



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Preparación de puntos cuánticos de carbono como actividad experimental para enseñar los conceptos de absorción y emisión de energía

Kelly Alejandra Cueto Álvarez

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias

Medellín, Colombia

2023

Preparación de puntos cuánticos de carbono como actividad experimental para enseñar los conceptos de absorción y emisión de energía

Kelly Alejandra Cueto Álvarez

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título
de:

Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Director (a):

Doctora en Ciencias Químicas Maurin Salamanca Guzmán

Línea de Investigación:

Enseñanza de la Ciencia

Grupo de Investigación:

Ciencia de Materiales Avanzados

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias

Medellín, Colombia

2023

IV Preparación de puntos cuánticos de carbono como actividad experimental para enseñar los conceptos de absorción y emisión de energía

*“Nunca consideres el estudio como una obligación,
sino como una oportunidad para penetrar en el bello y
maravilloso mundo del saber”*

Albert Einstein

Agradecimientos

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a todas las personas que contribuyeron de manera significativa al desarrollo y finalización de este camino llamado maestría.

En primer lugar, agradezco de todo corazón a mi directora de tesis, la Dra. Maurin Salamanca, por su dedicación, orientación y apoyo continuo a lo largo de este proceso. Su experiencia y paciencia fueron fundamentales para la culminación de este trabajo.

A mis padres, Martha y Gabriel, quienes han sido mi mayor fuente de inspiración y apoyo incondicional, les agradezco por su constante aliento y sacrificios. Su fe en mis capacidades ha sido el motor que me impulsó a alcanzar este logro académico.

A mis hermanos, Mateo y Sebastián, les agradezco su amor incondicional. Cada paso dado se siente más firme con ustedes a mi lado.

A mis colegas y amigos que, de alguna manera, contribuyeron a este logro.

Nada hubiese sido posible sin el respaldo de cada uno de ustedes.

Resumen

Título: Preparación de puntos cuánticos de carbono como actividad experimental para enseñar los conceptos de absorción y emisión de energía

Este trabajo presenta una estrategia didáctica innovadora implementada para estudiantes de química básica con el objetivo de enseñar conceptos abstractos y difíciles de entender en química, de una forma más atractiva y accesible. La estrategia se basa en el uso de experiencias prácticas en el aula, utilizando la nanotecnología como herramienta diferenciadora. Se centra en la preparación de puntos cuánticos de carbono mediante un proceso sencillo pero fascinante, para abordar experimentalmente los conceptos de absorción y emisión de energía. La estrategia comienza con la identificación de conceptos previos necesarios y la introducción de nuevos conceptos relacionados con los puntos cuánticos de carbono. A continuación, tiene lugar la fase de desarrollo, en la que los alumnos siguen una guía de trabajo para preparar los puntos cuánticos y discuten la relación entre lo observado y los conceptos aprendidos. Por último, se utiliza una herramienta de evaluación para medir los resultados obtenidos, y se demuestra que la estrategia ha mejorado significativamente la comprensión de conceptos como la absorción y la emisión de energía. Adicionalmente, los alumnos tienen la oportunidad de aprender sobre nanotecnología y crear estructuras con impacto tecnológico y medioambiental. Se ofrece un enfoque refrescante y atractivo del aprendizaje de la química.

Palabras clave: Enseñanza de la química, absorción y emisión de energía, puntos cuánticos de carbono, nanotecnología, educación

Abstract

Title: Synthesis of carbon quantum dots as an experimental activity for teaching energy absorption and emission concepts

This work implements an innovative teaching strategy for general chemistry students. The main objective is to teach abstract and challenging chemical concepts in a more engaging and accessible way for students. The strategy is based on the use of practical experiences in the classroom, utilizing nanotechnology as an innovative tool. Specifically, it focuses on preparing carbon quantum dots through a simple yet fascinating process, which allows for teaching the concepts of absorption and emission of energy. The strategy's approach begins with identifying necessary prior concepts and introducing new concepts related to carbon quantum dots. Next, the students prepare the quantum dots following a practical guide, and then a conversation takes place to discuss the relationship between observations and the learned concepts. Finally, an assessment tool is employed to measure the outcomes. It is found that the strategy has significantly enhanced the understanding of concepts such as absorption and emission of energy. Additionally, students could learn about nanotechnology and create environmentally friendly structures with technological impact.

Keywords: Chemistry teaching, absorption and emission of energy, carbon quantum dots, nanotechnology, education.

Contenido

	Pág.
Resumen	VII
Lista de figuras	XII
Lista de tablas	XIV
Lista de Símbolos y abreviaturas	¡Error! Marcador no definido.
Introducción	1
1. Aspectos preliminares	5
1.1 Selección y delimitación del tema.....	5
1.2 Planteamiento del problema	5
1.2.1 Antecedentes.....	5
1.2.2 Descripción del problema	6
1.2.3 Formulación de la pregunta	9
1.3 Justificación.....	9
1.4 Objetivos	10
1.4.1 Objetivo general.....	10
1.4.2 Objetivos específicos	10
2. Marco referencial	11
3. Diseño metodológico: Investigación aplicada	21
3.1 Práctica experimental.....	22
4. Resultados y análisis de la intervención	24
5. Conclusiones	32
6. Referencias	33

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1. Modelo atómico de Thomson.	13
Figura 2. Modelo atómico de Rutherford.	14
Figura 3. Modelo atómico de Bohr y transiciones electrónicas.	15
Figura 4. Componentes de una onda.	16
Figura 5. Materiales y reactivos	22
Figura 6. Pasos por seguir para preparar los puntos cuánticos de carbono.	23
Figura 7. a). Producto final que contiene los puntos cuánticos de carbono (A) sin iluminación y (B) con iluminación de la lámpara UV.	24

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. Etapas del diseño metodológico	21
Tabla 2. Comparativo de resultados iniciales (azul) y finales (rojo) obtenidos en los cuestionarios KPSI. 1. No he oído hablar nunca de esto, 2. He oído hablar de esto, pero no se casi nada, 3. Sé un poco, y 4. Sé bastante. Se lo puedo explicar a un compañero de clase	25
Tabla 3. Promedio de estudiantes para cada valor del cuestionario KPSI.....	29

Introducción

La química es una asignatura que, dentro del ámbito de la educación obligatoria, específicamente en educación media y superior, representa un alto grado de complejidad gracias a la “gran acumulación de información abstracta y compleja” (Nakamatsu, 2012), en donde, la enseñanza de los conceptos propios del área representa grandes desafíos para los docentes. Aspecto en el que la didáctica juega un papel importante en la adquisición de estrategias para la transposición didáctica de temáticas relacionadas con la química, asunto que directamente se relaciona con la tarea del docente de “llevar a cabo de la manera más adecuada su tarea de enseñar” (Runge Peña, 2013). Por consiguiente, se requiere más que solo transmisión de información, dado que la asignatura demanda una inmersión rigurosa en el mundo de la ciencia, y en la relación práctica con su entorno y su cotidianidad (Ordaz González & Mostue, 2018).

En este sentido, el reto didáctico que se presenta en el área de química como ciencia experimental es lograr que los estudiantes puedan comprender los hechos que ocurren a su alrededor (Nakamatsu, 2012). Por tanto, en este estudio se propone el uso de la preparación de puntos cuánticos de carbono como una práctica experimental para comprender conceptos esenciales de la química como lo son la absorción y la emisión de energía, estrategia que tiene como base la conexión entre la teoría y la práctica a partir de la experiencia, basándose en el aprendizaje por descubrimiento propuesto por el pedagogo John Dewey. En busca de superar diferentes barreras educativas, utilizando tecnologías innovadoras de la actualidad como lo es la nanotecnología, transmitiendo conocimientos científicos, cultivando el pensamiento crítico y habilidades para el mundo real, se aplica también el modelo educativo STEM (por sus siglas en inglés) es el acrónimo de los términos en Science, Technology, Engineering and Mathematics (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas).

John Dewey proponía unir la teoría con la práctica, donde las experiencias experimentales permiten fortalecer los conocimientos, puesto que "la educación es una constante reorganización o reconstrucción de la experiencia" (Ruiz, 2013), en donde se podría ubicar la pedagogía experiencial que trata de combinar la teoría y la práctica a partir de la enseñanza experiencial (Arroyave Rave, 2021). Por tanto, el aprendizaje surge como consecuencia de enfrentarse a un problema que ha surgido en una actividad que, en este caso, se presenta en el aula de clases. La idea es que el alumno, a través de una estrategia didáctica, tenga una experiencia innovadora en la que muestre interés y se estimule su pensamiento científico. También, se desarrolla la comprensión de información que es necesaria para llevar a cabo la actividad, con el fin de que el mismo la desarrolle, aclare y descubra los conocimientos, conceptos y temáticas propuestas (Cadrecha, 1990).

Con base a lo anterior, se propone la nanotecnología como "recurso didáctico" (Gaviria Cortés et al., 2023) para presentar en las aulas de clases, siendo esta una disciplina científica que se encarga de estudiar y controlar la materia a nivel nanométrico, dado que a esta escala la materia posee propiedades únicas y diferentes a las estructuras en escala macro (Khamhaengpol et al., 2021), lo que termina siendo un asunto llamativo e innovador para los estudiantes.

Entre los diferentes tipos de nanopartículas que se han desarrollado, se encuentran los denominados puntos cuánticos de carbono, que son nanoestructuras de carbono que reciben mucha atención por sus propiedades: Fotoluminiscencia, estabilidad química, baja toxicidad y biocompatibilidad. Además, son capaces de emitir fluorescencia por excitación fotónica y su tamaño es de menos de 10 nm. Estas partículas se pueden obtener fácilmente a partir de fuentes orgánicas y con procesos a bajo costo. Por la misma razón, también son de baja toxicidad, por lo que, su manipulación y aplicación no conllevan riesgos significativos para el ser humano ni para el entorno (Ríos, 2021).

