plantas nucleares”
Afirmación	Explique con sus palabras que infiere en la imagen (espectro electromagnético)		
N° de estudiantes	0	0	10
Respuesta	No aplica	No aplica	“Se refiere a la temperatura que cambia con el color por ejemplo azul es frío y rojo ya sería caliente. También, puedo apreciar que se explican cómo van las ondas o si más largas o más angostas, también entiendo, cómo las diferentes cosas que tienen radiación”

Con respecto, al primer numeral, que hace referencia a la naturaleza de las ondas, 1 estudiante se encuentra en el nivel avanzado, 4 en el nivel intermedio y 5 en el nivel inicial; evidenciándose que muchos de ellos no están familiarizados con esta temática y conciben las ondas como entidades materiales y no como una forma de energía, tal como se muestra a continuación:

- Inicial: “Una onda es un objeto que tiene movimiento en círculos, los cuales forman una serie de ondas como un remolino”.

Por otro lado, se presenta claridad en cuanto al movimiento ondulatorio que describe el comportamiento de las ondas y las implicaciones que estas presentan en la vida cotidiana como lo son los equipos eléctricos y el sonido, lo cual se evidencia en la siguiente respuesta (ilustración 6).

Ilustración 6. Representación del movimiento ondulatorio de una onda.



- Avanzado: “Para mí una onda es una vibración la cual es causada por el movimiento ondulatorio”.

Asimismo, las concepciones erróneas sobre la temática de ondas, se deben a la dificultad para comprender cómo se propagan las ondas, su relación con la energía y con los mecanismos físicos (Welti, 2002).

En cuanto, al segundo numeral, relacionado con el fenómeno del arcoíris, 1 estudiante se ubica en el nivel avanzado, 6 estudiantes se ubican en un nivel intermedio y 3 en el nivel inicial; describiendo este proceso desde una perspectiva meteorológica como el simple hecho de unión entre la lluvia y el sol, omitiendo así los procesos ópticos que hacen referencia a los fenómenos de reflexión y refracción; y la composición de la luz que al pasar a través de las gotas de lluvia, estas actúan como un prisma descomponiéndose en todos los colores del espectro visible. Por ejemplo, se encuentran las siguientes respuestas en los niveles:

- Avanzado: “Se produce cuando está lloviendo y luego hace sol, se refleja por medio de las gotas, actuando como un prisma”.
- Intermedio: “Se conforma con un cambio climático entre el agua (lluvia) y el sol”.

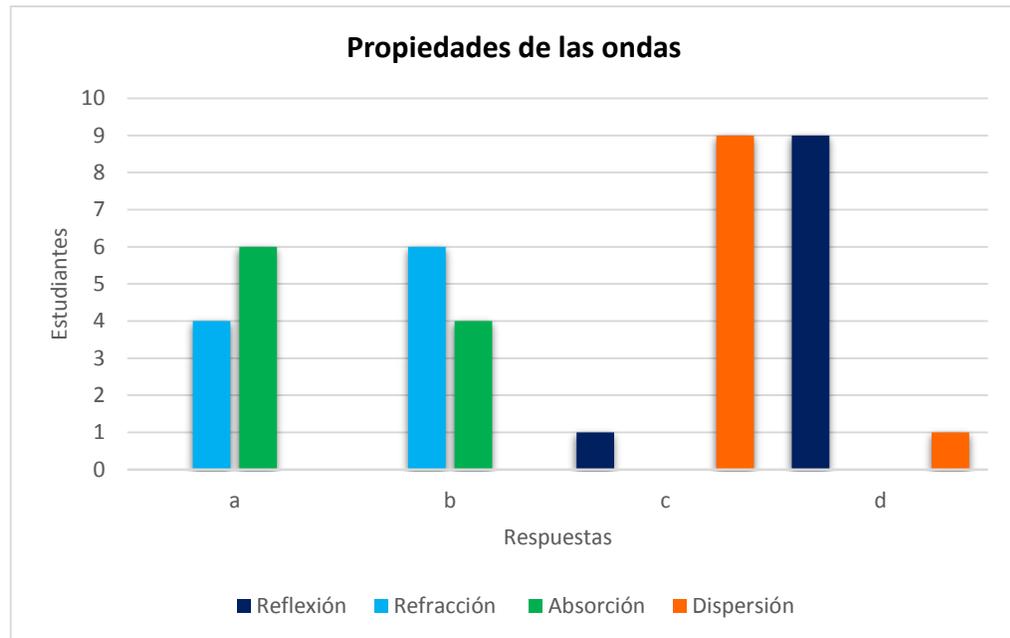
En el numeral 3, que indaga sobre la radiación; los 10 estudiantes son situados en el nivel inicial, reflejándose desacierto hacia esta temática, al asociarla con las nociones de toxicidad, afecciones, voltaje, mutaciones, plantas nucleares y el sol; que de cierta manera se relacionan, pero desde una perspectiva científica no hay claridad en las interpretaciones como un proceso de emisión de rayos, partículas u ondas electromagnéticas, tal es el caso de la siguiente respuesta:

- Inicial: “Es lo que se obtiene de un componente fuerte, un ejemplo la radiación que se obtiene de las plantas nucleares”.

De acuerdo, con las investigaciones realizadas a 1365 estudiantes, se concluye que las dificultades de enseñanza-aprendizaje sobre la radiación, se deben a que esta es una temática abstracta, que no se puede percibir a través de los sentidos y que es considerada como un proceso artificial que puede ser generada por el hombre o a partir de partículas radioactivas (Boyes & Stanisstreet, 2012).

En la pregunta 4, sobre los fenómenos que presentan las ondas con su respectiva propiedad, se encontraron los siguientes resultados (gráfica 4).

Gráfica 4. Respuestas sobre las propiedades de las ondas.



En cuanto a las propiedades de las ondas, se evidencia que 9 estudiantes reconocen los fenómenos de dispersión y reflexión; mientras que, para los procesos de refracción y absorción, 4 estudiantes se tienden a confundir; debido al desconocimiento que presentan sobre la temática de ondas. No obstante, a partir del contexto y las representaciones 6 estudiantes dedujeron con acierto estas propiedades.

Finalmente, para el numeral 5, que tenía la finalidad de que los estudiantes reconocieran el espectro electromagnético y relacionarían entre sí las radiaciones con las longitudes de onda y la frecuencia, se muestra que los 10 estudiantes se encuentran en el nivel inicial, manifestando total desconocimiento por el espectro electromagnético, y poca capacidad de análisis para relacionar las variables de longitud de onda y frecuencia mostradas en la imagen. Así como se indica en la siguiente respuesta:

- Inicial: “Son los diferentes tipos de radiaciones según del tipo de donde provengan, cómo se utilizan y detectan”.

En esta pregunta, se evidencia nuevamente el desconocimiento de los estudiantes por temáticas de carácter abstracto como lo son la radiación y el espectro electromagnético, y la poca relación frente a los fenómenos ópticos y las ondas.

7.3 Taller “Más allá de lo visible”

El taller “Más allá de lo visible” (anexo 3) presenta correspondencia con la prueba de conocimientos previos anteriormente analizada, debido a las dificultades detectadas y al desconocimiento en las temáticas de ondas, radiación y espectro electromagnético. Cabe resaltar que, para esta actividad basada en la comprensión de lectura, se les indicó a los estudiantes que contestarán teniendo en cuenta las habilidades metacognitivas de autocontrol y autoevaluación; contextualizadas y abordadas en la intervención metacognitiva, descrita en la fase de desarrollo. En la tabla 5, se muestran los criterios y niveles en los cuales se categorizaron las respuestas de los estudiantes (anexo 10).

Tabla 5. Criterios y niveles del taller “Más allá de lo visible”

Prueba de conocimientos			
	Nivel 1 Avanzado	Nivel 2 Intermedio	Nivel 3 Inicial
Criterios	Argumenta sus respuestas congruentemente, apropiándose de lo comprendido.	Responde empleando las mismas palabras de la lectura.	Justifica sus respuestas incoherentemente y/o incompletas.
Pregunta	¿Qué naturaleza presenta la luz?		
N° de estudiantes	7	3	0
Respuesta	<i>“La luz es una energía radiante que tiene naturaleza dual, ya que se comporta como onda o como partícula”</i>	<i>“La luz esta es una forma de radiación electromagnética, conocida como energía radiante”</i>	No aplica
Pregunta	¿Qué relación presenta el sentido de la vista con el espectro visible?		
N° de estudiantes	7	0	3
Respuesta	<i>“El espectro visible es capaz de excitar la retina observando todos los colores, ya que para poder percibir otros tipos de radiación se necesitan aparatos sofisticados”</i>	No aplica	<i>“El sentido de la vista nos ayuda a percibir al espectro visible los colores o hasta sus temperaturas ya desde los 380 nm y los 700 nm”</i>
Pregunta	¿Qué comportamiento presentan las ondas electromagnéticas?		
N° de estudiantes	8	2	0
Respuesta	<i>“Las ondas electromagnéticas se propagan a través del espacio a la misma velocidad, sin necesidad de un medio, mostrando diferentes longitudes de ondas y frecuencias”</i>	<i>“Viajan a la misma velocidad en el vacío de 300000 km/s, pero presentan diferentes longitud y diferentes frecuencias”</i>	No aplica
Afirmación	Explique ¿qué es el espectro electromagnético?		

N° de estudiantes	9	0	1
Respuesta	“El espectro electromagnético integra todos los tipos de radiación, ionizante y no ionizante, teniendo en cuenta las longitudes de onda y las frecuencias”	No aplica	“Electromagnético”
Afirmación	¿Las radiaciones pueden ser perjudiciales para nuestra salud?		
N° de estudiantes	7	3	0
Respuesta	“Las radiaciones ionizantes pueden poner en riesgo la salud humana, debido a que estas causan alteraciones en el ADN”	“Cuando superan determinados niveles las radiaciones pueden tener efectos en la salud”	No aplica
Afirmación	Realice un mapa conceptual o mapa conceptual sobre el espectro electromagnético.		
Criterios	Representa y organiza la información de forma coherente, teniendo en cuenta los niveles jerárquicos de los contenidos.	Representa y organiza la información de forma coherente, sin tener en cuenta los niveles jerárquicos de los contenidos.	Representa la información, sin tener en cuenta la organización, ni los niveles jerárquicos de los contenidos.
N° de estudiantes	3	6	1

En el numeral 1, que indaga sobre la naturaleza de la luz; se obtuvo que 7 estudiantes se encuentran en el nivel avanzado y 3 en el nivel intermedio, destacándose que la mayoría de ellos realizaron la lectura conscientemente y contestaron las preguntas con respecto a su interpretación. Asimismo, para describir la naturaleza de la luz, esta fue caracterizada desde los criterios de energía, materia y por medio de los sentidos. Lo mencionado anteriormente se sustenta en la siguiente respuesta:

- Avanzado: “La luz es una energía radiante que tiene naturaleza dual, ya que se comporta como onda o como partícula”.

En lo referente al numeral 2, correspondiente a la relación que presenta el sentido de la vista con el espectro visible; 7 estudiantes son ubicados en el nivel avanzado y 3 en el nivel inicial. En esta pregunta, se infiere que los estudiantes son conscientes de los diferentes tipos de radiación que existen y que la única que se puede percibir a través de la vista es la región del espectro visible, para las demás se tienen que emplear instrumentos especializados. Por otra parte, se presenta confusión al indicar que la temperatura se puede ver, siendo esta una medida de la intensidad de calor, como se evidencia en la siguiente opinión:

- Inicial: “El sentido de la vista nos ayuda a percibir al espectro visible, los colores o hasta sus temperaturas ya desde los 380 nm y los 700 nm”

Con respecto al numeral 3, sobre el comportamiento que presentan las ondas; 8 estudiantes se encuentran en el nivel avanzado y 2 en el nivel inicial, se identifica

que los estudiantes se encuentran familiarizados con la temática de ondas, más específicamente las ondas electromagnéticas, comprendiendo su forma de propagación y relacionando a estas variables de velocidad, longitud de onda y frecuencia; esto se identifica en la respuesta:

- Avanzado: “Las ondas electromagnéticas se propagan a través del espacio a la misma velocidad, sin necesidad de un medio, mostrando diferentes longitudes de ondas y frecuencias”.

Para la pregunta 4, la cual se encontraba implícita en la lectura y que hace referencia a la comprensión del espectro electromagnético; se muestra que 9 estudiantes se encuentran en el nivel avanzado y 1 estudiante en el nivel inicial, De acuerdo, con las respuestas indicadas, se establece que la mayoría de los estudiantes presenta claridad frente a este eje conceptual, relacionándolo con los diferentes tipos de radiación, las ondas, frecuencias y longitudes de onda; como se evidencia en la siguiente respuesta:

- “El espectro electromagnético integra todos los tipos de radiación, ionizante y no ionizante, teniendo en cuenta las longitudes de onda y las frecuencias”.

En la pregunta 5, enfocada en las implicaciones que presenta la radiación en la salud; 7 estudiantes se encuentran en el nivel avanzado y 3 en el nivel intermedio, se evidencia claridad en identificar los efectos adversos y los mecanismos en los cuales la radiación ionizante genera efectos adversos en la salud. En cuanto al nivel intermedio, se evidencia que los estudiantes conocen el impacto de las radiaciones, no obstante, no discriminan la diferencia entre radiación ionizante y no ionizante, como, por ejemplo:

- Intermedio: “Cuando superan determinados niveles las radiaciones pueden tener efectos en la salud”.

En última instancia, para el numeral 6, referente a la representación de mapas conceptuales o mapas mentales; 3 estudiantes se encuentran en el nivel avanzado, 6 estudiantes en el nivel intermedio y 1 estudiante en el nivel inicial, se observa que algunos de los estudiantes presentan dificultad en seleccionar, sintetizar, organizar y jerarquizar la información (anexo 10).

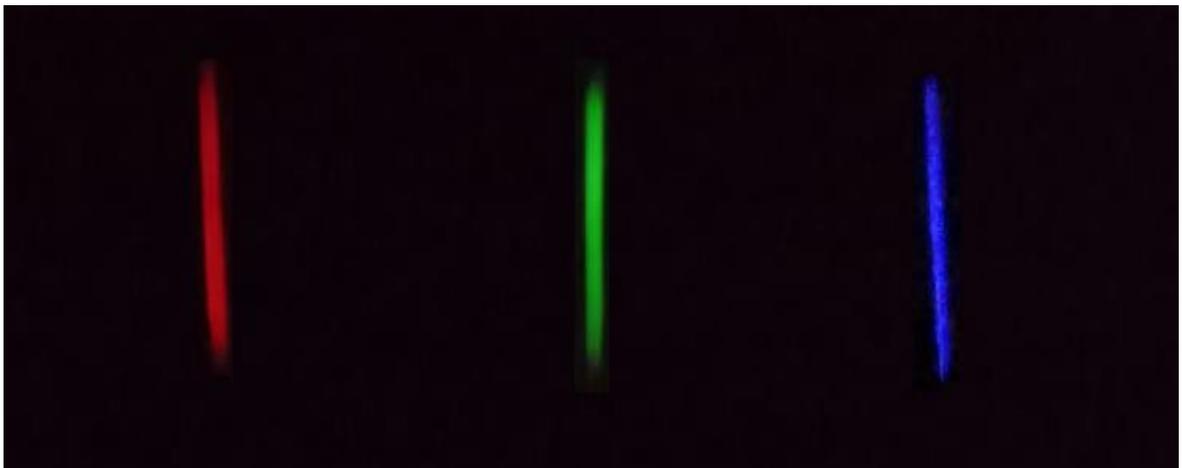
Para la habilidad de autocontrol, se considera pertinente emplear estrategias metacognitivas, como lo son los mapas mentales y los mapas conceptuales para organizar y jerarquizar la información. Asimismo, es una herramienta que el docente puede emplear como diagnóstico para indagar los conocimientos de los estudiantes y la manera como se encuentran enlazados en las estructuras cognitivas, la constituyen los mapas conceptuales (Novak J. , 1998), que permiten la comprensión de los conceptos y la incorporación de la nueva información. Enseñar a los estudiantes la construcción de mapas conceptuales da oportunidad de fomentar la reflexión sobre la naturaleza del conocimiento y del aprendizaje que los aproximen a concepciones válidas (Parolo, Barbieri, & Chrobak, 2002).