Lo anterior, convierte estos elementos en sustancias llamativas para los estudiantes, causando gran interés y cautivando su atención. Además, tiene aplicaciones en distintos campos: En la medicina como biomarcadores para detectar diferentes enfermedades difíciles de diagnosticar, tales como el cáncer, o también en la fotocatalisis porque pueden ser estimulados por la luz solar para promover reacciones químicas necesarias para llevar

a cabo la degradación de compuestos orgánicos nocivos para el medio ambiente, y en la conversión de energía porque son solubles en agua y puede ocurrir una fotodivisión, produciendo energía mediante la generación de hidrógeno (Jorns & Pappas, 2021).

Asimismo, algunos conceptos de la química como la absorción y emisión de energía se pueden explicar a partir de lo anterior, ya que fluorescencia se produce cuando los electrones son excitados por radiación electromagnética y se libera energía en forma de fotones con longitud de onda diferente a la luz absorbida. El comportamiento de los puntos cuánticos de carbono permite comprender conceptos como el modelo atómico de Bohr, lo que ocurre en la transición electrónica, y relacionar conceptos previos como las ondas, lo que ocurre en la transición electrónica, y relacionar conceptos previos como las ondas, la radiación electromagnética, y el átomo (Vaz et al., 2015). Por esta razón, se implementa una práctica de laboratorio en el aula de clase en donde se preparan puntos cuánticos de carbono de forma sencilla y con materiales de fácil acceso para todos. Teniendo en cuenta el modelo educativo STEM, se busca presentar situaciones innovadoras en el aula, implementando prácticas relacionadas con el mundo real y que contribuyan al pensamiento científico, incentivando la creatividad, logrando que el estudiante adquiera un aprendizaje significativo, fomentando el papel activo, constructivo y crítico, mientras que el docente asume un rol de guía y orientador (Bautista, 2021).

La estrategia propuesta en este trabajo ofrece la oportunidad de implementar la nanotecnología en la educación media y superior a través de un modelo educativo STEM (Widya et al., 2019), que integra ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas con el fin de desarrollar la creatividad de los estudiantes a través de la resolución de problemas y basándose en el aprendizaje por descubrimiento. Por todo lo dicho anteriormente, este estudio tiene como propósito la enseñanza de la absorción y emisión de energía a través de la preparación de puntos cuánticos de carbono.

1.Aspectos preliminares

1.1 Selección y delimitación del tema

Enseñanza de los conceptos de absorción y emisión de energía utilizando como estrategia experimental la preparación de puntos cuánticos de carbono.

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 Antecedentes

Existen contribuciones que han realizado distintos investigadores a la educación en la que han utilizado la nanociencia, especialmente la preparación de puntos cuánticos de carbono, como una herramienta didáctica para estudiantes en áreas de la química y la física. En Brasil, autores como (Vaz et al., 2015), proponen un experimento en estudiantes de educación superior que se caracteriza por su simplicidad, facilidad y accesibilidad. Los docentes han identificado en la nanociencia una valiosa oportunidad para impartir conceptos químicos a través de prácticas experimentales, que, en este caso, es mediante la preparación de puntos cuánticos de carbono. Se sintetizaron los puntos cuánticos de carbono utilizando gelatina sin sabor como precursor utilizando el método de la pirolisis a alta temperatura y en atmósfera controlada, los autores aseguran que la experiencia fue un recurso didáctico eficaz para abordar conceptos fundamentales en la asignatura, tales como los principios básicos de luminiscencia, absorción y emisión de energía, sin embargo, no se muestran los resultados de como la actividad experimental influyó en la adquisición de conceptos por parte de los estudiantes.

Otros autores como (Schneider et al., 2019), proponen producir puntos cuánticos de carbono de una manera simple a partir de material orgánico como ácido cítrico, jugo de limón o jugo de naranja. Esto con el fin de realizar la práctica de manera ilustrativa y en donde los estudiantes observen la fluorescencia obtenida utilizando equipos comunes en el laboratorio como lo son una manta de calentamiento, barras magnéticas, vasos de precipitado, una lámpara UV de bolsillo y una columna cromatográfica para realizar la separación. Otros autores como (Santos et al., 2020) proponen la preparación y caracterización de puntos cuánticos de sulfuro de cobre, indio y zinc, amigables con el medio ambiente, para utilizarlo como práctica experimental en el aula de clase con el fin de motivar a estudiantes del pregrado de química, porque se tiene contacto directo con la obtención de estos nanomateriales. Con esta experiencia los estudiantes aprenden sobre espectroscopia electrónica de absorción y de emisión, composición y morfología de materiales, fluorescencia, y síntesis de nanopartículas luminiscentes, un tema que se puede utilizar en discusiones diversas de gran interés en la carrera de química.

En conjunto, estos enfoques innovadores en la enseñanza, que emplean la nanociencia como herramienta didáctica, no solo brindan a los estudiantes experiencias prácticas y tangibles, sino que también cultivan su interés al conectar conceptos teóricos con aplicaciones concretas. Estas prácticas no solo fomentan la comprensión de conceptos abstractos de la química a través de la nanociencia, sino que también inspiran a futuros científicos al ofrecer una visión única y participativa en el mundo de los materiales a escala nanométrica.

1.2.2 Descripción del problema

Los docentes de química básica han tenido como tema de interés principal la búsqueda de metodologías eficientes para enseñar conceptos que suelen ser abstractos y de difícil entendimiento para los estudiantes y esto conlleva a una desmotivación y falta de interés por aprender. Como consecuencia se están evidenciando bajas calificaciones en las actividades y evaluaciones realizadas y en los peores casos, altos índices de pérdida y deserción. Su complejidad en el aprendizaje se demuestra en los resultados obtenidos en las pruebas PISA “Programa para la evaluación internacional de alumnos” (Programme for

international student assessment) en el año 2018, con respecto al área de ciencias la evaluación se basa en la comprensión de conceptos y la aplicación de razonamiento científico en la cotidianidad. Los resultados muestran que el 76.4% de los estudiantes obtuvieron un nivel de desempeño inferior a 3 (calificación de 1 a 6, donde 1 es el nivel de desempeño más bajo y el 6 el más alto), lo que indica que podrían conocer y entender fenómenos científicos familiares (OECD, 2019a). En Colombia, se obtuvo un rendimiento menor que la media global, alrededor del 50% de los estudiantes colombianos solo alcanzaron el nivel 2, y un porcentaje insignificante alcanzó un nivel de desempeño por encima del nivel 5 (OECD, 2019b).

Esto también se refleja en las calificaciones obtenidas en las pruebas saber 11 del estado colombiano, la cual busca evaluar las competencias básicas que debe desarrollar un estudiante por su paso en la vida escolar (Colombia. Ministerio de Educación Nacional, 2022). En este contexto, en el año 2022 se obtuvo un promedio de calificación general de 50/100 entre los estudiantes colombianos con calendario A (calendario que comienza a inicios de año y su duración es de 40 semanas), al que pertenecen la mayoría de las instituciones educativas del país, especialmente los colegios públicos. Se observa que el 71% de los estudiantes evaluados se ubicaron en los niveles de desempeño 1 y 2 (los niveles de desempeño se dividen de 1 a 4 donde 1 es el más bajo y 4 es el más alto), y solo el 2% alcanzó el nivel 4 (Bernal et al., 2023).

El reto de esta investigación es proponer una estrategia que permita a los estudiantes retomar el interés por la química y así poder mejorar el desempeño académico de los jóvenes y que entiendan los conceptos que están viendo en la materia.

Para lograr que el estudiante adquiriera interés y motivación en la química y logre obtener resultados positivos en su aprendizaje, es importante que el docente no solo enseñe conceptos, sino que relacione esos conceptos con contextos y experiencias que generen interés en los estudiantes, para que vean la vida a través de la ciencia. Se buscará relacionar los conceptos con la ciencia, la tecnología y la sociedad fomentando una alfabetización científica. Lo anterior solo se logra si relacionamos la química con la vida real, la actualidad.

Esta es una oportunidad para implementar la nanociencia en materias básicas de la educación superior y en instituciones de educación básica a través de un modelo educativo STEM, ya que es importante que los estudiantes y futuros profesionales se formen en ciencia y tecnología, y se les incentive el pensamiento científico, que en este caso se llevaría a cabo con la aplicación de la nanotecnología mediante experimentos sencillos con el fin de comprender distintos conceptos básicos de química general y con el uso de herramientas de innovación. Actualmente, nos encontramos en un crecimiento tecnológico exponencial y uno de los objetivos en las instituciones educativas y en la universidad es formar jóvenes integrales capaces de asumir retos que beneficien el crecimiento de la sociedad teniendo en cuenta el desarrollo sostenible, ya que las nuevas tecnologías propuestas deben tener un bajo impacto ambiental.

Disciplinas como la química orgánica, inorgánica y fisicoquímica enseñan conceptos que se pueden relacionar fácilmente con la nanociencia y los estudiantes tendrían contacto directo con nanomateriales de gran aplicación actual y con bajo impacto ambiental, incentivando al alumno a aprender conceptos de química a través de preparaciones de nanomateriales de forma sencilla con diversos usos y que sus aplicaciones puedan servirles en su futuro.

Los puntos cuánticos de carbono son un tipo de nanomaterial que posee una particularidad, la fluorescencia, que es un fenómeno físico en el cual un material absorbe energía, en este caso, en forma de luz ultravioleta, y luego reemite esa energía en forma de luz visible. Este proceso implica la excitación de electrones en los átomos del material a un nivel de energía superior cuando absorben la luz incidente. Cuando estos electrones vuelven a su estado original, liberan la energía absorbida en forma de luz visible (diferente longitud de onda), y, por tanto, produciendo el resplandor característico de este fenómeno (Lakowicz, 2007), característica que atrae la atención de los estudiantes porque proporciona una forma tangible y visible de ilustrar los conceptos abstractos de absorción y emisión de energía, haciendo la teoría más accesible a través de la práctica. Los puntos cuánticos de carbonos son nanomateriales que están formados por átomos de carbono y se pueden obtener a partir de compuestos orgánicos de fácil acceso, en la que su preparación puede realizarse a partir de una experiencia sencilla, donde los materiales utilizados son fáciles de conseguir.

A partir de la preparación de los puntos cuánticos de carbono se promoverá la comprensión de los conceptos de absorción y emisión de energía, conceptos básicos que comúnmente se enseñan en la asignatura de química y que suelen ser complejos para los estudiantes tanto de educación media como estudiantes de primeros semestres en la universidad.

1.2.3 Formulación de la pregunta

¿Cómo utilizar los puntos cuánticos de carbono como estrategia de enseñanza de los conceptos de absorción y emisión de energía en la enseñanza de la química?

1.3 Justificación

Un docente debe ser capaz de comprender, atender y resolver complejidades que se le presenten en su campo laboral. Una de las características más importantes para un profesor de química es tener habilidades específicas en la teoría y la práctica y hacer énfasis en la importancia del método científico y las prácticas experimentales como estrategia de enseñanza.

La enseñanza de la química puede crear una relación entre la teoría y la práctica en la cual los conceptos que son enseñados en su plan de estudio podrían también ser enseñados de forma práctica en el aula de clase y que podrían mejorar notablemente su comprensión. Este diseño experimental está pensado para ser aplicado y replicado en un aula de clases o en cualquier espacio físico con materiales de fácil acceso, haciéndolo más accesible para docentes y estudiantes y también, que sea innovador, incentivando el pensamiento científico basado en el enfoque educativo STEM y el aprendizaje por descubrimiento ya que se busca que la práctica sea una herramienta innovadora en ciencia y tecnología para el aprendizaje de conocimientos y también, la autonomía del estudiante para lograr un aprendizaje significativo.

Actualmente, el mundo se encuentra en una era tecnológica buscando alternativas para su desarrollo, a su vez que se busca implementar herramientas con muy bajo impacto ambiental, y entre estas alternativas existe la nanociencia, que es una ciencia que estudia y desarrolla nanomateriales novedosos, con gran potencial, sostenible y con muchas aplicaciones en beneficio de la sociedad.

Buscando la manera de relacionar conceptos como absorción y emisión de energía enseñados en química general, se aplicará una práctica experimental basado en la producción de puntos cuánticos de carbono, que es un nanomaterial con grandes aplicaciones actuales y con el fin de que los estudiantes se motiven en el aula, estén inmersos en tecnologías que tienen grandes aplicabilidades en el mundo de la ciencia, que les puede servir en el futuro, como ciudadanos integrales y, al mismo tiempo, aprendiendo y comprendiendo de forma significativa conceptos básicos de esta asignatura.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Diseñar una actividad experimental utilizando los puntos cuánticos de carbono como estrategia de enseñanza de los conceptos de absorción y emisión de energía.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Identificar los conocimientos previos en los estudiantes de química general relacionados con los fenómenos de absorción y emisión de energía.
2. Implementar un método sencillo para preparar puntos cuánticos de carbono como actividad experimental.

3. Realizar una experiencia de aula para evaluar la estrategia desarrollada para mejorar la enseñanza de los conceptos de absorción y emisión de energía.

2. Marco referencial

La enseñanza de la química se destaca como un pilar fundamental en la formación científica de los estudiantes, proporcionándoles las herramientas necesarias para comprender y aplicar conceptos que sustentan fenómenos naturales y procesos industriales. Dentro de este gran campo, la comprensión de la absorción y emisión de energía emerge como un componente esencial, delineando las interacciones fundamentales entre la materia y la radiación electromagnética.

En este contexto, la búsqueda de metodologías innovadoras para facilitar el aprendizaje de conceptos abstractos se vuelve imperativa. Uno de los enfoques emergentes que ha capturado la atención de muchos científicos es el desarrollo de puntos cuánticos de carbono. Estos nanomateriales, con sus propiedades únicas, ofrecen una oportunidad de integrar la educación con la ciencia, y a su vez, con tecnologías innovadoras. Los puntos cuánticos de carbono pueden ser herramientas didácticas únicas, que sirven para enseñar conceptos como la absorción y la emisión de energía.

La comprensión de los procesos de absorción y emisión de energía en el ámbito de la química es crucial porque son fundamentales para entender fenómenos químicos, comprender como los átomos interactúan con la energía es fundamental para explicar reacciones químicas, cambios de estados y otros sucesos a nivel molecular. La base de todo es la transición electrónica, que es fundamental para entender la estructura electrónica de los átomos y proporciona información sobre los niveles de energía y las

configuraciones electrónicas, y para entender este concepto, se debe tener en cuenta las teorías atómicas y, entre los distintos modelos atómicos que han existido hasta la actualidad, el modelo atómico de Bohr fue seleccionado para explicar la transición electrónica debido a su capacidad para cuantizar las órbitas y proporcionar una explicación simplificada y efectiva para ciertos fenómenos espectroscópicos.

Hasta la fecha, han existido diferentes teorías atómicas que han tratado de explicar cuál es el comportamiento de un átomo, proporcionando una descripción de la estructura atómica. Aquí algunas de las teorías:

1. Teoría atómica de Dalton: Surge en el año 1803, John Dalton describe esta teoría basada en tres supuestos: Cada elemento químico se compone de partículas indivisibles e indestructibles llamadas átomos. Estos átomos son semejantes en masa y otras propiedades cuando se encuentran formando un elemento, pero los átomos de un elemento son diferentes a los átomos de otro elemento. Y, por último, en cada uno de los compuestos, los diferentes elementos se combinan en una proporción numérica sencilla. Por ejemplo, un átomo A se une a un átomo B para formar AB.

La teoría de Dalton puede explicar la ley de la conservación de la masa porque si se dice que los átomos son indestructibles, entonces al ocurrir una reacción química, en los productos deben estar presentes los mismos átomos que se encontraban en los reactivos. Se debe tener en cuenta que, aunque la teoría de Dalton supone un avance significativo en la época, sus postulados tuvieron que ser revisados y actualizados a medida que se acumulaba más evidencia experimental. Por ejemplo, hoy en día se sabe que los átomos no son indivisibles, porque están compuestos por partículas subatómicas (protones, neutrones y electrones). Sin embargo, la idea de los átomos como unidad básica de la materia sigue vigente y pilar en la modernidad (Nash, 2017).

2. Modelo de Thomson: En 1897, luego del descubrimiento de los electrones por George Stoney en 1874, se propone un nuevo modelo atómico conocido como el modelo “pudín de pasas”, como se observa en la figura 1. Propone que el átomo es una esfera uniforme de carga positiva en la que los electrones se encuentran incrustados como unas pasas en un pudín. Estos electrones se consideraban partículas cargadas negativamente y estaban

distribuidas por todo el átomo. Cuando ocurría una reacción, se involucraban cambios en la disposición de los electrones.

Si bien este modelo pudo explicar algunos fenómenos, no pudo explicar por qué algunos elementos emitían luz durante la excitación, fenómeno conocido como espectro de líneas. Este modelo fue muy importante porque se pudo reconocer la existencia de partículas subatómicas como los electrones con una carga eléctrica en cada átomo. Sin embargo, Rutherford llevó a una revisión de este modelo, dando paso a otro más actualizado (Chayut, 1991).

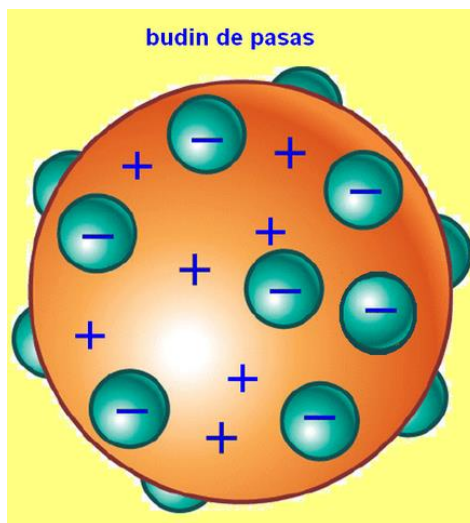


Figura 1. Modelo atómico de Thomson.

Tomado de: <https://www.timetoast.com/timelines/linea-de-tiempo-sobre-los-modelos-atomicos>

3. Modelo atómico de Rutherford: En 1911, Rutherford propone que en el centro del átomo hay un diminuto corpúsculo llamado núcleo y menciona que la mayor parte de la masa del átomo y su carga positiva se concentran en este núcleo. Los electrones, que tienen la carga negativa, orbitan alrededor del núcleo en trayectorias circulares, recordando al sistema solar y su comportamiento, representando a los planetas como los electrones y al sol como el núcleo, como se observa en la figura 2. Rutherford llega a esta propuesta luego de realizar un experimento sobre dispersión de partículas alfa, en el que bombardea láminas delgadas de metal con estas partículas. Al observar que algunas partículas se

desviaban, concluye que debía haber una región central con carga positiva (núcleo) que causaba las desviaciones.