Cabe resaltar, que los estudiantes que manifestaron tener insatisfacción en cuanto a la profundidad de la lectura o querían abordar las temáticas desde otras dimensiones, por iniciativa consultaron otras fuentes y las relacionaron con lo indicado en la lectura. De acuerdo, con el estudio de González y Escudero (2007), indican que la metacognición y en especial la habilidad de autoevaluación, promueven en los estudiantes la autonomía, con el propósito de que ellos adquieran responsabilidades en cuanto a la construcción de sus aprendizajes y aumentan la confianza en sus capacidades.

7.4 Calibración del espectrofotómetro

En cuanto a la calibración del equipo construido, esta actividad fue desarrollada y explicada a los estudiantes, con el propósito que comprendieran la importancia de la calibración, las partes y las funciones del espectrofotómetro. Por otra parte, para este proceso se empleó el programa ImageJ, que tiene la finalidad de traducir los píxeles de las imágenes en distancias. En este sentido, son analizados los espectros de los diodos LED (ilustración 7), para aproximarse a la longitud de onda de máxima absorción de los espectros rojo, verde y azul.

Ilustración 7. Fotografía de los espectros rojo, verde y azul.



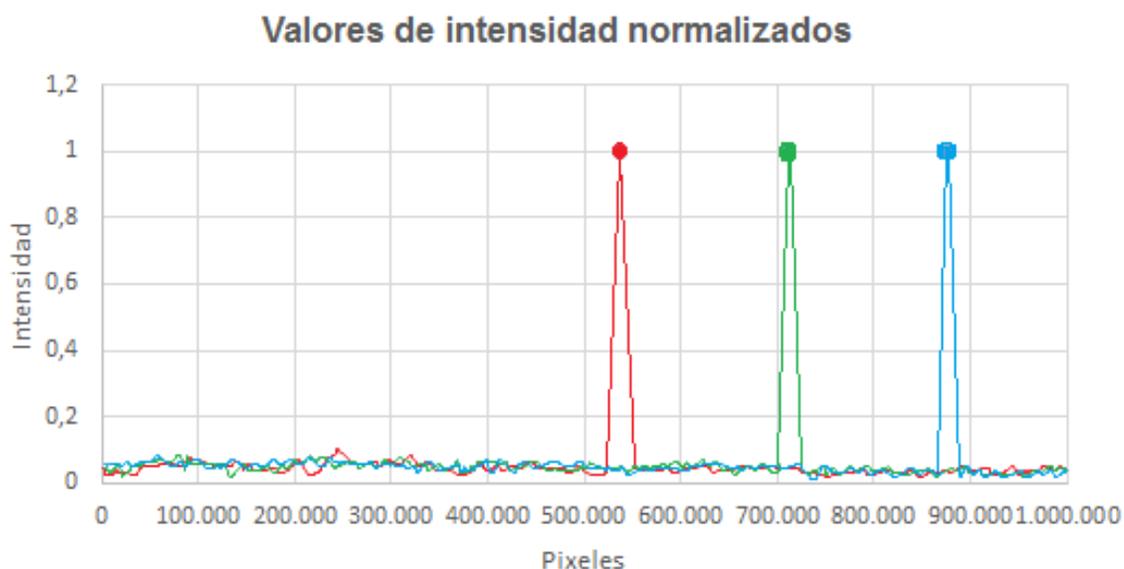
Cabe resaltar, que para el proceso de calibrado se tomaron tres imágenes para cada uno de los diodos LED empleados y al ser analizados por el programa ImageJ no se identificaron cambios significativos en las gráficas de intensidad de luz para los diodos LED del mismo color, siempre y cuando se analicen en la misma proporción. A continuación, se indican los valores máximos de intensidad para cada diodo LED (tabla 6).

Tabla 6. Valores de máxima intensidad de la luz para cada espectro.

Diodo LED	Intensidad
Rojo	536316
Verde	710833
Azul	875111

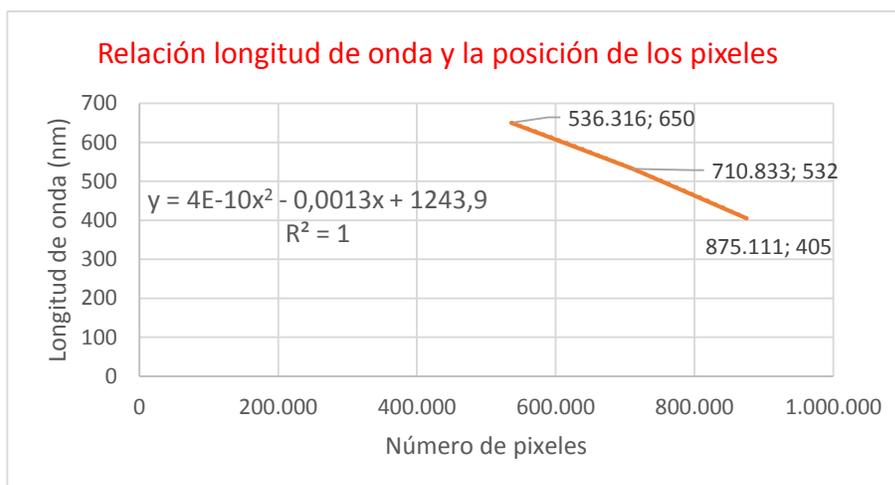
Posteriormente, todos los valores de intensidad de los diodos LED reportados por el programa fueron normalizados, para ello se dividieron los valores de intensidad entre el mayor valor de intensidad del correspondiente diodo LED, como se indica en la gráfica 5.

Gráfica 5. Valores normalizados de intensidad para los diodos LED rojo, verde y azul.



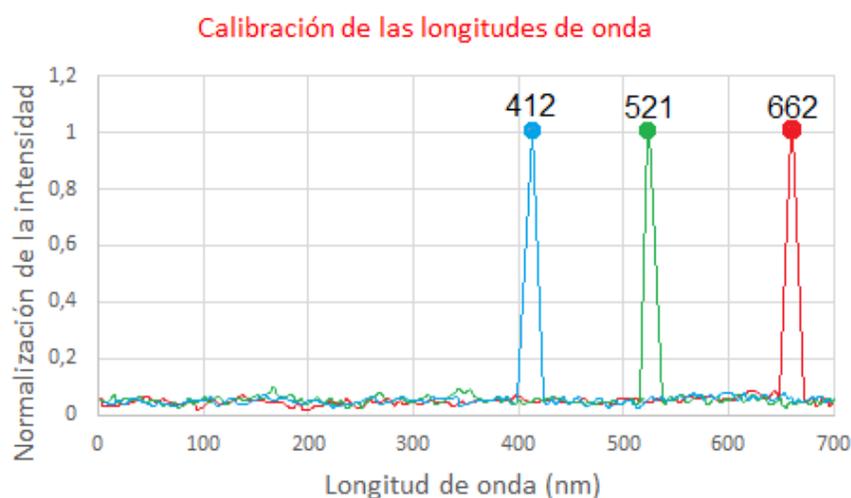
Los valores del píxel de máxima intensidad para cada diodo LED, se relacionaron con la longitud de onda máxima teórica para los espectros rojo, verde y azul, como se muestra en el gráfico 6.

Gráfica 6. Relación entre la posición de los píxeles y la longitud de onda.



Los ajustes correspondientes a las longitudes de onda de los espectros rojo, verde y azul, se calcularon por medio de la línea de tendencia polinomial, con el propósito de agregar predicciones adicionales, al elevar cada una de las variables originales a una potencia, es decir, empleando así dos variables como predictores. En este sentido, se adecua el sistema, para conocer por medio de la ecuación cuadrática los valores de longitud de onda para cada espectro con respecto a los valores de máxima intensidad, como se indica en la gráfica 7. De esta forma, se garantiza que las mediciones de longitudes de onda por el espectrofotómetro y el programa ImageJ, sean adecuadas.

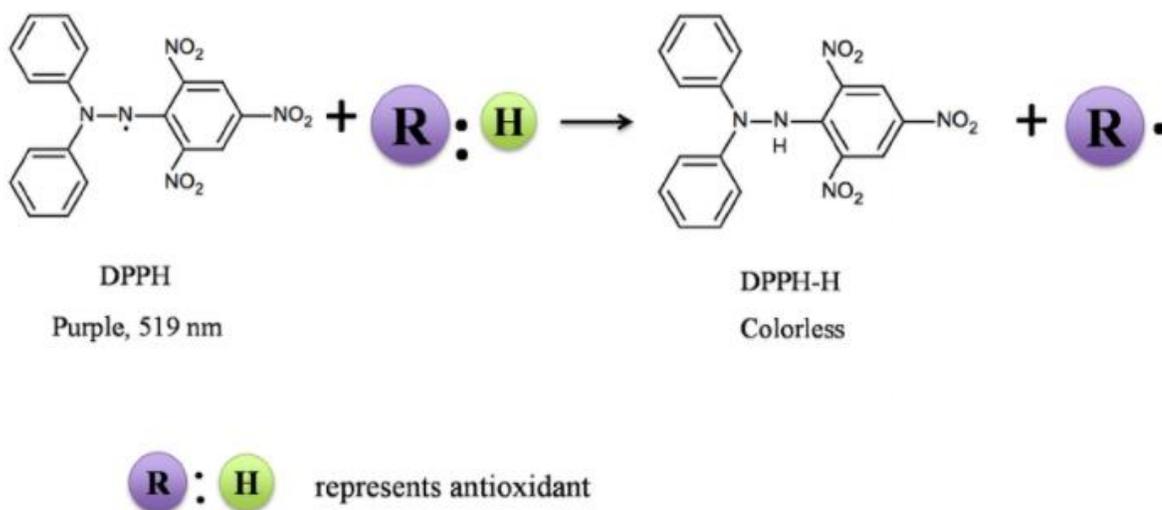
Gráfica 7. Calibración de las longitudes de onda.



7.5 Determinación de la actividad antioxidante

En la determinación de la actividad antioxidante se emplea el método DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil), el cual es uno de los pocos radicales libres orgánicos estables y se caracteriza por su fuerte coloración violeta. El ensayo, se fundamenta en la capacidad que presentan los antioxidantes para estabilizar el radical DPPH, por medio de las técnicas espectrofotométricas siguiendo el decaimiento de la absorbancia a 517 nm (Ilustración 8) (Londoño, 2011).

Ilustración 8. Mecanismo de acción del radical libre DPPH. Tomado de Kitts, 2014.



En cuanto, a la determinación de la capacidad antioxidante de los alimentos por medio del espectrofotómetro construido por el docente frente a los estudiantes, se obtuvo la curva de calibración (gráfica 8), por medio de las fotografías correspondientes a cada uno de patrones, las cuales fueron analizadas por el programa ImageJ y se identificó para cada una el valor máximo de intensidad, con la finalidad de establecer las absorbancias, para ello se empleó la siguiente ecuación:

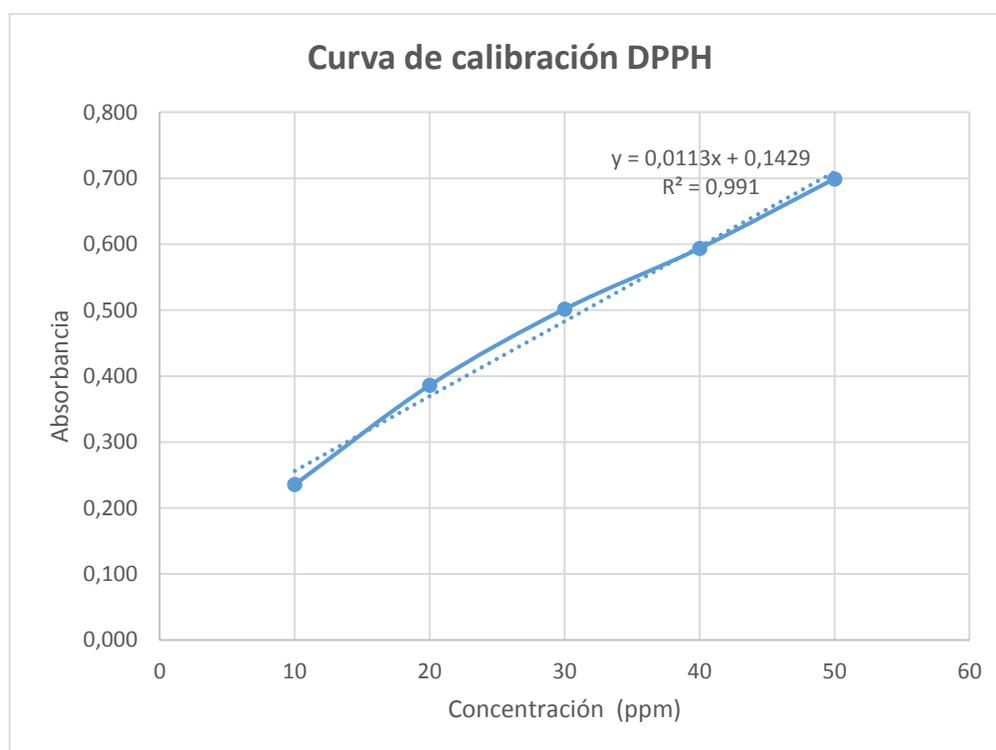
$$A = -\log\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

En la tabla 7, se indican los valores empleados para la determinación de la actividad antioxidante de los alimentos seleccionados y en la gráfica 8, la curva de calibración realizada para el radical libre DPPH.

Tabla 7. Datos empleados para la curva de calibración del DPPH.

Concentración (ppm)	Intensidad	Longitud de onda (nm)	Absorbancia
Blanco	146.167	1062,4	-
10	588.333	617,5	0,236
20	835.833	436,8	0,399
30	1.018.468	334,8	0,502
40	1.168.889	270,9	0,594
50	1.375.556	212,5	0,699

Gráfica 8. Curva de calibración DPPH.



En la tabla 8, se indican los alimentos empleados en el análisis de la capacidad antioxidante. Cabe resaltar que, para la determinación del porcentaje de la actividad antioxidante, la absorbancia inicial corresponde a la concentración de 50 ppm y es empleada la siguiente ecuación.

$$\%AA_{Ex} = \frac{Abs. inicial - Abs. muestra}{Abs. inicial} \times 100$$

Tabla 8. Datos para la determinación del porcentaje de la actividad antioxidante.

Alimento	Intensidad	longitud de onda (nm)	Absorbancia	% Actividad antioxidante
Ajo	764460	483,9	0,342	51,1
Kiwi	878932	410,3	0,413	40,9
Brócoli	843675	431,8	0,391	44,1
Mora	958666	365,2	0,464	33,6
Cúrcuma	593217	613,5	0,238	65,9
Jengibre	693217	534,9	0,298	57,4

En cuanto a los valores obtenidos en la tabla 8, se infiere que el alimento que presenta mayor capacidad para inhibir el efecto oxidante de los radicales libres es la cúrcuma con un porcentaje del 65,9%, seguido del jengibre, el ajo, el brócoli, el kiwi y la mora; por medio de reacciones de óxido-reducción, es decir, de la transferencia de electrones, impidiendo así el daño en las biomoléculas de los organismos.