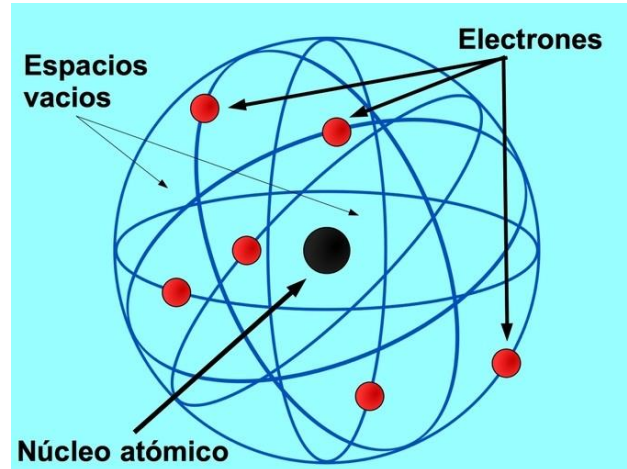


Figura 2. Modelo atómico de Rutherford.

Tomado de: <https://www.todamateria.com/modelo-atomico-de-rutherford/>

Este modelo tenía algunas limitaciones, porque no podía explicar la estabilidad de los electrones en las órbitas, ya que debían emitir radiación y perder energía continuamente, lo que llevaría al colapso del átomo (Petrucci et al, 2011).

4. Modelo atómico de Bohr: En 1913, Niels Bohr propone este modelo que ayuda a explicar fenómenos observados en los espectros atómicos. Bohr propone que los electrones se mueven en órbitas circulares alrededor del núcleo como se observa en la figura 3, pero estas órbitas están cuantizadas, lo que significa que ciertos niveles de energía están permitidos. Cada órbita corresponde a un nivel de energía y los electrones pueden saltar entre órbitas mediante la absorción y emisión de energía. Cuando un átomo absorbe un fotón, la energía del fotón excita a uno de los electrones y éste alcanza un nivel de energía mayor. Pero cuando el electrón se encuentra excitado y está en un nivel mayor, se encuentra en una posición inestable, lo que lo hace caer a un estado de menor energía y emitir un fotón. Estos cambios en los niveles de energía (pasar de un nivel menor a uno mayor o de uno mayor a uno menor) se le conoce como transición electrónica (Chang, 2022).

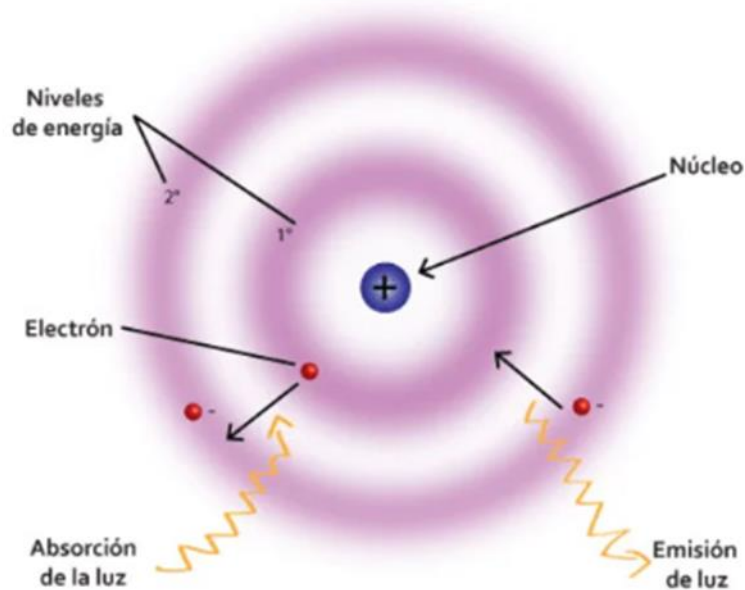


Figura 3. Modelo atómico de Bohr y transiciones electrónicas.

Tomado de: <http://telovejazz.blogspot.com/2011/11/metales-de-transicion.html>

Este modelo se escoge para explicar la absorción y emisión de energía debido a su capacidad para cuantizar las órbitas electrónicas y proporcionar una explicación efectiva para fenómenos espectroscópicos, especialmente en el átomo de hidrógeno. Aun cuando este modelo no representa la conceptualización más reciente del átomo, si permite explicar los átomos hidrogenoides así como a visualizar de manera sencilla las transiciones electrónicas.

Ahora bien, también se explora conceptos importantes como lo es la fluorescencia, que es un fenómeno óptico en el cual un material absorbe fotones de luz de una cierta longitud de onda, y luego emite fotones a una longitud de onda mayor. En este proceso, se implica la absorción y emisión de energía (Jorns & Pappas, 2021). Este fenómeno se puede observar en los puntos cuánticos de carbono, que absorben luz ultravioleta y emiten luz visible. La luz ultravioleta tiene longitudes de onda que varían entre 10 nm hasta 400 nm, mientras que la luz visible tiene longitudes de onda que varían entre 400 nm hasta 700 nm (Lakowicz, 2007).

La emisión de energía en un sentido más general implica que un sistema libere energía en forma de radiación electromagnética, que puede incluir luz visible, ultravioleta, infrarroja, etc. Es decir, la fluorescencia, es un tipo específico de la emisión de energía que implica absorber luz y luego emitir luz en un intervalo de tiempo.

La longitud de onda es una medida de la distancia entre dos crestas o dos valles consecutivos en una onda, como se observa en la figura 4, y se representa por la letra griega λ (lambda) (Petrucci et al, 2011).

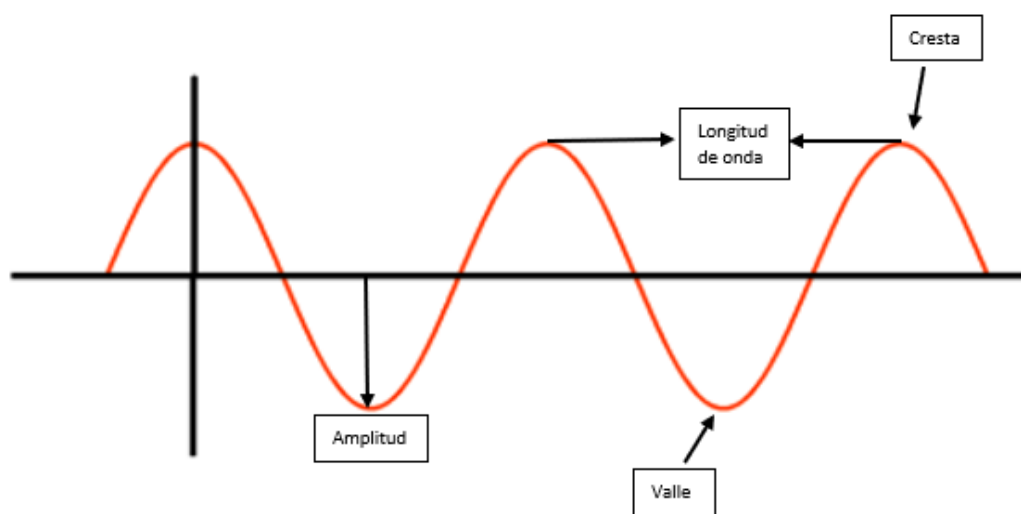


Figura 4. Componentes de una onda.

Elaboración propia

La relación entre la longitud de onda y la fluorescencia se pueden entender a través de procesos de absorción y emisión de energía, basados en el modelo atómico de Bohr.

Todo lo anteriormente mencionado, se relaciona con la preparación de los puntos cuánticos de carbonos, ya que diferentes conceptos como el modelo atómico de Bohr, absorción y emisión de energía, fluorescencia, entre otros, explican el comportamiento de estos nanomateriales y ayudan a entender sus fenómenos físicos y químicos. A su vez, se aplica el estudio de tecnologías emergentes, como lo es la nanotecnología, que en la actualidad avanza en su investigación y tiene aplicaciones importantes en la biología, la

ingeniería, la medicina y suele ayudar con problemas del mundo moderno, incentivando a los estudiantes a generar conocimiento científico.

La nanotecnología, que es la ciencia que se relacionará con el estudio de los conceptos anteriormente mencionados, es una rama que se enfoca en estudiar y manipular distintos materiales a una escala muy pequeña, del nivel de átomos y moléculas. El prefijo “nano” hace referencia a algo pequeño, específicamente a 1×10^{-9} . Si hablamos de un nanómetro, esto es la mil millonésima parte de un metro ($1 \text{ nm} = 1 \times 10^{-9} \text{ m}$), así de pequeño es (Ríos, 2015).

La nanotecnología tiene muchas aplicaciones prácticas como la creación de materiales más resistentes, livianos, y amigables con el medio ambiente. En áreas como la tecnología, en la creación de dispositivos electrónicos más pequeños y eficientes, en áreas como la salud, en el desarrollo de medicamentos y dispositivos capaces de detectar enfermedades, y en lo ambiental, desarrollando dispositivos que intervienen en procesos que disminuyen la contaminación.

Como se trabaja en una escala tan pequeña, los científicos aprovechan esas propiedades únicas que tienen los materiales a nivel nanométricos. Por ejemplo, estos materiales se vuelven más resistentes a este nivel, mejores conductores, mejores absorbentes, más reactivos, pueden emitir luz, entre otras (Khamhaengpol et al., 2021).

Entre los distintos tipos de nanopartículas que se producen, se encuentran las nanopartículas de carbono o puntos cuánticos de carbono, como su nombre lo indica, formados principalmente por átomos de carbono. La ventaja de estos nanomateriales es que se pueden obtener fácilmente a partir de fuentes orgánicas como la glucosa (un azúcar), a través de procesos de oxidación y deshidratación de bajo costo.

Una de las ventajas de estas nanopartículas es que son biocompatibles, lo que significa que no son tóxicos para los seres vivos ni para el medio ambiente. Por esta razón, su manipulación y aplicación no conlleva riesgos para el ser humano ni para el entorno (Sagbas & Sahiner, 2018).

Los puntos cuánticos de carbono son pequeñas partículas de carbono con propiedades especiales debido a su tamaño (varía entre 1 y 10 nm), permitiéndoles exhibir propiedades cuánticas como la fluorescencia, es decir, que con el estímulo apropiado emiten luz.

Los puntos cuánticos de carbono son una buena herramienta didáctica para enseñar estos conceptos porque exhiben propiedades ópticas particulares debido a su tamaño y estructura. Pueden absorber luz en una determinada longitud de onda y, posteriormente, emitir luz con una longitud de onda diferente, que viene siendo una luz perceptible para el ojo humano, lo que ilustra de manera visual los conceptos de absorción y emisión de energía. También se resalta que son estructuras accesibles para experimentos prácticos en entornos educativos, lo que facilita la participación de los estudiantes en su síntesis brindándoles experiencias tangibles, mejorando la motivación y entendiendo que los conceptos aprendidos tienen aplicaciones prácticas y tecnológicas.

Esta estrategia didáctica tiene como base la conexión entre la teoría y la práctica, basándose en el aprendizaje por descubrimiento propuesto por John Dewey, que fue un pedagogo norteamericano que buscaba una mejor sociedad, logrando unir la teoría con la práctica. Según Dewey, la educación parte desde una teoría a partir de la incertidumbre de la materia y esto conlleva a buscar hipótesis y puntos de vista para darle una explicación a la naturaleza. De lo anterior surge la teoría del conocer que se deriva de la práctica para obtener conocimientos. El método que él propone es el método experimental y se busca un aprendizaje por descubrimiento. Se aprende como consecuencia de enfrentarse a un problema que ha surgido en una actividad y de forma autónoma, con la guía del docente. El fin es buscar disciplinas que faciliten esas conexiones necesarias para el conocimiento. Esta propuesta tiene una finalidad que es formar estudiantes con carácter especial para encontrar una sociedad mejor (Westbrook, 1993).

El aprendizaje por descubrimiento de Dewey tiene varios aspectos que son tenidos en cuenta: Un problema, la observación, las conclusiones y la comprobación del experimento. La idea es que el alumno tenga una experiencia innovadora en la que se muestre interés y se estimule su pensamiento, y con la orientación del docente, lleva a cabo la actividad con el fin de que el mismo la desarrolle y pueda descubrir sus conocimientos (Cadrecha, 1990).

Lo anterior va de la mano con el modelo educativo STEM, que corresponde a ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, y hace parte de un modelo de aprendizaje basado en proyectos, agrupando las 5 áreas mencionadas anteriormente, fomentando la autonomía y la capacidad de resolver situaciones, con el fin de adquirir un aprendizaje significativo. Los estudiantes aprenden haciendo, se adquieren habilidades y herramientas que les permiten enfrentar situaciones de la vida cotidiana y nuevos retos que se presentan en la actualidad, teniendo en cuenta la era tecnológica que se vive y los nuevos retos con respecto a las ciencias y la tecnología incluyendo prácticas que integran la ingeniería. Los cuatro componentes son necesarios para el mundo profesional.

Existen diferentes razones por las que se implementa el modelo educativo STEM, entre estas: Mejorar las calificaciones obtenidas en pruebas internacionales como las pruebas PISA, incentivar a los estudiantes a interesarse en profesiones relacionadas con las ciencias, las ingenierías y la tecnología, ya que el siglo XXI es la era digital y se estima que para la actualidad el 60% de los empleos estén relacionados con la tecnología, los datos, las cuentas. Se espera formar estudiantes competentes para los nuevos retos y los avances tecnológicos (Widya et al., 2019).

Autores como (Schneider et al., 2019) proponen el uso de la nanotecnología en el aula de clase con el fin de motivar a los estudiantes, y preparan puntos cuánticos de carbono a partir de jugo de limón para presentarlos ante estudiantes de educación media y superior. La síntesis de estas nanopartículas se basa en la carbonización del jugo de limón usando una plancha de calentamiento, y el método usado para separar los puntos cuánticos de carbono dependiendo de su tamaño es la cromatografía. Este experimento tiene una duración de aproximadamente 2 horas y cuenta con el uso de productos químicos seguros y de fácil acceso, lo que permite introducir a los estudiantes en la nanociencia de forma sencilla y práctica en el aula de clase. La fluorescencia también se puede visualizar con una lámpara UV de bolsillo. A partir de la experiencia se pueden enseñar conceptos como nanotecnología, suspensión coloidal, absorbancia y fluorescencia.

Este estudio presentado por autores como (Vaz et al, 2015) propone un experimento simple, fácil y accesible para estudiantes. El experimento desarrolla puntos cuánticos de

carbono mediante pirolisis utilizando gelatina comercial como precursor, y haciendo una caracterización de los puntos cuánticos. A partir de la experiencia se enseña sobre principios básicos de luminiscencia y transición electrónica, procesos de absorción y emisión de energía, espectroscopía. Los estudiantes que hicieron parte de este estudio son estudiantes de química inorgánica en la universidad, y se les permitió tener un primer contacto con estos nanomateriales que actualmente hacen parte del auge de desarrollo tecnológico actual, siendo el foco de estudio en grupos de investigación lo que ha aumentado la cantidad de trabajos científicos en esta área. Se incrementó el interés de los estudiantes en este tema y creció el acceso a conocimientos de investigación científica.

Para estudiantes de la asignatura de química del estado sólido, autores como (Santos et al., 2020) proponen la producción y caracterización de los puntos cuánticos de carbono para enseñar distintos conceptos en el aula de clase como la síntesis de nanopartículas, espectroscopía y caracterización óptica, difracción de rayos X, caracterización estructural, materiales semiconductores, transición electrónica, coloides, entre otros. Se sintetizaron puntos cuánticos de sulfuro de indio y cobre, amigables con el medio ambiente mediante una ruta “verde”.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, la transición de conceptos teóricos a aplicaciones concretas establece una base sólida para el diseño metodológico, que busca explorar como la enseñanza práctica de los puntos cuánticos de carbono impacta en la comprensión de los estudiantes sobre absorción y emisión de energía.

3. Diseño metodológico: Investigación aplicada

Esta intervención se realizó en la Institución Educativa Distrital (IED) Rodrigo Galván de la Bastidas, ubicada en la ciudad de Santa Marta (Colombia). El grupo de estudiantes escogido pertenece al grado décimo, los cuales ya tienen conocimientos previos de química. Además, el plan de estudio del grado décimo incluye la asignatura de química. El grupo estuvo constituido por 20 estudiantes.

La metodología de intervención fue a partir de clases prácticas, en donde los estudiantes desarrollaron actividades de aplicación de los conocimientos que tenían a situaciones específicas con el fin de adquirir habilidades relacionadas con el objeto de estudio, que en este caso es absorción y emisión de energía. La actividad propuesta se puede desarrollar tanto en el aula de clase como en el laboratorio, ya que la práctica experimental utiliza implementos caseros de fácil acceso (Díaz, 2005). Por otro lado, se implementó la estrategia de aprendizaje por descubrimiento, propuesta por John Dewey (Westbrook, 1993).

Para dar cuenta de los cambios favorables o no favorables, o en su defecto la no existencia de cambios, se usó como instrumento de evaluación el cuestionario Knowledge and Prior Study Inventory (KPSI), en el que se busca determinar el conocimiento previo de los estudiantes y sus intereses respecto a la asignatura. Se aplica al inicio como prueba diagnóstica y al final de la intervención para comprobar los conocimientos adquiridos más allá de la calificación. En cuanto a las intervenciones en el aula se dividieron en etapas las cuales están descritas en la Tabla 1.

Tabla 1. Etapas del diseño metodológico

Etapas	Descripción	Actividad
1. Diagnóstico	Aplicación de instrumento de evaluación.	Cuestionario KPSI – Test inicial (Anexo A)

2. Conceptualización	Presentación guiada por el docente	Se le presenta a los estudiantes los conceptos aplicados en esta actividad y se resuelven dudas. (Anexo C)
3. Desarrollo de práctica experimental (procedimiento en la guía de trabajo)	Preparación de experimento	Se preparan los puntos cuánticos de carbono en el aula de clase junto con los estudiantes. El procedimiento se encuentra en la guía de trabajo (Anexo B) y es guiado por el docente. (Anexo D)
4. Guía. Trabajo independiente	Desarrollo de las preguntas de la guía	Al finalizar el experimento, se desarrollan las preguntas como actividad independiente que se encuentran en la guía de trabajo (Anexo B).
5. Evaluación	Aplicación de instrumento de evaluación.	Cuestionario KPSI – Test final (Anexo A)

3.1 Práctica experimental



Figura 5. Materiales y reactivos

Para la preparación de los puntos cuánticos de carbono, se realiza un procedimiento que fue adaptado del propuesto por Li et al. (2014).

Para ello, se necesitan los siguientes materiales y productos que serán los reactivos observados en la Figura 5: Agua, gelatina sin sabor, vinagre blanco (ácido acético), bicarbonato de sodio, recipiente de vidrio apto para calentamiento (tipo refractario), guantes resistentes al calor,

de vidrio apto para calentamiento (tipo refractario), guantes resistentes al calor,

instrumentos de medición para volumen (tazas medidoras), balanza para alimentos, horno microondas convencional y lámpara UV Led Ultravioleta.

En el recipiente de vidrio apto para calentamiento se añaden: 125 ml de agua, 30 ml de vinagre blanco y 7 gramos de gelatina sin sabor.

Esta mezcla se calienta durante 5 minutos en el horno microondas. Luego, se le agregan 10 g de bicarbonato de sodio a la mezcla, muy despacio y con la ayuda de una cuchara pequeña, y se vuelve a calentar durante otros 5 minutos en el horno microondas. Los pasos anteriores se ilustran en la Figura 6.

El resultado final es un líquido de color café, como se observa en la Figura 7.A, que indica la presencia de puntos cuánticos de carbono, los cuales son de color negro, pero por su tamaño tan pequeño, solo generan un cambio de color en la mezcla.