7.6 Laboratorio de actividad antioxidante

Con respecto al laboratorio, este presentó la finalidad de que los estudiantes reconocieran los efectos oxidativos de los radicales libres y del oxígeno, es por esto que se relaciona con el pardeamiento enzimático que ocurren en los alimentos al reaccionar con el oxígeno. Este laboratorio es evaluado por medio de la construcción de la UVE heurística (anexo 6), en la tabla 9, se indican los criterios y niveles evaluados.

Tabla 9. Criterios y niveles del laboratorio de actividad antioxidante.

	Nivel 1 Avanzado	Nivel 2 Intermedio	Nivel 3 Inicial
Pregunta de investigación	Formula la pregunta de investigación de forma coherente de acuerdo con la finalidad de la práctica.	Formula la pregunta de investigación, sin que esta se ajuste a la finalidad de la práctica experimental.	Formula la pregunta de investigación, de forma incoherente y sin que esta se ajuste a la finalidad de la práctica experimental.
N° de estudiantes	7	2	1
Parte conceptual	Selecciona de forma completa leyes, principios y conceptos; y los describe	Selecciona de forma incompleta los referentes conceptuales y los describe.	Selecciona de forma incompleta los referentes conceptuales, sin describirlos.
N° de estudiantes	10	0	0

Recolección de datos	Emplea gráficas o tablas teniendo en cuenta las variables y los datos recolectados.	Realiza gráficas o tablas presentando dificultad para organizar los datos recolectados.	Describe los valores sin emplear alguna estrategia metacognitiva
N° de estudiantes	10	0	0
Afirmación del conocimiento	Contesta la pregunta de investigación, teniendo en cuenta la parte conceptual, los resultados y las propiedades del alimento antioxidante.	Contesta la pregunta de investigación, sin tener en cuenta la parte conceptual y las propiedades del alimento antioxidante.	Describe lo sucedido, sin contestar la pregunta de investigación.
N° de estudiantes	6	3	1

En cuanto, a la formulación de la pregunta de investigación, se establece que 7 estudiantes se encuentran en el nivel avanzado, 2 estudiantes en el nivel intermedio y 1 estudiante en el nivel inicial, las respuestas muestran que para el nivel avanzado el objetivo es claro con respecto a la finalidad de la práctica experimental, mientras que en los niveles intermedio e inicial, hay dificultades porque no se comprende el objeto de estudio y las variables que intervienen en situaciones problemas, impidiendo así la redacción de estas. A continuación, se transcriben algunas de las preguntas formuladas:

- Avanzado: ¿Cómo evitar por medio de un alimento antioxidante el pardeamiento enzimático de la manzana?
- Intermedio: ¿Los antioxidantes funcionan en verdad?
- Inicial: ¿Por qué la fruta tiene un estado de oxidación?

En la parte conceptual del informe de laboratorio, 10 estudiantes se encuentran en el nivel avanzado. De esta forma, se identifican los procesos de selección y control de la información en los estudiantes para relacionarse con nuevos conceptos. De igual forma, en la recolección de datos, se evidencia que los 10 estudiantes están en el nivel avanzado, empleando tablas como herramientas para organizar y describir la información.

Es importante mencionar que la V heurística (Novak, Gowin, & Kahle, 1984) es una alternativa que posibilita a los estudiantes consolidar e integrar las dimensiones conceptuales y metodológicas, conscientes del tratamiento y del sentido que le otorgan a la información recibida, lo que implica el razonamiento, el análisis y la interpretación, para llevar a cabo procesos metacognitivos fundamentados en la reflexión (Campanario, 2000).

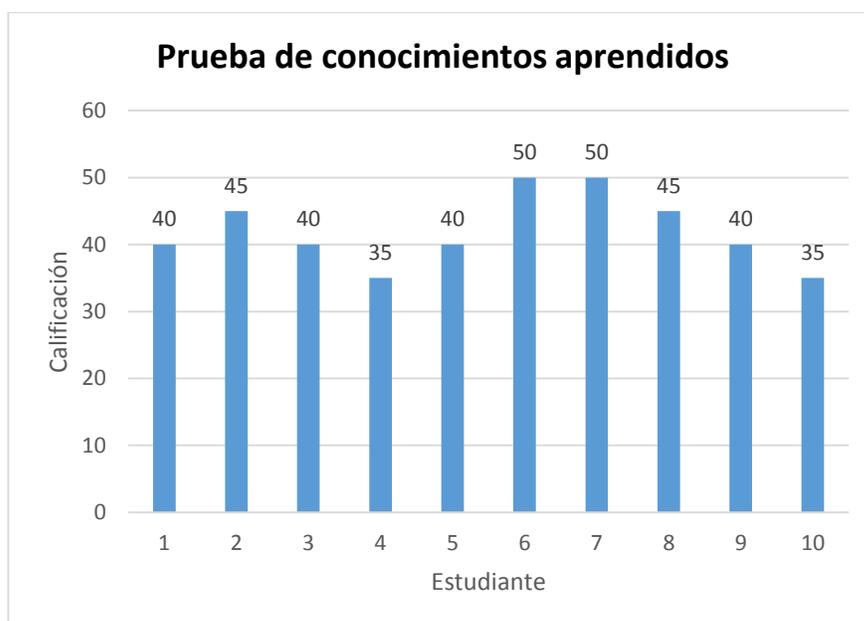
Por último, en el apartado de la información del conocimiento, se identifican 6 estudiantes en el nivel avanzado, los cuales agruparon de forma pertinente los registros obtenidos, la parte conceptual y las propiedades antioxidantes; mencionando el principio activo de los alimentos y el mecanismo en que puede neutralizar radicales libres; mientras que 3 estudiantes en el nivel intermedio y 1 en

el nivel inicial, presentaron dificultad para analizar y emitir una conclusión; en la cual se diera respuesta a la pregunta de investigación de manera pertinente.

7.7 Prueba de conocimientos aprendidos

Con la finalidad de identificar los conocimientos aprendidos en cada uno de los estudiantes (anexo 7) se plantea una prueba sobre las temáticas de espectrofotometría UV-Vis, radiación, ondas y espectro electromagnético. En la gráfica 9, se encuentran los resultados.

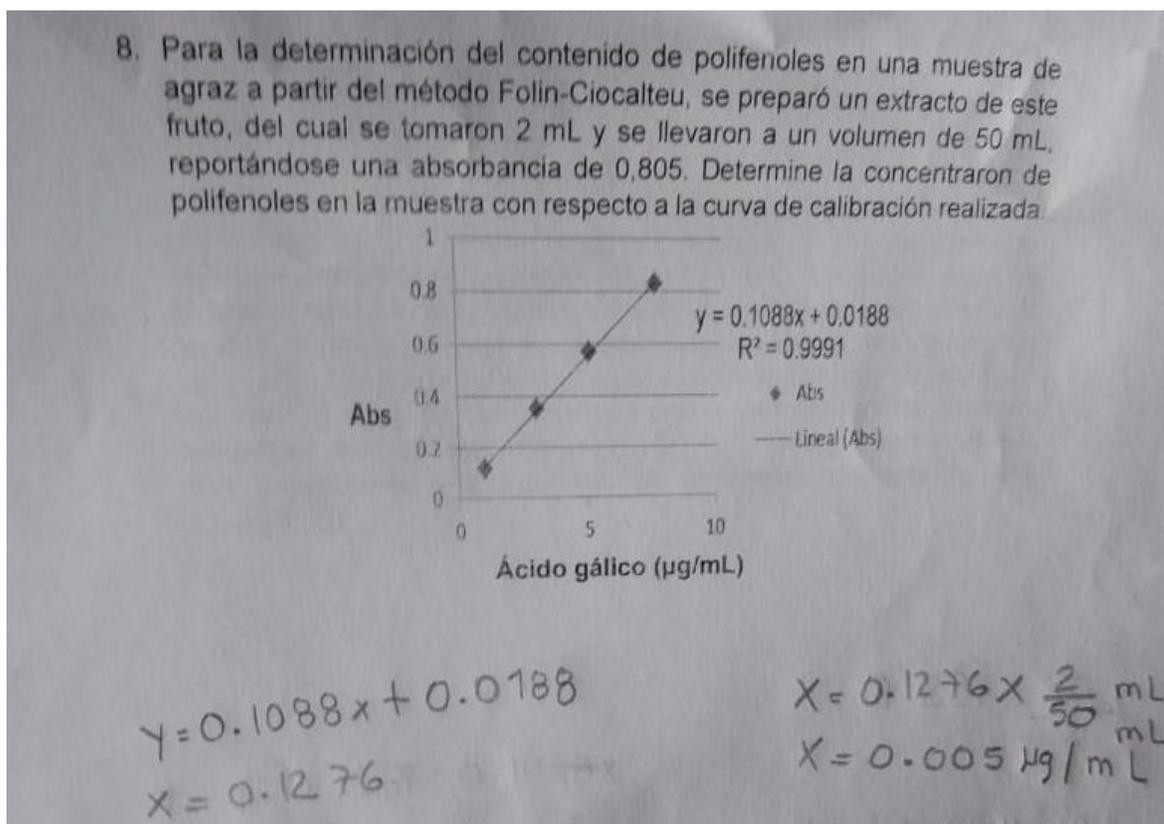
Gráfica 9. Calificaciones de la prueba de conocimientos aprendidos.



En lo referente a los resultados obtenidos (gráfica 9), las primeras 4 preguntas se relacionan a los conceptos estructurales (ondas, luz, espectro electromagnético y teoría del color), se evidencia que los estudiantes comprenden estas temáticas y que tienen claridad para reconocer los fenómenos de las ondas, la estructura del espectro electromagnético, las partes del espectrofotómetro y las propiedades del color (anexo 12).

Por otra parte, para las preguntas 5-9, se evidencian algunas dificultades con respecto a las aplicaciones de las ecuaciones (ilustración 9), sobre todo en la manera de despejar incógnitas, aplicar factores de dilución y la forma de emplear la calculadora.

Ilustración 9. Respuestas prueba de conocimientos aprendidos.



En cuanto a la última pregunta que hace referencia a los mecanismos de acción que ocurren entre los antioxidantes y los radicales libres, se evidencia comprensión en las reacciones químicas de transferencia de electrones. No obstante, hay dificultades en establecer quién es la sustancia que se reduce y quién se oxida.

7.8 Test de habilidades metacognitivas (postest)

En este último apartado, se analiza el progreso alcanzado por los estudiantes en términos de las habilidades metacognitivas, luego de la intervención e implementación de la secuencia de enseñanza-aprendizaje en espectrofotometría UV-Vis y su aplicación en la actividad antioxidante de los alimentos. En la tabla 10, se muestra el nivel inicial y final de los estudiantes, con respecto a las habilidades metacognitivas.

Tabla 10. Seguimiento sobre las habilidades metacognitivas en cada estudiante.

Estudiante	Habilidades metacognitivas					
	Planificación		Autocontrol		Autoevaluación	
	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
1	Intermedio	Intermedio	Intermedio	Avanzado	Intermedio	Intermedio
2	Intermedio	Intermedio	Intermedio	Intermedio	Intermedio	Avanzado
3	Inicial	Avanzado	Inicial	Intermedio	Intermedio	Intermedio
4	Intermedio	Intermedio	Intermedio	Intermedio	Intermedio	Avanzado
5	Intermedio	Avanzado	Intermedio	Intermedio	Intermedio	Intermedio
6	Inicial	Intermedio	Inicial	Avanzado	Intermedio	Avanzado
7	Intermedio	Intermedio	Intermedio	Avanzado	Intermedio	Avanzado
8	Inicial	Inicial	Intermedio	Avanzado	Intermedio	Intermedio
9	Intermedio	Avanzado	Intermedio	Intermedio	Intermedio	Avanzado
10	Inicial	Intermedio	Inicial	Intermedio	Intermedio	Intermedio

En la tabla 10, se muestra que la habilidad metacognitiva, que más niveles avanzados alcanzó por los estudiantes, es la autoevaluación. Asimismo, se establece que todos los estudiantes superaron un estado inicial con respecto a alguna de las habilidades evaluadas y 2 de los estudiantes desarrollaron simultáneamente las habilidades de autocontrol y autoevaluación.

De acuerdo, con lo mencionado anteriormente y para corroborar con lo afirmado, se propone un análisis de varianza de un factor para comparar y establecer si hay cambios significativos entre las habilidades metacognitivas iniciales y finales que presentan los estudiantes.

Tabla 11. Análisis de varianza para un factor, en la habilidad metacognitiva de planificación.

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Antes	10	165	16,5	25,3888889
Después	10	235	23,5	22,2777778

ANÁLISIS
DE
VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
---------------------------	-------------------	--------------------	---------------------------	---	--------------	----------------------

Entre grupos	245	1	245	10,2797203	0,0048953	4,413873405
Dentro de los grupos	429	18	23,833333			
Total	674	19				

De acuerdo, con el análisis de varianza para un factor, en cuanto a la habilidad metacognitiva de planificación, al ser el valor de la probabilidad menor a 0,05; se rechaza la hipótesis de igualdad de medias, es decir, que hay diferencias significativas entre el estado inicial y final; lo cual es confirmado, debido a que el valor de F es mayor al valor crítico, como se indica en la tabla 11.

Tabla 12. Análisis de varianza para un factor, en la habilidad metacognitiva de autocontrol.

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Antes	10	177	17,7	26,455555
Despues	10	248	24,8	8,1777777

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	252,05	1	252,05	14,555341	0,00126787	4,4138734
Dentro de los grupos	311,7	18	17,3166667			
Total	563,75	19				

Para la habilidad metacognitiva de autocontrol, el análisis de varianza para un factor indica que se rechaza la hipótesis, al ser el valor de la probabilidad menor a 0,05; y el valor de F mayor al valor crítico, estableciéndose que hay diferencias significativas en los dos momentos; como se muestra en la tabla 12.

Tabla 13. Análisis de varianza para un factor, en la habilidad metacognitiva de autoevaluación.

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
				a

Antes	10	166	16,6	3,37777
Después	10	244	24,4	5,15555

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	304,2	1	304,2	71,2968	1,1265E-07	4,4138734
Dentro de los grupos	76,8	18	4,26666667			
Total	381	19				

En cuanto, a la habilidad de autoevaluación, se evidencia que también se rechaza la hipótesis nula y que hay diferencias significativas entre el estado inicial y el estado final en los estudiantes, como se manifiesta en la tabla 13.

8. CONCLUSIONES

Por medio del diseño e implementación de la secuencia de enseñanza-aprendizaje en espectrofotometría UV-Vis y las propiedades antioxidantes de los alimentos, en estudiantes de grado décimo, se promovió la integración de la metacognición a los contextos educativos, como una metodología intencionada, enriquecedora, significativa y efectiva; que transforma la capacidad de reflexión y control en los procesos de aprendizaje. De esta manera, se logró en los estudiantes procesos autónomos y consciente; que ayudan a formalizar y dominar los conocimientos, por medio de los hábitos de estudio, evidenciando avances considerables en el desarrollo de las habilidades metacognitivas de planificación, autocontrol y autoevaluación, para que sean partícipes de su formación académica.