Figura 6. Pasos por seguir para preparar los puntos cuánticos de carbono.

Luego se debe dejar reposar y enfriar la mezcla. Por último, con la ayuda de una lámpara UV, se puede ver la fluorescencia tal como se evidencia en la figura 7.B.

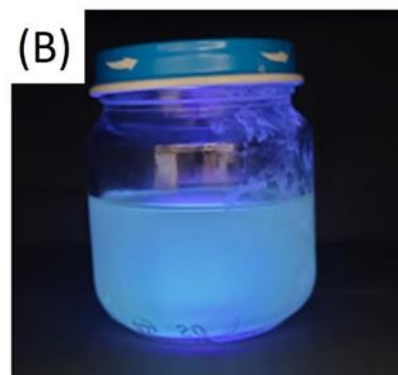
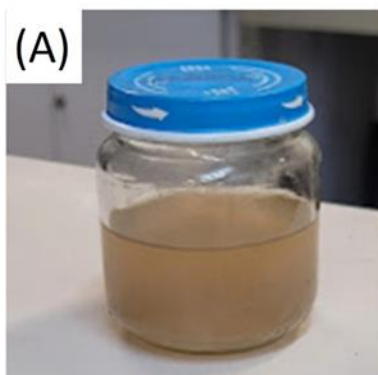


Figura 7. a). Producto final que contiene los puntos cuánticos de carbono (A) sin iluminación y (B) con iluminación de la lámpara UV.

De ser necesario, se pueden realizar las siguientes variaciones en la experiencia: Se puede reemplazar la gelatina sin sabor, por 40 gramos de carbohidratos (azúcar blanca, azúcar morena, panela, miel, etc.), también se puede reemplazar el vinagre blanco por zumo de limón (ácido cítrico).

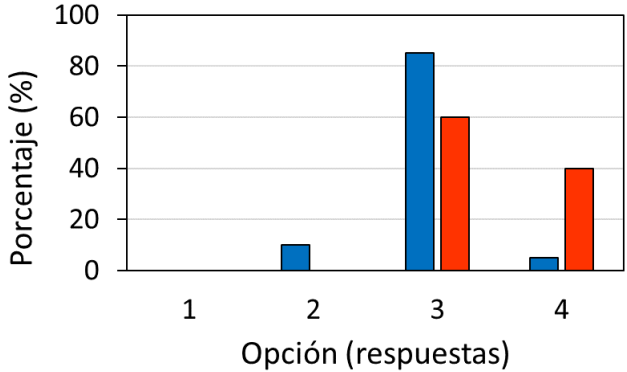
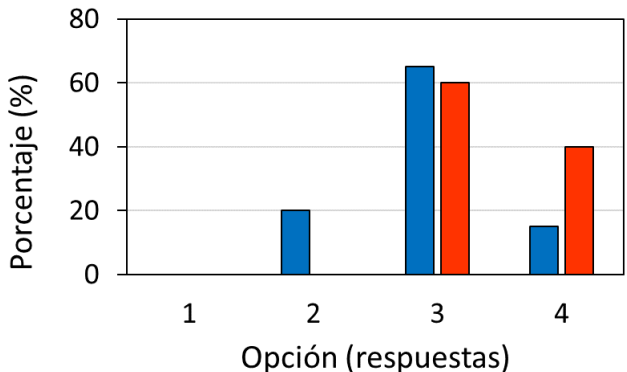
4. Resultados y análisis de la intervención

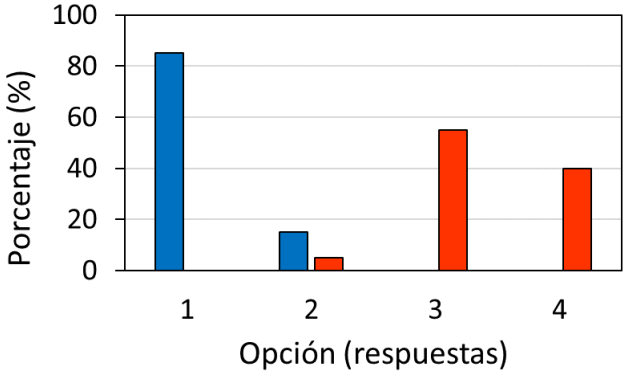
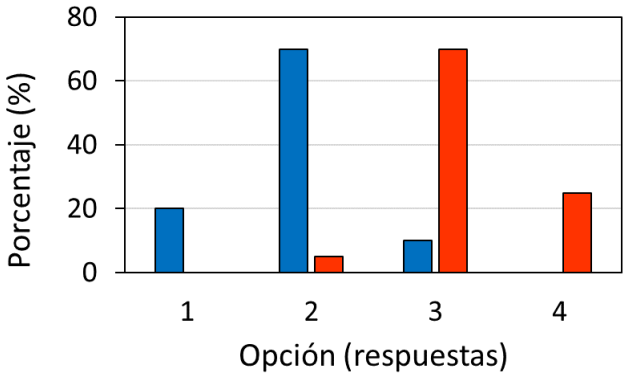
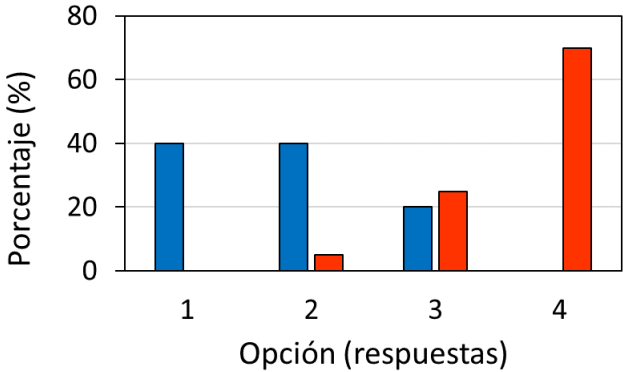
La etapa inicial consiste en la evaluación de los ejes temáticos enseñados en cursos previos. Por lo tanto, los estudiantes deben conocer el átomo y sus partes, las órbitas (según el modelo atómico de Bohr), las ondas, la radiación electromagnética. Además, se añaden conceptos nuevos como la transición electrónica, la absorción y la emisión de energía, la nanotecnología, la fluorescencia y los puntos cuánticos de carbono. El objetivo de esto es que los estudiantes se familiaricen utilizando la práctica experimental como medio para su aprendizaje. Al finalizar la intervención, se vuelve a aplicar la evaluación para observar el aprendizaje adquirido después de la intervención. Las opciones de respuesta son: 1. No he oído hablar nunca de esto, 2. He oído hablar de esto, pero no se casi nada, 3. Sé un poco, y 4. Sé bastante. Se lo puedo explicar a un compañero de clase. En la tabla 2 se observan los resultados obtenidos en los cuestionarios implementados tanto en la primera etapa, como en la última.

Los resultados del cuestionario final de la intervención señalan una mejora sustancial en la comprensión de los conceptos. Inicialmente, muchos estudiantes optaron por las opciones 1 y 2 en el cuestionario inicial. No obstante, al finalizar la intervención, se observa un cambio notable, con una preferencia marcada por las opciones 3 y 4, destacando que

el 40% favoreció la opción 4 (ver tabla 3). Estos resultados sugieren que la fase de conceptualización y experimentación ha contribuido de manera significativa el aprendizaje. Esta metodología aplicada permite a los estudiantes vincular autónomamente los conocimientos con la situación práctica presentada, mejorando así los resultados.

Tabla 2. Comparativo de resultados iniciales (azul) y finales (rojo) obtenidos en los cuestionarios KPSI. 1. No he oído hablar nunca de esto, 2. He oído hablar de esto, pero no se casi nada, 3. Sé un poco, y 4. Sé bastante. Se lo puedo explicar a un compañero de clase

Preguntas	Comparativo de resultados															
El átomo y sus partes	 <p>A bar chart comparing initial (blue) and final (red) results for the question 'El átomo y sus partes'. The y-axis represents the percentage from 0 to 100. The x-axis represents the response options from 1 to 4. For option 2, the initial result is 10% and the final result is 0%. For option 3, the initial result is 85% and the final result is 60%. For option 4, the initial result is 5% and the final result is 40%.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Opción (respuestas)</th> <th>Porcentaje (%) Inicial (Azul)</th> <th>Porcentaje (%) Final (Rojo)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>10</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>85</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>5</td> <td>40</td> </tr> </tbody> </table>	Opción (respuestas)	Porcentaje (%) Inicial (Azul)	Porcentaje (%) Final (Rojo)	1	0	0	2	10	0	3	85	60	4	5	40
Opción (respuestas)	Porcentaje (%) Inicial (Azul)	Porcentaje (%) Final (Rojo)														
1	0	0														
2	10	0														
3	85	60														
4	5	40														
Electrones	 <p>A bar chart comparing initial (blue) and final (red) results for the question 'Electrones'. The y-axis represents the percentage from 0 to 80. The x-axis represents the response options from 1 to 4. For option 2, the initial result is 20% and the final result is 0%. For option 3, the initial result is 65% and the final result is 60%. For option 4, the initial result is 15% and the final result is 40%.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Opción (respuestas)</th> <th>Porcentaje (%) Inicial (Azul)</th> <th>Porcentaje (%) Final (Rojo)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>20</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>65</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>15</td> <td>40</td> </tr> </tbody> </table>	Opción (respuestas)	Porcentaje (%) Inicial (Azul)	Porcentaje (%) Final (Rojo)	1	0	0	2	20	0	3	65	60	4	15	40
Opción (respuestas)	Porcentaje (%) Inicial (Azul)	Porcentaje (%) Final (Rojo)														
1	0	0														
2	20	0														
3	65	60														
4	15	40														