Por consiguiente, se caracterizaron inicialmente las habilidades metacognitivas en los estudiantes por medio de sus hábitos de estudio y las decisiones que toman, encontrando una escasa aplicabilidad de estas frente a los procesos de aprendizaje. En este sentido, se evidenció en un primer momento que las habilidades de planificación y de autocontrol, se encontraban en los niveles iniciales e intermedios, mientras que la habilidad de autoevaluación únicamente se presentaba en los niveles intermedios. Por consiguiente, la secuencialidad de las actividades programadas y la contextualización sobre la importancia de la metacognición favorecieron a que todos los estudiantes superar un estado inicial en cuanto a alguna de las habilidades metacognitivas; es así que se establece que la habilidad que más se desarrolló fue la de autoevaluación, seguida de las habilidades de planificación y autocontrol.

En cuanto, a la implementación de la secuencia de enseñanza-aprendizaje, se infiere que esta fue pertinente en el desarrollo de las habilidades metacognitivas, para que los educandos reflexionen sobre los procesos cognitivos y a su vez en la consolidación de nuevos conocimientos, lo cual se evidenció en el aprendizaje de la espectrofotometría UV-Vis, ondas, la radiación, el espectro electromagnético y en la capacidad antioxidante que presentan los alimentos para neutralizar radicales libres; con el propósito fomentar la autonomía y el aprendizaje autorregulado en los estudiantes.

Finalmente, la construcción del espectrofotómetro, mejoró la comprensión de la temática de espectrofotometría UV-Vis por medio de la determinación de la capacidad antioxidante que presentan los alimentos, incitando a que los estudiantes entendieran los mecanismos de acción que presentan los antioxidantes naturales y los radicales libres.

9. RECOMENDACIONES

- Con respecto a la metacognición, esta metodología presenta múltiples dimensiones para ser trabajada, se podrían plantear investigaciones en los procesos de enseñanza-aprendizaje de la química, especializados en el uso de estrategias metacognitivas (recordar, comprender, aplicar, analizar, reflexionar, evaluar y crear), en los tipos de conocimientos (declarativo, procedimental y condicional); y en las diferentes modalidades de la metacognición (metamemoria, metaatención, metacomprensión y metapensamiento).
- La secuencia de enseñanza-aprendizaje, propuesta en este trabajo de investigación, puede adaptarse para ser desarrollada en la educación de nivel superior, ampliando las temáticas correspondientes a la espectrofotometría UV-Vis y abordando otras aplicaciones relacionadas al análisis cuantitativo de diversos analitos.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allueva, P. (2002). Concepciones básicas sobre metacognición. En P. Allueva, *Desarrollo de las habilidades metacognitivas: programa de investigación* (págs. 59-85). Zaragoza: Centro del libro de Aragón.
- Álvarez, R. (2013). Consumo de antioxidantes naturales en adultos mayores de entre 65 y 75 años con dislipidemia (tesis de pregrado). *Universidad Abierta Interamericana, Argentina*.
- Arami, M., & Wiyarsi, A. (2019). The student metacognitive skills and achievement in chemistry learning: correlation study. *Journal of Physics: Conference Series*. The 6th International Conference on Mathematics, Science, and Education.
- Arias, K., Martínez, K., & Suárez, A. (2018). Actividad antioxidante de la cúrcuma (*Curcuma longa*) y el jengibre (*Zingiber officinale*): una secuencia didáctica para fortalecer las competencias científicas de indagación. Bogotá, Colombia: Universidad Pedagógica Nacional.
- Berrigasteiz. (2015). *Elaboración y evaluación de unidades didácticas en el nuevo marco educativo*. Obtenido de Departamento de Educación, Política, Lingüística y Cultura: https://www.berrigasteiz.com/site_argitalpenak/docs/320_curriculum/3202015003c_Pub_BN_unitate_didaktikoak_c.pdf
- Bogucki, R., Greggila, M., Mallory, P., Feng, J., Siman, K., Khakipoor, B., King, H., & Smith, A. (2019). A 3D-Printable Dual Beam Spectrophotometer with Multiplatform Smartphone Adaptor. *Journal of Chemical Education*, 96(7), 1527-1531.
- Boyes, E., & Stanisstreet, M. (2012). Children's Ideas about Radioactivity and Radiation: sources, mode of travel, uses and dangers. *Research in Science & Technological Education*, 12(2), 145-160.
- Bruner, J. (1973). *Going Beyond the Information Given*. New York, United States: Norton.
- Buty, C., Tiberghien, A., & Le Maréchal, J. (2004). Learning hypotheses and an associated tool to design and to analyse teaching-learning sequences. *International Journal of Science Education*, 26(5), 579-604.
- Caamaño, A. (2005). Trabajos prácticos investigativos en química en relación con el modelo atómico-molecular de la materia, planificados mediante un diálogo estructurado entre profesor y estudiantes. *Tecné Episteme y Didaxis: TED*, 16(1), 10-19.

- Cabañas, A. (2017). El descubrimiento de los radicales libres y su evolución en medicina. En A. Cabañas, G. Feltes, & I. Nuñez, *Salud y vida, oxígeno y radicales libres* (págs. 11-21). Jaén, España: Alcalá Grupo Editorial.
- Campanario, J. (2000). El desarrollo de la metacognición en el aprendizaje de las ciencias: estrategias para el profesor y actividades orientadas al alumno. *Investigación didáctica*, 18(3), 369-380.
- Campos, D., Ruffino, S., Majul, E., & Joison, A. (2010). *Bioquímica del estrés oxidativo y de las especies reactivas del oxígeno*. Córdoba, Argentina: Lulu.
- Cano, I. (2014). Componentes cognitivos, metacognitivos, motivacionales y de autocontrol del aprendizaje autorregulado y su relación con el rendimiento académico (Tesis de maestría). Medellín, Colombia: Universidad de San Buenaventura.
- Cárdenas, F., & González, F. (2005). Dificultades de aprendizaje en química general y sus relaciones con los procesos de evaluación. *Enseñanza de las ciencias*(Extra. VII Congreso), 1-6.
- Castro, A. (2016). Inteligencia emocional y habilidades metacognitivas en estudiantes universitarios de estudios generales (Tesis de maestría). Lima, Perú: Universidad de San Martín de Porres.
- Castro, M., Litter, M., Wong, M., & Mori, V. (2009). Metodologías analíticas para la determinación y especiación de arsénico en aguas y suelos. En M. Litter, M. Armienta, & F. Silvia, *Metodologías analíticas para la determinación y especiación de arsénico en aguas y suelos*. Buenos Aires, Argentina : Iberoarsen.
- Cèline, C. (2010). *Los secretos de salud de los antioxidantes*. Barcelona, España: Hispano Europea.
- Corrales, L., & Muñoz, M. (2012). Estrés oxidativo: origen, evolución y consecuencias de la toxicidad del oxígeno. *Ciencias biomédicas*, 10(18), 213-225.
- Cristo, A. (2009). El universo más allá de lo visible. *El país*. Obtenido de https://elpais.com/sociedad/2009/01/15/actualidad/123194010_850215.html
- Cuesta, F., & Cano, A. (2007). Estrategia didáctica para desarrollar la habilidad evaluar información en los estudiantes de bibliotecología y ciencias de la información a través de la asignatura búsqueda y recuperación de la información en la universidad de Camagüey (Tesis maestría). Camagüey, Cuba: Universidad en Camagüey.
- Díaz, Á. (2013). *Guía para la elaboración de una secuencia didáctica* . Obtenido de Universidad Nacional Autónoma de México: <http://www.setse.org.mx/ReformaEducativa/Rumbo%20a%20la%20Primera%20Evaluaci%C3%B3n/Factores%20de%20Evaluaci%C3%B3n/Pr%C3%A>

1ctica%20Profesional/Gu%C3%ADa-secuencias-
didacticas_Angel%20D%C3%ADaz.pdf

- Dimaggio, G., & Lysaker, P. (2009). Metacognition and Mentalizing in the Psychotherapy of Patients With Psychosis and Personality Disorders. *Journal of Clinical Psychology*, 74(2), 117-124.
- Ecoagricultor . (2015). *¿Para qué es bueno el ajo? Descubre como el ajo puede contribuir a mejorar tu salud*. Obtenido de Agricultura ecológica: <https://www.ecoagricultor.com/propiedades-medicinales-del-ajo/>
- Elejalde, J. (2001). Estrés oxidativo, enfermedades y tratamientos antioxidantes. *Anales de Medicina Interna*, 18(6), 326-335.
- Encinas, C. (2013). Tutoría académica y relación con la reflexión de habilidades metacognitivas en estudiantes de estudios generales de la Universidad de San Martín de Porres (Tesis de doctorado). Lima, Perú: Universidad de San Martín de Porres.
- Espinosa, E., González, K., & Hernández, L. (2016). Las prácticas de laboratorio: una estrategia didáctica en la construcción de conocimiento científico escolar. *Entramado*, 12(1), 266-281.
- Feduchi, E., Blasco, I., Romero, C., & Yáñez, E. (2010). *Bioquímica: conceptos esenciales*. Madrid, España: Médica Panamericana.
- Festy, D. (2007). *Antioxidantes: Guía Práctica*. Barcelona, España: Robinbook.
- Flavell, J. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: a new area of cognitive-developmental inquiry. *American Psychologist*, 34(10), 906-911.
- Fulder, S., & Blackwood, J. (1997). *El ajo un remedio natural*. México: Lasser Press Mexicana.
- García, T., Cueli, M., Rodríguez, C., Krawec, C., Paloma, & González. (2015). Metacognitive Knowledge and Skills in Students with Deep Approach to Learning. Evidence from Mathematical Problem Solving. *Revista de Psicodidáctica*, 20(2), 209-226.
- Glaser, R., & Pellegrino, J. (1987). Aptitudes for Learning and Cognitive Processes. En F. Weinert, & R. Kluwe, *Metacognition, motivation and Understanding* (págs. 267-288). New Jersey, United States: Lawrence Erlbaum.
- Gniech, M., & Mohan, C. (2018). Fruits as Prospective Reserves of bioactive Compounds: A Review. *Natural Products and Bioprospecting*, 8, 335–346.
- González, S., & Escudero, C. (2007). En busca de la autonomía a través de las actividades de cognición y de metacognición en Ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 310-330.

- Grasse, E., Torcasio, M., & Smith, A. (2016). Teaching UV–Vis Spectroscopy with a 3D-Printable Smartphone Spectrophotometer. *Journal of Chemical Education*, 93(1), 146–151.
- Guerra, M. (2009). Radicales libres y estrés oxidativo. *Laboratorio Actual* (41), 41-48.
- Guija, E., Inocente, M., Ponce, J., & Zarzosa. (2015). Evaluación de la técnica 2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo (DPPH) para determinar capacidad antioxidante. *Horizonte Médico*, 15(1), 57-60.
- Izquierdo, M. (2004). Un nuevo enfoque de la enseñanza de la química: contextualizar y modelar. *The Journal of the Argentine Chemical Society*, 92(4-6), 115-136.
- Jaramillo, A., Montaña, G., & Rojas, L. (2006). Detección de errores en el proceso metacognitivo de monitoreo de la comprensión lectora en niños. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales*, 4(2), 1-18.
- Jasso, J. (2014). Estrategias metacognitivas para articular al conocimiento. En I. B. Organization, *IB Conference Of The Americas*. Washington DC, United States.
- Kitts, D. (2014). Antioxidant Property of Coffee Components: Assessment of Methods that Define Mechanisms of Action. *Molecules*, 19(11), 19180-19208.
- León, M., Raúl, C., Rivero, R., Rivero, J., García, D., & Bordón, L. (2018). La teoría del estrés oxidativo como causa directa del envejecimiento celular. *Revista de Ciencias Médicas de Cienfuegos*, 16(5), 699-710.
- Lin, J., Li, X., Chen, L., Lu, W., Chen, X., & Han, L. &. (2014). Protective Effect Against Hydroxyl Radical-Induced DNA Damage and Antioxidant Mechanism of [6]-gingerol: A Chemical Study. *Bulletin of the Korean Chemical Society*, 34(6), 1633 - 1638.
- Llontop, M. (2015). Estrategias metacognitivas en la optimización del aprendizaje de los marcadores discursivos en estudiantes del programa de estudios básicos de la Universidad Ricardo Palma, año 2015 (Tesis de doctorado). Lima, Perú: Universidad de San Martín.
- Londoño, J. (2011). *Antioxidantes: importancia biológica y métodos para medir su actividad*. Bogotá, Colombia: Lasallista.
- Martínez, S., González, J., Culebras, J., & Tuñón, M. (2002). Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes. *Nutrición Hospitalaria*(17), 271-278.
- Mendoza, J., & Fregoso, T. (2013). Chemistry of natural antioxidants and studies performed with different plants collected in Mexico. En J. Morales, *Oxidative stress and chronic degenerative diseases* (págs. 59-85). London, Reino Unido: IntechOpen.

- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2013). *Ajo*. Obtenido de Gobierno de España: https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/ajo_tcm30-102648.pdf
- Ministerio de Educación. (2013). *Secuencias didácticas. Reflexiones sobre sus características y aportes*. Obtenido de Gobierno de la Provincia de Córdoba: <https://www.igualdadycalidadcba.gov.ar/SIPEC-CBA/publicaciones/2016-Docs/SD.pdf>
- Ministerio de educación Nacional República de Colombia. (2003). Formar en ciencias. Obtenido de https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-81033_archivo_pdf.pdf
- Monroy, E. (2018). Trabajos prácticos de laboratorio (TPL) para la enseñanza de fenoles: cuantificación de Crisina en especies de Passiflora (Tesis de pregrado). Bogotá, Colombia: Universidad Pedagógica Nacional.
- Moreno, E. (2014). Análisis nutricional y estudio de la actividad antioxidante de algunas frutas tropicales cultivadas en Colombia (trabajo de pregrado). Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Novak, J. (1998). *Conocimiento y aprendizaje: los mapas conceptuales como herramientas facilitadoras para escuelas y empresas*. Madrid, España: Alianza Editorial.
- Novak, J., Gowin, B., & Kahle, J. (1984). The Vee heuristic for understanding knowledge and knowledge production. En J. Novak, & B. Gowin, *Learning How to Learn* (págs. 55-76). Cambridge, England: University of Cambridge.
- Pallardó, F. (2017). Daño oxidativo. Facetas de este complejo proceso biológico. *Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular*(193), 6-9.
- Palomo, I., Gutiérrez, M., Astudillo, L., Rivera, C., Torres, C., Guzmán, L., . . . Alarcón, M. (2009). Efecto antioxidante de frutas y hortalizas en la zona central de Chile. *Revista Chilena de Nutrición*, 36(2), 152-158.
- Parolo, M., Barbieri, L., & Chrobak, R. (2002). La metacognición y el mejoramiento de la enseñanza de la química universitaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(1), 79-92.
- Prieto, J. (2019). Desarrollo de habilidades de pensamiento creativo, mediante el uso de una secuencia de actividades en torno al concepto de antioxidante (Trabajo de grado). Bogotá, Colombia: Universidad Pedagógica Nacional.
- Ramírez, H., Castro, L., & Marínez, E. (2016). Efectos terapéuticos del ajo (*Allium Sativum*). *Revista Salud y Administración*, 3(8), 39-47.
- Rosales, F., & Jaimes, M. (2012). Las habilidades metacognitivas en el desarrollo de la competencia del aprendizaje autónomo de los alumnos. En M. Fonseca, *Retos de las ciencias administrativas desde las economías emergentes*:

- Evolución de Sociedades* (págs. 1-26). Sonora, México: Universidad de Sonora.
- Rosales, F., & Jaimes, M. (2015). *Las habilidades metacognitivas en el desarrollo de la competencia del aprendizaje autónomo de los alumnos*. Obtenido de Academia de Ciencias Administrativas: http://acacia.org.mx/busqueda/pdf/02_PF517_Habilidades_Metacognitivas_.pdf
- Sampieri, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. México D.F.: Mc Graw Hill.
- Sánchez, M. (1998). *Desarrollo de habilidades del pensamiento. Discernimiento, automatización e inteligencia práctica*. México: Trillas.
- Sánchez, M. (2017). Propuesta de intervención: estrategias metacognitivas en el aprendizaje de física y química en 2º curso de E.S.O. (tesis de maestría). Oviedo, España: Universidad Internacional de la Rioja.
- Schraw, G., & Dennison, R. (1994). Assessing metacognitive awareness. *Contemporary Educational Psychology*, 19(4), 460-475.
- Schraw, G., Crippen, K., & Hartley, K. (2006). Promoting self-regulation in science education: Metacognition as part of a broader perspective on learning. *Research in Science Education*, 36, 111-139.
- Shahidi, F. (2015). *Handbook of Antioxidants for Food Preservation*. Saint John, Canada: Woodhead Publishing.
- Soto, C. (2003). *Metacognición, cambio conceptual y enseñanza de las ciencias*. Bogotá, Colombia: Cooperativa Editorial Magisterio.
- Torija, M., Cruz, M., & Chalup, N. (2013). El ajo y la cebolla: de las medicinas antiguas al interés actual. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 107, 29-37.
- Universitat Autònoma de Barcelona. (2016). *Espectrofotometría UV-vis*. Obtenido de Servei d'Anàlisi Química: <http://sct.uab.cat/saq/es/content/espectrofotometria-uv-vis>
- University of Southern California School of Pharmacy . (2002). *Handbook of antioxidants*. Los Ángeles, Estados Unidos: Marcel Dekker, Inc.
- Venereo, J. (2002). Daño oxidativo, radicales libres y antioxidantes. *Revista Cubana de Medicina General*, 2(31), 126-133.
- Weinert, F. (1987). Introduction and Overview: Metacognition and Motivation as Determinants of Effective Learning and Understanding. En F. Weinert, & K. Rainer, *Metacognition, motivation, and understanding* (págs. 1-14). New York, United States: Lawrence Erlbaum Associates.

- Welti, R. (2002). Concepciones de estudiantes y profesores acerca de la energía de las ondas. *Enseñanza de las ciencias*, 20(2), 261-270.
- Wolters, C. (2011). Regulation of motivation: Contextual and social aspects. *Teachers College Record*, 113(2), 265–283.
- Zabala, A. (2007). *La práctica educativa. Cómo enseñar*. Barcelona, España: Editorial Graó.
- Zakarova, A., Seo, J., Kim, H., Kim, J., Shin, J., Cho, K., Lee, C., & Kim, S. (2014). Garlic sprouting is associated with increased antioxidant activity and concomitant changes in the metabolite profile. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*(62), 1875-1880.

11. ANEXOS

Anexo 1. Test de habilidades metacognitivas

Nombre: _____ **Edad:** _____

Estudiantes a continuación, se presenta una serie de enunciados que indagan por la frecuencia con la que usted emplea algunos de los hábitos de estudio listados. Lea detenidamente y responda de forma sincera y honesta, para ello tenga en cuenta las siguientes categorías.

1	2	3	4	5
Nunca lo realizo	Casi nunca lo realizo	Algunas veces lo realizo	Casi siempre lo realizo	Siempre lo realizo

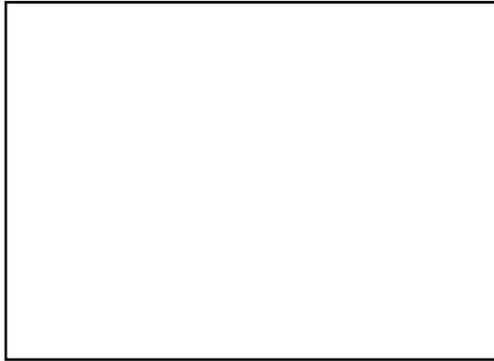
N°	Enunciados	1	2	3	4	5
1	Antes de comenzar una actividad soy consciente de las diferentes alternativas que puedo emplear.					
2	Analizo los contratiempos o situaciones que se pueden presentar al momento de ejecutar una tarea.					
3	Considero pertinente tener un plan de acción al enfrentarme a situaciones desconocidas.					
4	Me propongo objetivos antes de realizar una actividad, que me permitan adquirir nuevos conocimientos o habilidades.					
5	Analizo la situación antes de tomar una decisión.					
6	Al enfrentarme a una situación nueva, evalúo todas sus partes.					
7	Formulo preguntas que me permitan analizar las tareas desde diferentes dimensiones.					
8	Soy consciente de los errores que presento al desarrollar una tarea.					
9	Cuando presento dudas, intento aclararlas inmediatamente.					
10	Empleo estrategias que me permitan apropiarme y comprender la información.					
11	Para solucionar una situación nueva, cuestiono si mis conocimientos son los más adecuados.					

12	Identifico los procesos de pensamiento que utilizo.					
13	Percibo el grado de dificultad de las actividades asignadas.					
14	Me gusta tener el control y ser autónomo al desarrollo una actividad.					
15	Cuando desarrollo un ejercicio, siento satisfacción al encontrar la respuesta, por mis propios medios.					
16	Me gusta relacionar los conocimientos aprendidos con otros contextos.					
17	Reflexiono sobre mi aprendizaje e identifico mis fortalezas y debilidades.					
18	Al evaluar mis procesos formativos, analizo que estrategias me ayudan a mejorar.					
19	Cuestiono si mis procesos de aprendizaje son los apropiados.					
20	Realizo procesos de autoevaluación sobre mis propios conocimientos.					

Anexo 2. Prueba de conocimientos

Nombre: _____ **Edad:** _____

1. Represente lo que para usted es una onda y explique brevemente en qué consiste su dibujo.

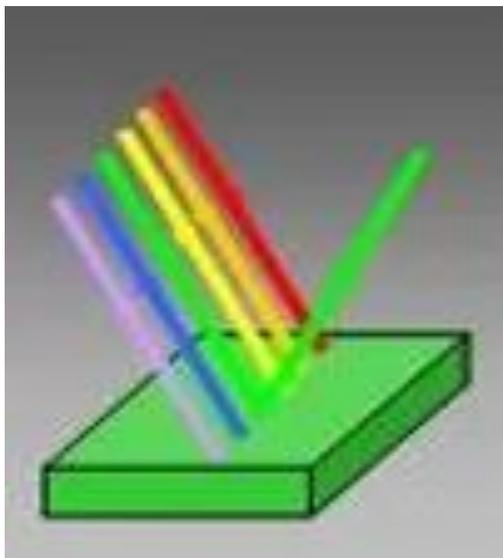


2. Explique cómo se produce el fenómeno óptico del arcoíris, indicando su relación con la luz y el color.



3. ¿Qué entiende por radiación?

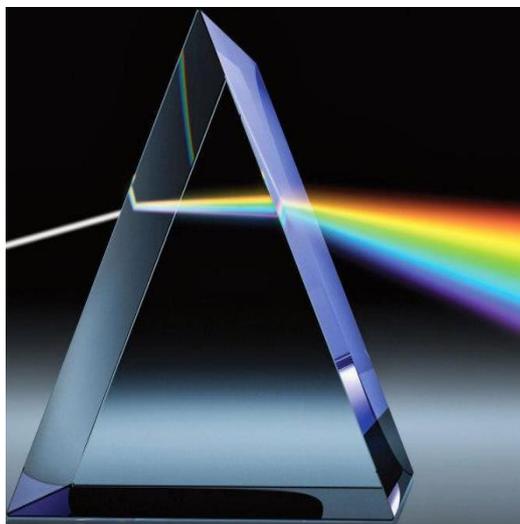
4. Indique debajo de cada imagen a qué propiedad de la luz corresponden: reflexión, refracción, absorción y dispersión.



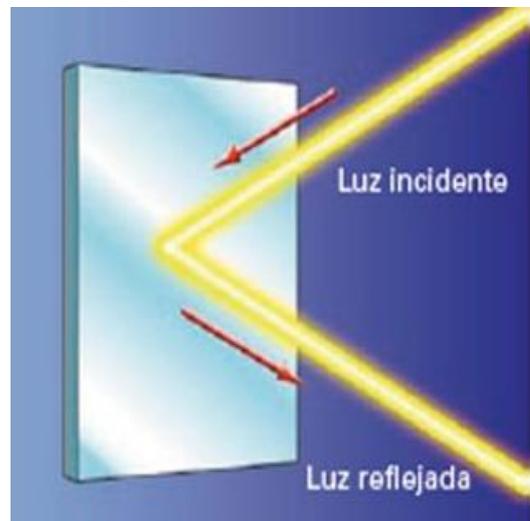
a) _____



b) _____

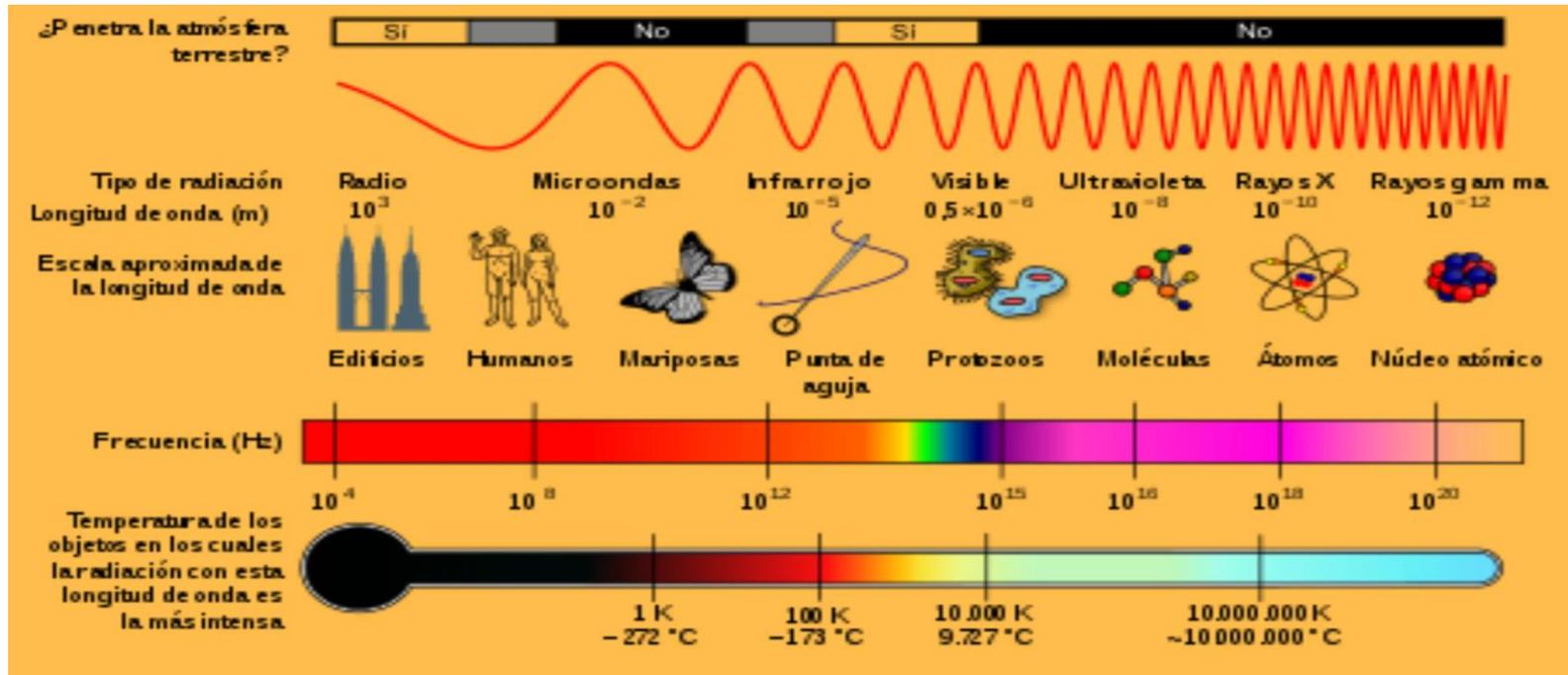


c) _____



d) _____

5. Explique con sus palabras que infiere en la siguiente imagen.



Anexo 3. Taller “Más allá de lo visible”

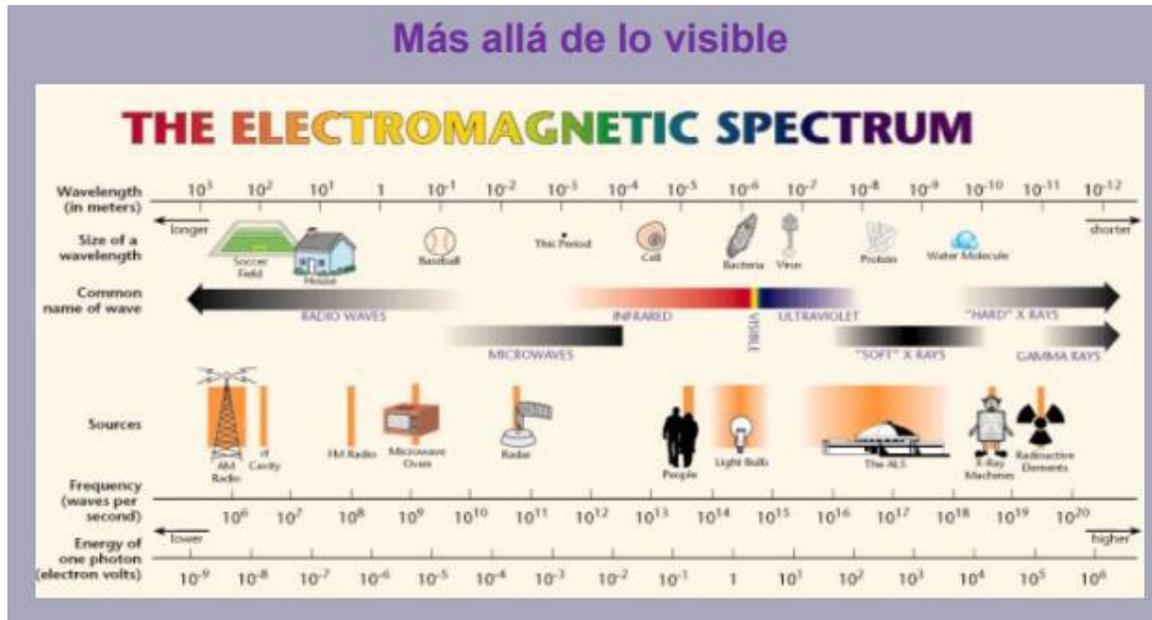


Imagen 1. Regiones del espectro electromagnético.

¿Te has puesto a pensar a cuánta radiación estamos expuestos cada día? Iniciemos mencionando algo tan simple cotidianamente y con lo cual tenemos contacto todos los días, la luz esta es una forma de radiación electromagnética, conocida como energía radiante, capaz de excitar la retina del ojo humano y producir, en consecuencia, una sensación visual. En este sentido, el concepto de luz tiene absoluta relación con quien la percibe y que a través de ella que el hombre se conecta visualmente con el mundo que lo rodea. La energía radiante fluye en forma de ondas en cualquier medio con una dirección determinada (propagación rectilínea), y sólo es perceptible cuando interactúa con la materia, que permite su absorción o su reflejo. Hay entonces un cuerpo emisor de la energía radiante y otro que la recibe. Esta interacción o transferencia de energía de un cuerpo a otro se denomina radiación.