<p>3. Ubicación de electrones: Orbitas</p>	 <table border="1"><thead><tr><th>Opción (respuestas)</th><th>Porcentaje (%)</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>85</td></tr><tr><td>2</td><td>15</td></tr><tr><td>3</td><td>55</td></tr><tr><td>4</td><td>40</td></tr></tbody></table>	Opción (respuestas)	Porcentaje (%)	1	85	2	15	3	55	4	40
Opción (respuestas)	Porcentaje (%)										
1	85										
2	15										
3	55										
4	40										
<p>4. Radiación electromagnética</p>	 <table border="1"><thead><tr><th>Opción (respuestas)</th><th>Porcentaje (%)</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>20</td></tr><tr><td>2</td><td>70</td></tr><tr><td>3</td><td>10</td></tr><tr><td>4</td><td>25</td></tr></tbody></table>	Opción (respuestas)	Porcentaje (%)	1	20	2	70	3	10	4	25
Opción (respuestas)	Porcentaje (%)										
1	20										
2	70										
3	10										
4	25										
<p>5. Ondas</p>	 <table border="1"><thead><tr><th>Opción (respuestas)</th><th>Porcentaje (%)</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>40</td></tr><tr><td>2</td><td>40</td></tr><tr><td>3</td><td>20</td></tr><tr><td>4</td><td>70</td></tr></tbody></table>	Opción (respuestas)	Porcentaje (%)	1	40	2	40	3	20	4	70
Opción (respuestas)	Porcentaje (%)										
1	40										
2	40										
3	20										
4	70										

6. Rayos UV - Fluorescencia	<table border="1"><thead><tr><th>Opción</th><th>Blue (%)</th><th>Red (%)</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>65</td><td>0</td></tr><tr><td>2</td><td>30</td><td>15</td></tr><tr><td>3</td><td>5</td><td>40</td></tr><tr><td>4</td><td>0</td><td>45</td></tr></tbody></table>	Opción	Blue (%)	Red (%)	1	65	0	2	30	15	3	5	40	4	0	45
Opción	Blue (%)	Red (%)														
1	65	0														
2	30	15														
3	5	40														
4	0	45														
7. Estado fundamental del átomo	<table border="1"><thead><tr><th>Opción</th><th>Blue (%)</th><th>Red (%)</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>25</td><td>0</td></tr><tr><td>2</td><td>45</td><td>30</td></tr><tr><td>3</td><td>30</td><td>50</td></tr><tr><td>4</td><td>0</td><td>20</td></tr></tbody></table>	Opción	Blue (%)	Red (%)	1	25	0	2	45	30	3	30	50	4	0	20
Opción	Blue (%)	Red (%)														
1	25	0														
2	45	30														
3	30	50														
4	0	20														
8. Estado excitado de un átomo	<table border="1"><thead><tr><th>Opción</th><th>Blue (%)</th><th>Red (%)</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>65</td><td>0</td></tr><tr><td>2</td><td>30</td><td>10</td></tr><tr><td>3</td><td>5</td><td>50</td></tr><tr><td>4</td><td>0</td><td>40</td></tr></tbody></table>	Opción	Blue (%)	Red (%)	1	65	0	2	30	10	3	5	50	4	0	40
Opción	Blue (%)	Red (%)														
1	65	0														
2	30	10														
3	5	50														
4	0	40														

9. Fotón	<p>Bar chart showing the percentage of correct answers (blue bars) and incorrect answers (red bars) for the question '9. Fotón'. The y-axis is 'Porcentaje (%)' from 0 to 80. The x-axis is 'Opción (respuestas)' with categories 1, 2, 3, and 4.</p> <table border="1"><thead><tr><th>Opción</th><th>Porcentaje (%)</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>75</td></tr><tr><td>2</td><td>20</td></tr><tr><td>3</td><td>5</td></tr><tr><td>4</td><td>25</td></tr></tbody></table>	Opción	Porcentaje (%)	1	75	2	20	3	5	4	25
Opción	Porcentaje (%)										
1	75										
2	20										
3	5										
4	25										
10. Transición electrónica (absorción y emisión de energía)	<p>Bar chart showing the percentage of correct answers (blue bars) and incorrect answers (red bars) for the question '10. Transición electrónica (absorción y emisión de energía)'. The y-axis is 'Porcentaje (%)' from 0 to 80. The x-axis is 'Opción (respuestas)' with categories 1, 2, 3, and 4.</p> <table border="1"><thead><tr><th>Opción</th><th>Porcentaje (%)</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>30</td></tr><tr><td>2</td><td>50</td></tr><tr><td>3</td><td>20</td></tr><tr><td>4</td><td>60</td></tr></tbody></table>	Opción	Porcentaje (%)	1	30	2	50	3	20	4	60
Opción	Porcentaje (%)										
1	30										
2	50										
3	20										
4	60										
11. Modelo atómico de Bohr	<p>Bar chart showing the percentage of correct answers (blue bars) and incorrect answers (red bars) for the question '11. Modelo atómico de Bohr'. The y-axis is 'Porcentaje (%)' from 0 to 80. The x-axis is 'Opción (respuestas)' with categories 1, 2, 3, and 4.</p> <table border="1"><thead><tr><th>Opción</th><th>Porcentaje (%)</th></tr></thead><tbody><tr><td>1</td><td>70</td></tr><tr><td>2</td><td>30</td></tr><tr><td>3</td><td>50</td></tr><tr><td>4</td><td>40</td></tr></tbody></table>	Opción	Porcentaje (%)	1	70	2	30	3	50	4	40
Opción	Porcentaje (%)										
1	70										
2	30										
3	50										
4	40										

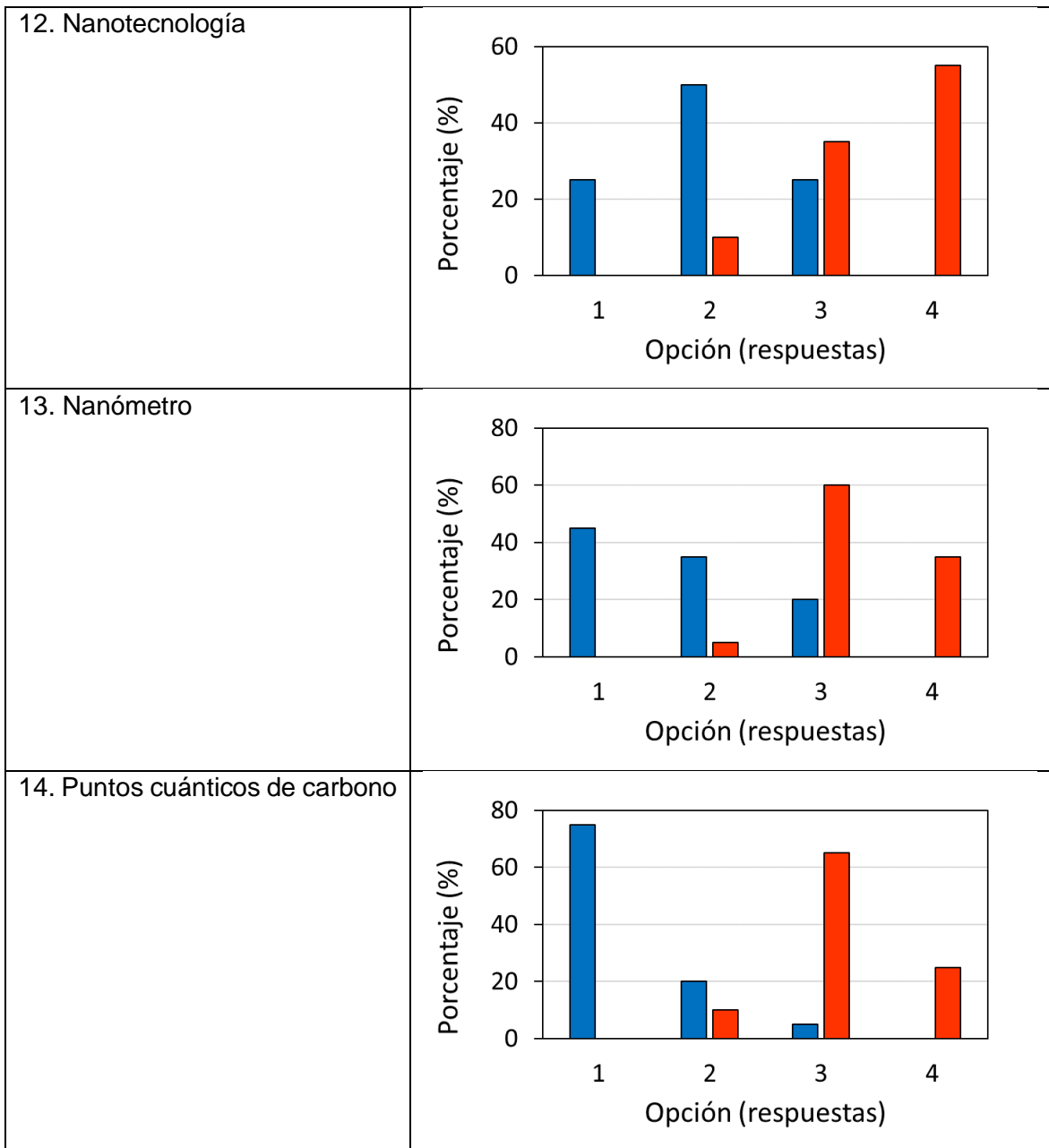


Tabla 3. Promedio de estudiantes para cada valor del cuestionario KPSI.