¿Cómo se comparan las ondas electromagnéticas? ¿Cómo nos veríamos si nos tomaran una foto con radiación infrarroja? En el espectro electromagnético (EM) se encuentran todos los tipos de radiación haciendo referencia al rango de longitudes de ondas en la cual la energía de la luz se puede transmitir, este rango va desde los 10^{-12} m y los 10^3 m, todas las ondas electromagnéticas viajan a la misma velocidad en el vacío de 300000 km/s, pero presentan diferentes longitud y diferentes frecuencias, por ejemplo, las ondas electromagnéticas de alta frecuencia tienen una longitud de onda corta y mucha energía como lo son los rayos gamma y los rayos

X; mientras que las ondas de baja frecuencia tienen grandes longitudes de onda y poca energía como las ondas de radio y del microondas.

Los seres humanos hacemos uso de un órgano: el ojo; este es capaz de detectar una pequeña porción del espectro electromagnético comprendido entre las longitudes de onda 380 nm y los 780 nm y distinguir cada una de ellas mediante los colores. Por consiguiente, si tenemos dos objetos que emiten luz, uno de color rojo y otro de color azul, nos encontraremos con que el primero está emitiendo radiación con gran intensidad en una longitud de onda cercana a los 700nm (rojo), mientras que el segundo lo hará cerca de los 450nm (azul).

Por otra parte, existen longitudes de onda fuera de este rango que nuestros ojos no pueden percibir, como es el caso de las bandas de rayos gamma, rayos X, ultravioleta, infrarrojo, radio ¿Qué ocurriría si un objeto emite energía en dichas longitudes de onda? Pues simplemente que nuestros ojos no lo captarían y permanecería invisible para nosotros, necesitaríamos instrumentos especiales como los espectrómetros para poder detectar estos tipos de radiación, sensibles a tales frecuencias.

Para poder comprender mejor este planteamiento, imaginemos la bombilla que emite luz roja (700nm) del ejemplo anterior, y comparémosla con una bombilla especial capaz de emitir luz a 1nm (rayos X). La emisión procedente de la primera sería perceptible por nuestros ojos, pero, en cambio, la luz procedente de la segunda sería totalmente invisible, aunque verdaderamente está ahí, pudiendo ser capturada y analizada por un espectrómetro sensible a tales frecuencias.

El conocimiento que se tiene hoy en día del espectro electromagnético es bastante amplio y sus aplicaciones son muchas, cada vez que conversamos por el celular, que sintonizamos una radio, que vemos un programa de televisión, o que sentimos el calor del sol, estamos percibiendo de una u otra forma radiaciones electromagnéticas.

Por otra parte, las radiaciones ionizantes pueden presentar algunos efectos adversos sobre la salud humana como lo es la aparición de cánceres, defectos de nacimiento y trastornos hereditarios que aparecen meses, años o decenios después. La naturaleza, frecuencia y gravedad de los efectos dependen de la radiación en cuestión, así como de la dosis y las condiciones de exposición. Esto se debe a que la radiación ionizante es capaz de depositar suficiente energía localizada para arrancar electrones, así interactúa con átomos y moléculas al atravesar células vivas, da lugar a iones y radicales libres que rompen los enlaces químicos y provoca otros cambios moleculares; que dañan las células y conllevan a causar alteraciones en el ADN.

Tomado y adaptado de Cristo, A. (2007)

Con respecto a la lectura, conteste las siguientes preguntas.

1. ¿Qué naturaleza presenta la luz?

2. ¿Qué relación presenta el sentido de la vista con el espectro visible?

3. ¿Qué comportamiento presentan las ondas electromagnéticas?

4. Explique ¿qué es el espectro electromagnético?

5. ¿Las radiaciones pueden ser perjudiciales para nuestra salud?

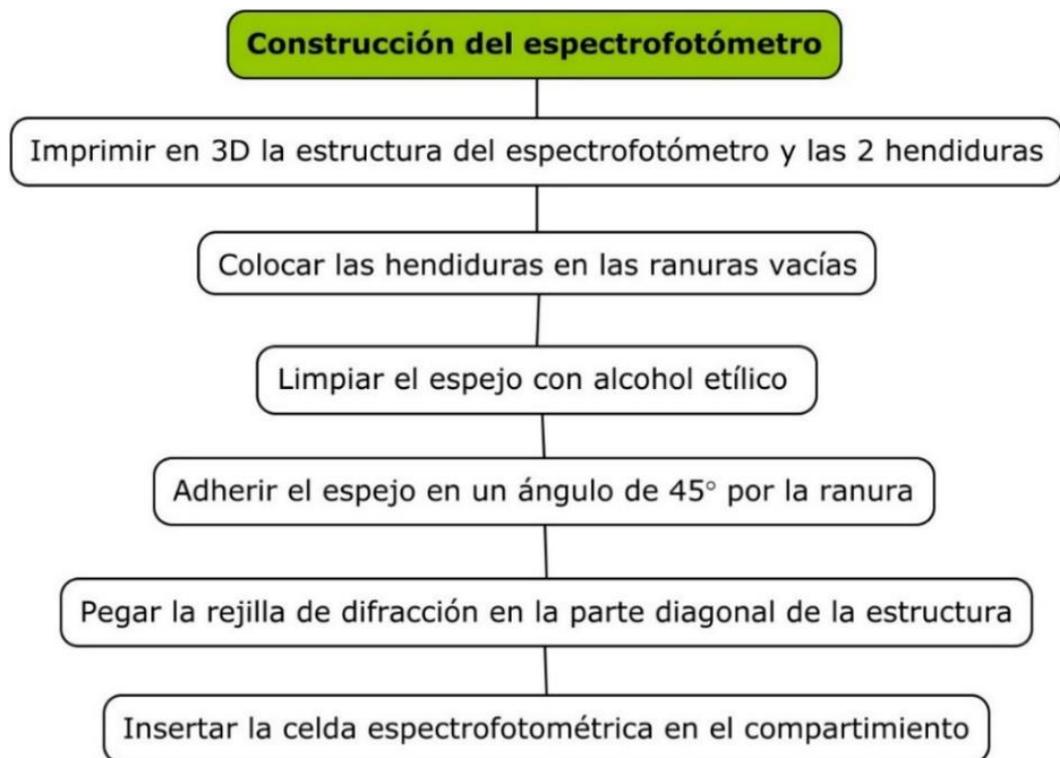
6. Realice un mapa conceptual o mapa conceptual sobre el espectro electromagnético.

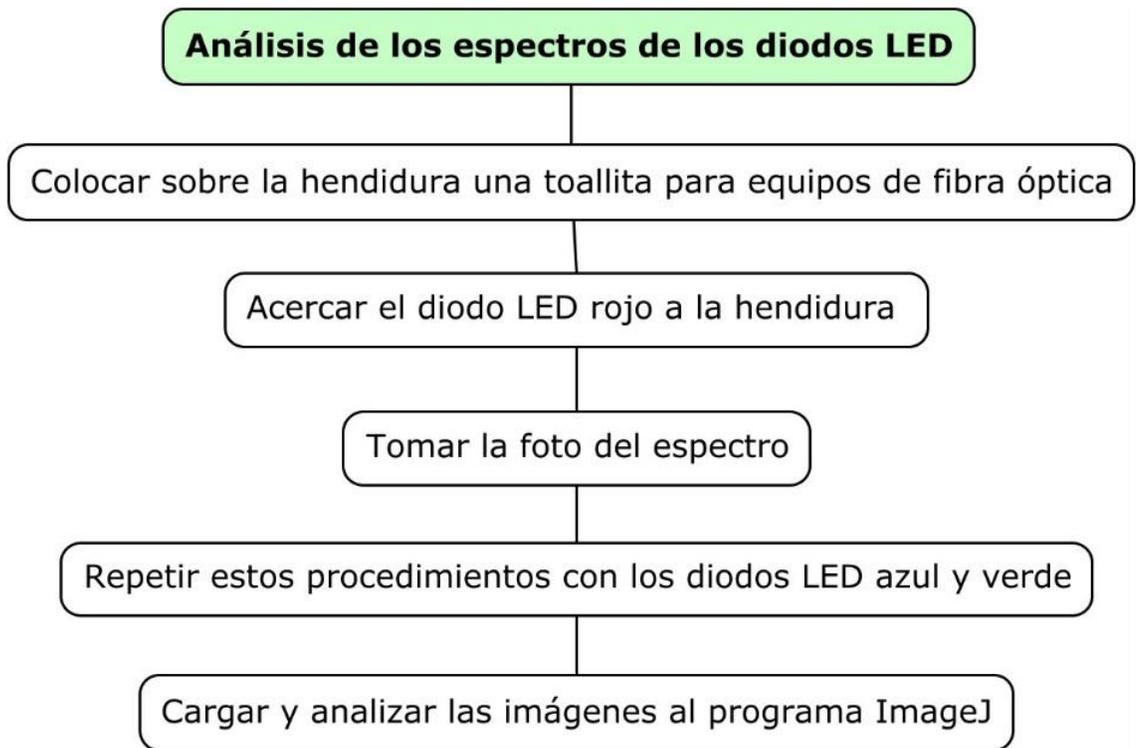
Anexo 4. Construcción y calibración del espectrofotómetro

La página de la que se descargaron los archivos para las piezas que requieren impresión en 3D <https://www.thingiverse.com/thing:3404762> y los materiales empleados en la construcción y calibración del espectrofotómetro:

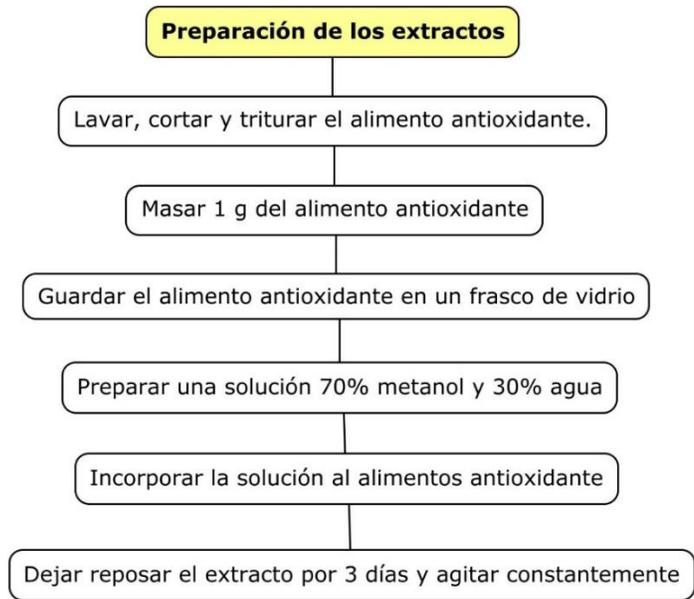
- Estructura del espectrofotómetro (impresión 3D)
- 2 o 1 Hendiduras (impresión 3D)
- Espejo 1"x1"
- Rejilla de difracción
- Celda espectrofotométrica
- Linterna
- 1 diodo LED rojo
- 1 diodo LED azul
- 1 diodo LED verde
- Teléfono celular

A continuación, se describen los pasos de la construcción del espectrofotómetro y el análisis de los espectros de los diodos LED empleados en la calibración del instrumento.

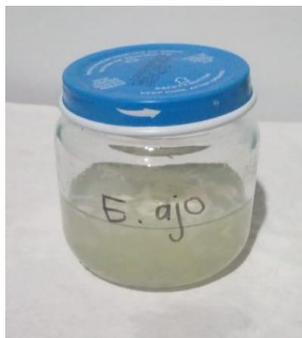




Anexo 5. Determinación de la actividad antioxidante



Extractos preparados



Curva de calibración DPPH

Masar 10 mg de DPPH

Disolver en 20 mL de metanol

Completar a 50 mL de volumen con metanol [200 ppm]

Tomar 12,5 mL de la solución de 200 ppm

Transferir a un balón de 50 mL y completar a volumen con metanol [50 ppm]

Tomar de la solución de 50 ppm, los siguientes volúmenes 2,4,6 y 8

Transferir a un balón de 10 mL y completar a volumen con metanol [10, 20,30 y 40 ppm]

Actividad antioxidante

Tomar 1 mL del extracto obtenido

Mezclar con 2 mL de la solución DPPH de 50 ppm

Realizar la lectura en el espectrofotómetro

Anexo 6. Laboratorio de actividad antioxidante

Práctica de laboratorio: actividad antioxidante

Introducción

Los antioxidantes son sustancias naturales presentes en las frutas, vegetales o especias, encargados de evitar el daño producido por agentes oxidantes al organismo, como los rayos ultravioletas, la polución ambiental, sustancias químicas presentes en los alimentos, etc. Los antioxidantes contienen en su estructura química un número variable de grupos hidroxilo fenólicos, lo que les confiere una gran capacidad antioxidante frente a la inhibición de radicales libres que dañan las biomoléculas presentes en el organismo (Martínez, González, Culebras, & Tuñón, 2002).

Objetivo

Identificar cualitativamente la capacidad antioxidante de los alimentos en contraste con el fenómeno de pardeamiento enzimático.

Procedimiento

1. Seleccionar un alimento antioxidante de su preferencia.
2. Cortar en pedazos pequeños o triturar el alimento.
3. En un frasco de vidrio adicionar el alimento asegurándose de cubrir el fondo del recipiente.
4. Adicionar al recipiente 2 partes de alcohol y 1 parte de agua de tal forma que se cubra totalmente el alimento.
5. Tapar y agitar el frasco, dejarlo en la nevera durante 2 días y agitar constantemente.
6. Cortar una manzana en la mitad, aplicar el extracto preparado a una de las partes y la otra parte de la manzana dejarla expuesta a la intemperie.
7. Registrar los tiempos de oxidación de la manzana que no tiene nada, frente a la manzana que contiene el extracto antioxidante.

Para el informe de laboratorio tenga en cuenta las indicaciones dadas, las habilidades metacognitivas y realizar el diagrama de V heurística.

Referencia bibliográfica

Martínez, S., González, J., Culebras, J., & Tuñón, M. (2002). Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes. *Nutrición Hospitalaria*(17), 271-278.

Actividad antioxidante de la espinaca

PARTE CONCEPTUAL

TEORÍAS:

LEYES:

Ley de la conservación de la materia y energía

En un sistema cerrado la cantidad total de materia permanece constante. Postula que la cantidad de materia antes y después de una transformación es siempre la misma.

PRINCIPIOS:

Reacciones de óxido-reducción

Es una reacción de transferencia de electrones. La especie que pierde los electrones se oxida y la que los gana se reduce.

Conceptos:

Antioxidante: sustancia que impide la formación de óxidos.

Radical libre: un radical es una especie química, caracterizada por poseer uno o más electrones desapareados

Estrés oxidativo: es causado por un desequilibrio entre la producción de especies reactivas del oxígeno y la capacidad de un sistema biológico.

¿Cómo evitar por medio de un alimento antioxidante el pardeamiento enzimático de la manzana?

PARTE METODOLOGICA

JUICIO DE VALOR:

Son de beneficio para la salud porque protegen a las células del daño que causan los radicales libres. Por ello previenen el envejecimiento y la aparición de enfermedades. Los antioxidantes no enzimáticos pueden adquirirse por medio de frutas y vegetales, por ello se recomienda una dieta balanceada.

AFIRMACIÓN SOBRE CONOCIMIENTO / CONCLUSIONES:

La conclusión que puedo tomar es que el oxígeno además de darnos la vida también no la puede quitar, sobre la manzana pues sus diferentes colores y texturas que coge la manzana sobre la oxidación y las diferencias que tiene con la que tiene el extracto. La oxidación se produce por las enzimas llamadas polifenol oxidasa, que al entrar en contacto con el aire transforma los fenoles en quinonas.

TRANSFORMACIONES:

La principal transformación que era notable el cambio de color y de textura que cogió la manzana al dejarla una hora partida por la mitad y el antioxidante humectaba y no dejaba que se oxidara la fruta como una capa protectora.

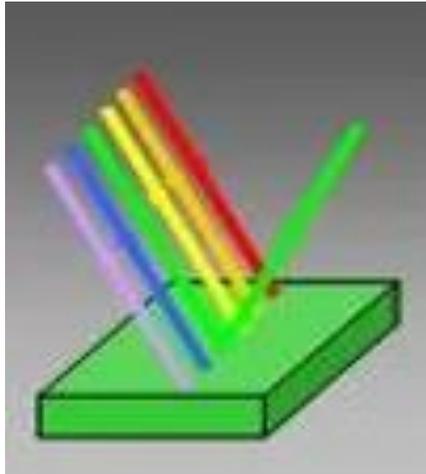
REGISTROS (escriba las observaciones):

Tiempo	Manzana	Manzana con extracto
5:00 pm	Inicio de la oxidación	Inicia con su humectación del extracto
5:30 pm	Se ven partes tornando a color café	Sigue intacta
6:00 pm	Seca y con color café	El color del líquido todo a color café verdoso
6:30 pm	Tiene una textura seca y color tornando a café por la oxidación	Al ver la manzana tiene el color verde de la espinaca, sigue húmeda y empezó a tornar más oxidación

Anexo 7. Evaluación sobre los conocimientos aprendidos

Nombre: _____

1. Indique para cada una de las imágenes a qué propiedad de la luz corresponden: reflexión, refracción, absorción y dispersión.



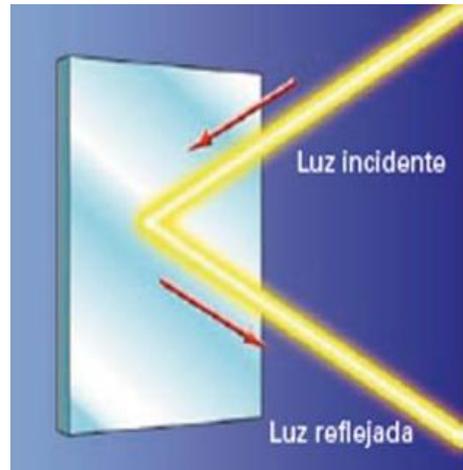
a) _____



b) _____

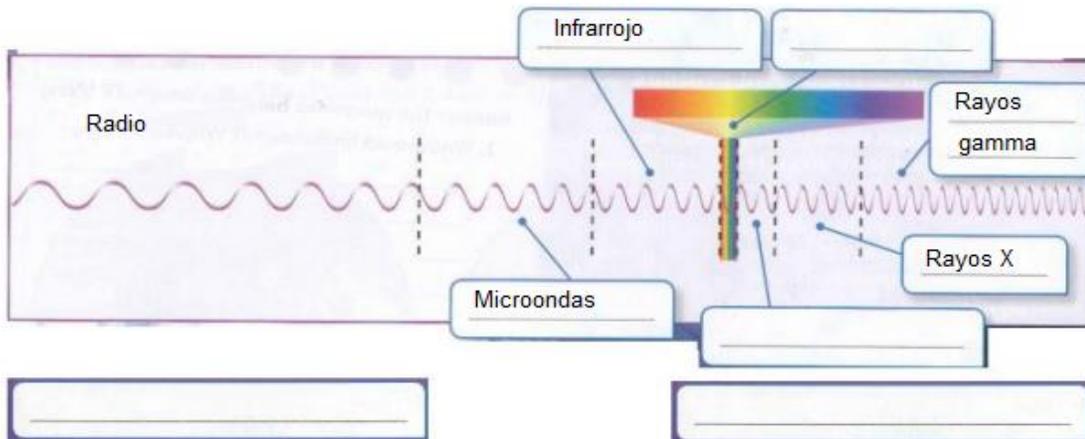


c) _____



d) _____

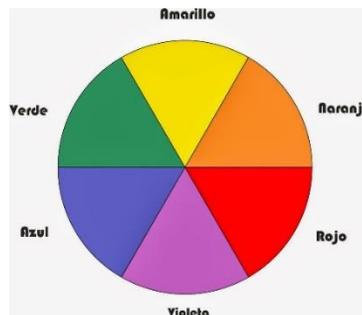
2. Complete los nombres que hacen falta en el espectro electromagnético.



3. ¿Cuál es la parte del espectrofotómetro, que convierte la señal de luz en una señal eléctrica?

- a. Fuente de luz
- b. Prima
- c. Rendija
- d. Detector

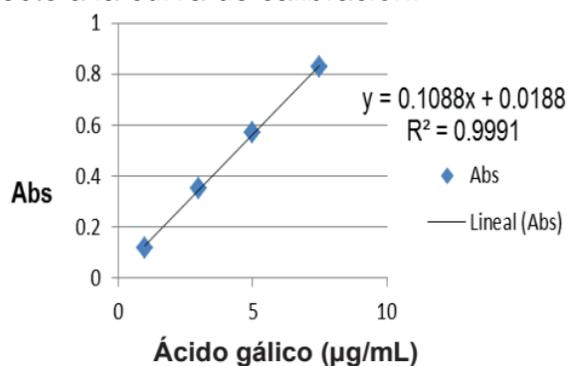
4. En el laboratorio se quiere analizar la actividad del radical libre DPPH, si esta molécula refleja una coloración violeta, ¿qué luz se absorbe?



- a. Violeta
- b. Amarillo
- c. Rojo
- d. Azul

5. Determine el porcentaje de transmitancia de una muestra de cacao que reporta una absorbancia de 0,792.

6. Determine la absorbancia de una muestra de extracto fenólico de maracuyá que presenta una transmitancia del 22%.
7. La absorbancia de una muestra problema de un alimento desconocido de 5 ppm es de 0.822 a una longitud de onda de 266 nm en una celda de 1.0 cm. Calcule la absortividad molar de la muestra.
8. Para la determinación del contenido de polifenoles en una muestra de agraz a partir del método Folin-Ciocalteu, se preparó un extracto de este fruto, del cual se tomaron 2 mL y se llevaron a un volumen de 50 mL, reportándose una absorbancia de 0,805. Determine la concentración de polifenoles en la muestra con respecto a la curva de calibración.



9. Se empleó la técnica espectrofotométrica DPPH (2,2-difenil-1-picrylhidrazyl), para determinar la actividad antioxidante del jengibre obteniéndose los siguientes valores la absorbancia, para el blanco de 0,300 y para la muestra es 0,059. Determine el % de la actividad antioxidante de este rizoma.
10. Complete el párrafo con algunas de las siguientes palabras: *precipitación, saludables, radicales libres, oxidación, antioxidantes, reducción, óxido-reducción, síntesis*.

La ingesta de alimentos _____ evita la oxidación de las células por el efecto reactivo e inestable de los _____, especies químicas generadas en los procesos metabólicos, el consumo del tabaco, las exposiciones a agentes contaminantes o a radiaciones ionizantes. En este sentido, desde el punto de vista bioquímico, se llevan a cabo reacciones de _____, en los cuales el antioxidante tiene la capacidad de inhibir el efecto de los radicales libres en las biomoléculas cediendo electrones, es decir, que este se _____, mientras que el radical libre experimenta una ganancia de electrones, presentando una _____.

Anexo 8. Resultados test de habilidades metacognitivas pretest

- Resultados obtenidos para la habilidad metacognitiva de planificación

Estudiante	Enunciado 1	Enunciado 2	Enunciado 3	Enunciado 4	Enunciado 5	Enunciado 6	Enunciado 7	Nivel
1	2	1	3	2	4	3	2	Intermedio
2	4	3	4	1	3	3	3	Intermedio
3	2	1	1	3	1	2	1	Inicial
4	3	2	3	2	3	2	3	Intermedio
5	4	2	4	3	3	4	3	Intermedio
6	2	1	2	2	2	1	1	Inicial
7	4	2	4	3	4	3	2	Intermedio
8	1	2	2	1	1	2	2	Inicial
9	4	2	2	2	4	3	3	Intermedio
10	1	2	1	2	2	1	2	Inicial

- Resultados obtenidos para la habilidad metacognitiva de autocontrol

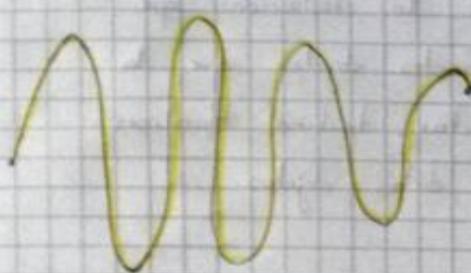
Estudiante	Enunciado 8	Enunciado 9	Enunciado 10	Enunciado 11	Enunciado 12	Enunciado 13	Enunciado 14	Nivel
1	1	3	1	3	3	3	2	Intermedio
2	3	3	3	3	2	4	2	Intermedio
3	1	2	2	1	2	1	2	Inicial
4	3	5	2	2	3	5	3	Intermedio
5	2	3	3	3	3	4	2	Intermedio
6	3	2	1	2	1	2	1	Inicial
7	4	4	3	3	3	3	4	Intermedio
8	1	3	3	2	3	3	4	Intermedio
9	1	2	3	4	5	3	4	Intermedio
10	2	1	1	2	1	1	2	Inicial

- **Resultados obtenidos para la habilidad metacognitiva de autorregulación**

Estudiante	Enunciado 15	Enunciado 16	Enunciado 17	Enunciado 18	Enunciado 19	Enunciado 20	Nivel
1	2	2	3	3	2	3	Intermedio
2	3	3	2	3	3	3	Intermedio
3	3	2	2	2	3	2	Intermedio
4	5	3	3	3	2	3	Intermedio
5	5	4	3	3	3	2	Intermedio
6	4	3	4	2	3	1	Intermedio
7	2	3	2	2	3	3	Intermedio
8	5	2	2	3	3	2	Intermedio
9	5	1	3	3	1	3	Intermedio
10	5	1	3	3	1	3	Intermedio

Anexo 9. Resultado prueba de conocimientos previos.

ONDA



1. Punto: ya Represente así La Onda según lo que entiendo, tipo mas una onda grafica porque hay ondas de todo tipo

2. Punto:
Rta: Pienso yo, según lo que se, cuando llueve el sol con la lluvia produce el efecto del color, y solo se puede ver en un lugar donde este vacío y sin objetos que lo interrumpa, como el cielo.

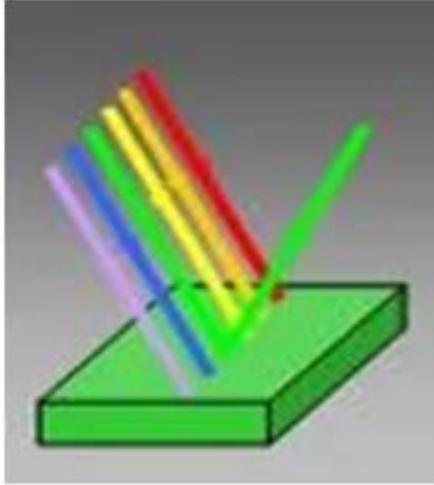
3. Punto:
Rta: Este es un fenomeno que se entiende y se manifiesta

3. Punto:
Rta: Este es un fenomeno que se entiende y se manifiesta de una forma que no se puede ver, se puede manifestar en ondas y en unos casos puede ser dañino para el ser humano.

4. punto:
Rta: Lo Respondi en el documento

5. Punto
Rta: Esta imagen puede referir la radiacion que produce el mundo y diferentes objetos que la producen y la pueden soportar, tambien Muestran la temperatura que alcanza dichos objetos

4. Indique debajo de cada imagen a que propiedad de la luz corresponden: reflexión, refracción, absorción y dispersión.



ABSORCIÓN

a) _____



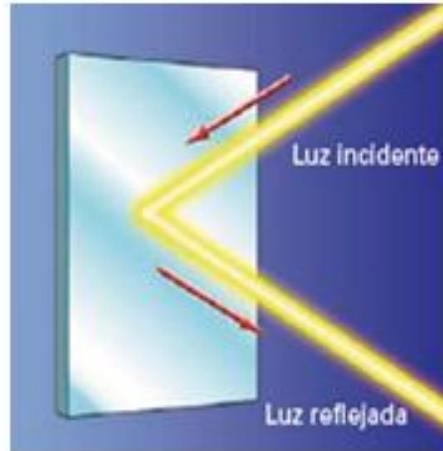
REFRACCIÓN

b) _____



DISPERSIÓN

c) _____



REFLEXIÓN

d) _____

Anexo 10. Resultados taller "Más allá de lo visible"

1. ¿Qué naturaleza presenta la luz?

La luz es una forma de radiación electromagnética y conocida como una energía radiante, que puede realizar una sensación visual ante los humanos.

2. ¿Qué relación presenta el sentido de la vista con el espectro visible?

Que la luz es capaz de producir una sensación visual con los ojos humanos y esto a través de ella, las personas puedan interactuar visualmente con aquellas cosas que se encuentran en el mundo.

3. ¿Qué comportamiento presentan las ondas electromagnéticas?

Las ondas electromagnéticas tienen un comportamiento en el cual se propagan por el espacio sin necesidad de un medio, es decir que viajan a la misma velocidad que en el vacío de 300000 km/s, también estas ondas presentan diferentes longitudes y frecuencias, dependiendo en donde se encuentra.

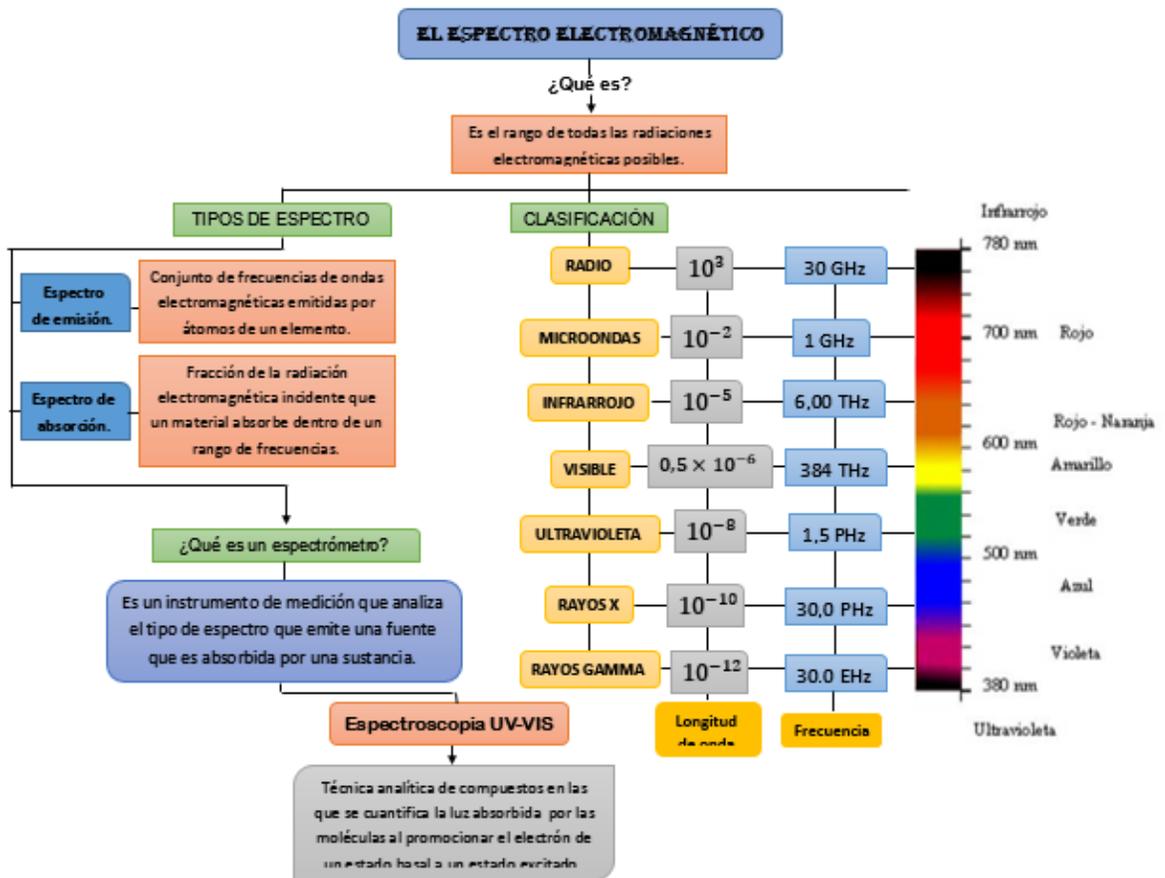
4. Explique en qué consiste el espectro electromagnético.

Es el conjunto de longitudes de onda de todas las radiaciones electromagnéticas, es decir el rango que esas radiaciones presentan.

5. ¿Las radiaciones pueden ser perjudiciales para nuestra salud?

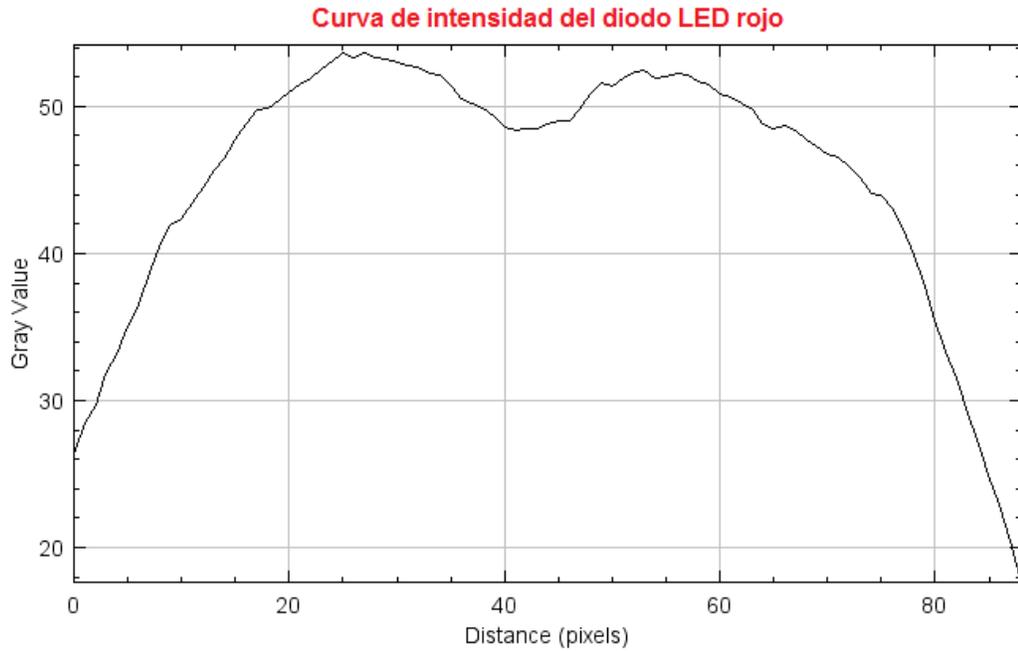
Si, ya que en ciertas ocasiones las radiaciones pueden ser tan fuertes ante el humano que provocan daños permanentes, en especial las radiaciones ionizantes ya que estas tienen mucha energía para quitar electrones y lo que hace es alterar el ADN humano.

6. Realice un mapa conceptual o mapa mental sobre el espectro electromagnético.

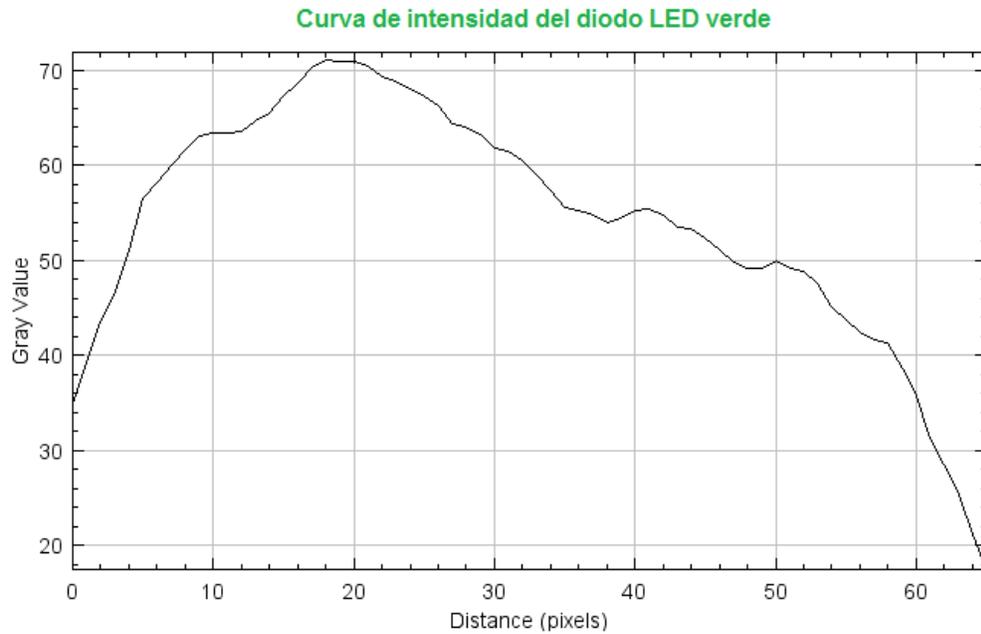


Anexo 11. Gráficas de los espectros de los diodos LED

Curva de intensidad del diodo LED rojo versus la posición de los pixeles

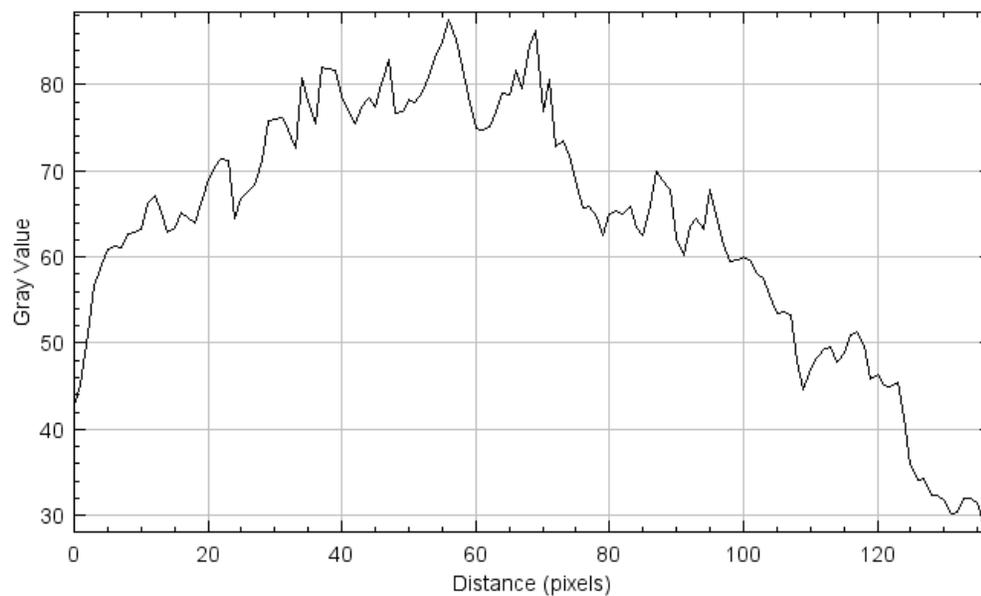


Curva de intensidad del diodo LED verde versus la posición de los pixeles



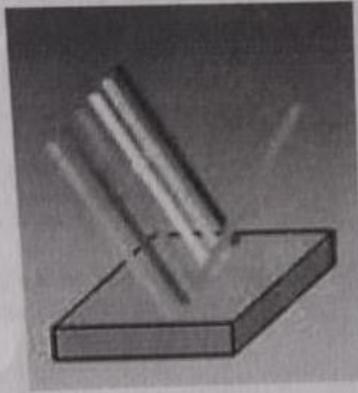
Curva de intensidad del diodo LED azul versus la posición de los pixeles

Curva de intensidad del diodo LED azul



Anexo 12. Resultados prueba de conocimientos aprendidos.

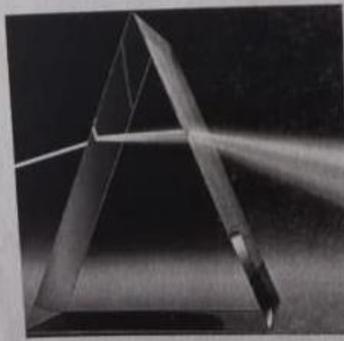
1. Indique para cada una de las imágenes a que propiedad de la luz corresponden: reflexión, refracción, absorción y dispersión.



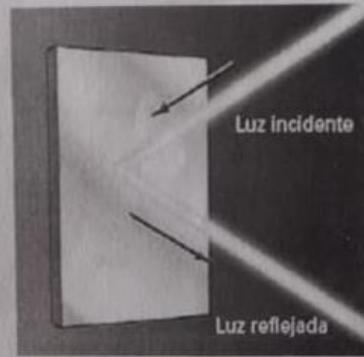
Absorción



Refracción



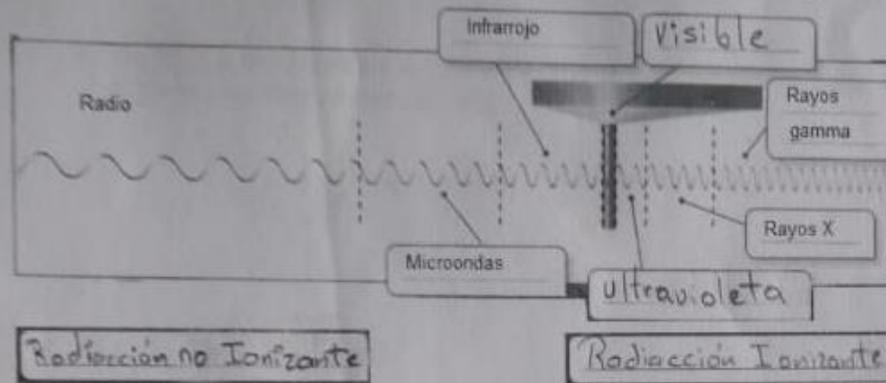
Dispersión



Reflexión



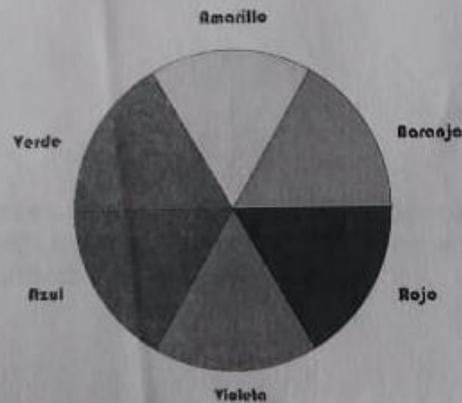
2. Complete los nombres que hacen falta en el espectro electromagnético.



3. ¿Cuál es la parte del espectrofotómetro, que convierte la señal de luz en una señal eléctrica?

- a. Fuente de luz
- b. Prima
- c. Rendija
- Detector

4. En el laboratorio se quiere analizar la actividad del radical libre DPPH, si esta molécula refleja una coloración violeta, ¿qué luz se absorbe?



- a. Violeta
- Amarillo
- c. Rojo
- d. Azul



5. Determine el porcentaje de transmitancia de una muestra de cacao que reporta una absorbancia de 0,792.

$$\% T = 10^{(2 - 0.792)} = 16,14\%$$

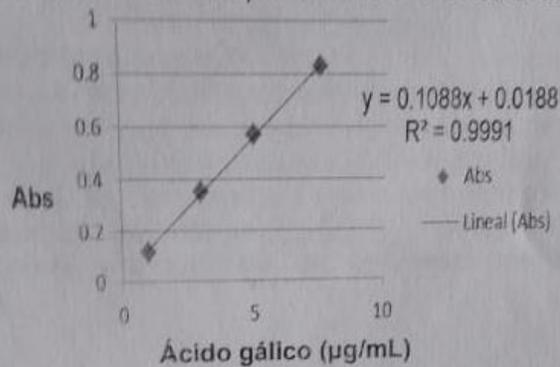
6. Determine la absorbancia de una muestra de extracto fenólico de maracuyá que presenta una transmitancia del 22%.

$$A = 2 - \log (22\%) = 0,658$$

7. La absorbancia de una muestra problema de un alimento desconocido de 5 ppm es de 0,822 a una longitud de onda de 266 nm en una celda de 1,0 cm. Calcule la absortividad molar de la muestra.

$$\epsilon = \frac{A}{C \times L} = \frac{0,822}{(5 \text{ ppm}) (1,0 \text{ cm})} = 0,16 \text{ ppm}^{-1}$$

8. Para la determinación del contenido de polifenoles en una muestra de agraz a partir del método Folin-Ciocalteu, se preparó un extracto de este fruto, del cual se tomaron 2 mL y se llevaron a un volumen de 50 mL, reportándose una absorbancia de 0,805. Determine la concentraron de polifenoles en la muestra con respecto a la curva de calibración realizada.



$$y = 0.1088x + 0.0188$$

$$x = 0.1276$$

$$X = 0.1276 \times \frac{2}{50} \text{ mL}$$

$$X = 0.005 \mu\text{g/mL}$$

9. Se empleó la técnica espectrofotométrica DPPH (2,2-difenil-1-picrylhydrazyl), para determinar la actividad antioxidante del jengibre obteniéndose los siguientes valores la absorbancia, para el blanco de 0,300 y para la muestra es 0,059. Determine el % de la actividad antioxidante de este rizoma.

$$\% \text{ AA} = \frac{0,300 - 0,059}{0,300} \times 100 = 80,33 \%$$



10. Complete el párrafo con algunas de las siguientes palabras: *precipitación, saludables, radicales libres, oxidación, antioxidantes, reducción, oxido-reducción, síntesis.*

La ingesta de alimentos antioxidante evita la oxidación de las células por el efecto reactivo e inestable de los radicales libres especies químicas generadas en los procesos metabólicos, el consumo del tabaco, las exposiciones a agentes contaminantes o a radiaciones ionizantes. En este sentido, desde el punto de vista bioquímico, se llevan a cabo reacciones de oxido-reducción, en los cuales el antioxidante tiene la capacidad de inhibir el efecto de los radicales libres en las biomoléculas cediendo electrones, es decir, que este se oxida, mientras que el radical libre experimenta una ganancia de electrones, presentando una reducción.