VALORES	PROMEDIO DE ESTUDIANTES (TEST INICIAL)	PROMEDIO DE ESTUDIANTES (TEST FINAL)
1	44.3%	0.0%
2	33.2%	8.9%

30 Preparación de puntos cuánticos de carbono como actividad experimental para enseñar los conceptos de absorción y emisión de energía

3	21.1%	51.1%
4	1.4%	40.0%

En la etapa de conceptualización, se destacó la importancia de entender conceptos previos, como el átomo y la ubicación de los electrones según el modelo atómico de Bohr, en las órbitas y como estos electrones pueden realizar transiciones electrónicas al ganar (absorber) energía o al perder (emitir) energía. Los resultados indicaron una mejora significativa, con un 100% de comprensión del átomo y un 95% de comprensión de la ubicación de los electrones. En relación con los conceptos nuevos, el 80% de los estudiantes al inicio de la intervención no estaban familiarizados con la absorción y la emisión de energía. Al final, este conocimiento y comprensión aumentaron al 95%, donde relacionaron la luz emitida por la lámpara UV como la fuente de energía que los átomos de los puntos de carbono pueden absorber, y entendieron que la luz (color) que emiten los puntos de carbono corresponde a la fluorescencia, es decir, a la emisión de energía de estos átomos.

Al inicio de la experiencia, el 70% no sabía que era la nanotecnología, pero al final, el 80% entendía el concepto al entender que había estructuras que no podían diferenciar a simple vista en la preparación y que tenían propiedades especiales como la fluorescencia y esto se relacionó con que un 95% de los estudiantes demostró la comprensión de los puntos cuánticos de carbono luego de realizar la experiencia y aprender sobre su preparación.

Este enfoque de aprendizaje por descubrimiento, teniendo en cuenta la relación entre la teoría y la práctica en un aula de clase y aplicando también el modelo educativo STEM, permitió a los estudiantes preparar puntos cuánticos de carbono de manera guiada y autónoma. Los resultados indican que se adquirieron significativamente conceptos que suelen ser abstractos por el método tradicional de enseñanza mediante esta estrategia, y se destaca la relación visual entre conceptos como la fluorescencia y la transición electrónica. Durante la intervención, los estudiantes demostraron motivación y curiosidad, generando dudas y mostrando un interés sostenido durante la experiencia. Este entusiasmo se atribuye a la oportunidad de explorar y descubrir la relevancia de la química en la vida cotidiana y en la creación y estudio de nuevas tecnologías. Además, se confirmó que los estudiantes pudieron transferir sus conocimientos a nuevas situaciones,

fomentando la confianza y la independencia en su aprendizaje, la figura del docente como facilitador resultó clave porque se encuentra el equilibrio adecuado entre guía y autonomía del estudiante. Estas habilidades adquiridas, como la investigación, la ciencia, la tecnología, son valiosas en la sociedad actual.

5. Conclusiones

Después de aplicar la estrategia didáctica, los estudiantes mejoraron la comprensión de los conceptos de absorción y emisión de energía, la mayoría considera que lo entiende y es capaz de explicárselo a un compañero de clase.

En cuanto a los conocimientos obtenidos sobre nanomateriales, los estudiantes aprendieron sobre herramientas innovadoras y nuevas tecnologías, logrando preparar puntos cuánticos de carbono de forma sencilla y con materiales fáciles de conseguir, incentivando la creatividad y el pensamiento científico de los estudiantes, logrando una inmersión en la ciencia y en las nuevas tecnologías, contribuyendo así al desarrollo de sus capacidades para afrontar situaciones prácticas.

Se logró implementar un modelo educativo teórico-práctico, basado en el aprendizaje por descubrimiento propuesto por John Dewey, donde el rol del docente pasa a ser orientador y guía del proceso y, por otro lado, el estudiante aprende de forma autónoma, a relacionar conceptos con la práctica experimental realizada, logrando un aprendizaje significativo, aumentando la motivación y los buenos resultados.

6. Referencias

- Lakowicz, J. R. (2007). *An Introduction to Fluorescence Spectroscopy*, Springer New York, NY. Third edition.
- Arroyave Rave, Y. (2021). Saberes pedagógico-didácticos experienciales en Colombia: desde perspectivas hermenéuticas, abductivas y narrativas. *Revista Venezolana de Gerencia*, 26(5 Edición Especial), 170–189. <https://doi.org/10.52080/rvgluz.26.e5.12>
- Bautista, A. (2021). STEAM education: contributing evidence of validity and effectiveness (Educación STEAM: aportando pruebas de validez y efectividad). *Infancia y Aprendizaje*, 44(4), 755–768. <https://doi.org/10.1080/02103702.2021.1926678>
- Cadreacha, M. (1990). John Dewey: Propuesta de un modelo educativo. *Aula Abierta*.
- Chang, R. (2002). *Química*. McGraw Hill. Séptima edición.
- Chayut, M. (1991). J. J. Thomson: The discovery of the electron and the chemists. *Annals of Science*, 48(6), 527–544. <https://doi.org/10.1080/00033799100200431>
- Petrucci, R. H., H. F. G., M. J. D., B. C. (2011). *Química General: Principios y aplicaciones modernas*. Pearson. Décima edición.
- Fernanda, L., Bernal, T., Orlando, Ó., Mantilla, O., Andrés, S., Rosas, S., Hoyos, R. E. B., Caro, P., De Estadísticas, S., Fabian, C., Rincón, M., Marcela, C., Rodríguez, A., Alberto, C., Subdirector De Abastecimiento, D., Generales, S., Ronald, H., García, N., Milena, L., ... Figueroa, A. V. (n.d.). *Informe nacional de resultados del examen Saber 11° Presidente de la República*. <http://www.icfes.gov.co>/<https://www.facebook.com/icfescol><https://www.instagram.com/icfescol>/<https://twitter.com/>
- Gaviria Cortés, D. F., Chaverra Fernández, B. E., Ospina Ospina, E. V., Uribe Pareja, I. D., Muriel Echavarría, J. M., Moreno López, J. D., Cardona Mejía, L. M., & Bustamante Castaño, S. A. (2023). *Cómo son y qué hacen los buenos profesores. Sus voces y las de sus estudiantes*. Fondo Editorial FCSH. <https://doi.org/10.17533/978-628-7592-65-0>
- Jorns, M., & Pappas, D. (2021). A review of fluorescent carbon dots, their synthesis, physical and chemical characteristics, and applications. In *Nanomaterials* (Vol. 11, Issue 6). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/nano11061448>
- Khamhaengpol, A., Sriprom, M., & Chuamchaitrakool, P. (2021). Development of STEAM activity on nanotechnology to determine basic science process skills and engineering

- design process for high school students. *Thinking Skills and Creativity*, 39. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2021.100796>
- Li, Y., Zhong, X., Rider, A. E., Furman, S. A., & Ostrikov, K. (2014). Fast, energy-efficient synthesis of luminescent carbon quantum dots. *Green Chemistry*, 16(5), 2566–2570. <https://doi.org/10.1039/c3gc42562b>
- OECD. (2019). *PISA 2018 Results (Volume I): What Students Know and Can Do, PISA*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/5f07c754-en>.
- Miguel Díaz, M. de. (2005). *Modalidades de enseñanza centradas en el desarrollo de competencias : orientaciones para promover el cambio metodológico en el espacio europeo de educación superior*. Servicio de Publicaciones. Universidad de Oviedo.
- Nakamatsu, J. (2012). Reflexiones sobre la enseñanza de la Química. *En Blanco y Negro*, 3(2), 38–46. <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/enblancoynegro/article/view/3862>
- Nash, L. K. (n.d.). *The Origin of Dalton s Chemical Atomic Theory PREVIOUS ACCOUNTS OF THIS ORIGIN* (Vol. 854). <http://www.journals.uchicago.edu/t-and-c>
- Ordaz González, G. J., & Mostue, M. B. (2018). Los caminos hacia una enseñanza no tradicional de la química. *Actualidades Investigativas En Educación*, 18(2). <https://doi.org/10.15517/aie.v18i2.33164>
- OECD. (2019). *PISA 2018 Country note - Colombia, PISA*, OECD Publishing, Paris, https://www.oecd.org/pisa/publications/PISA2018_CN_COL.pdf. OECD. <https://doi.org/10.1787/5f07c754-en>
- Ruiz, G. (2013). La teoría de la experiencia de John Dewey: significación histórica y vigencia en el debate teórico contemporáneo. *Foro de Educación*, 11(15), 103–124. <https://doi.org/10.14516/fde.2013.011.015.005>
- Runge Peña, A. K. (2013). Didáctica: una introducción panorámica y comparada. *Itinerario Educativo*, 27(62), 201–240. <https://doi.org/10.21500/01212753.1500>
- Sagbas, S., & Sahiner, N. (2018). Carbon dots: Preparation, properties, and application. In *Nanocarbon and its Composites: Preparation, Properties and Applications* (pp. 651–676). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102509-3.00022-5>
- Santos, C. I. L., Ferreira, J. C. A., Cunha, L. R. C., Vaz, R., & Schiavon, M. A. (2020). SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE PONTOS QUÂNTICOS AMBIENTALMENTE AMIGÁVEIS, UM MEIO SIMPLES DE EXEMPLIFICAR E EXPLORAR ASPECTOS DA NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA EM CURSOS DE GRADUAÇÃO. *Quimica Nova*, 43(6), 813–822. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170558>

- Schneider, E. M., Bärtsch, A., Stark, W. J., & Grass, R. N. (2019). Safe One-Pot Synthesis of Fluorescent Carbon Quantum Dots from Lemon Juice for a Hands-On Experience of Nanotechnology. *Journal of Chemical Education*, 96(3), 540–545. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00114>
- Ríos Quintero, C. (2021). *Síntesis y caracterización de carbon-dots a partir de una fuente renovable*. Universidad EIA.
- Vaz, R., Vieira, K. O., Machado, C. E., Ferrari, J. L., & Schiavon, M. A. (2015). Preparação de pontos de carbono e sua caracterização óptica: Um experimento para introduzir nanociência na graduação. *Química Nova*, 38(10), 1366–1373. <https://doi.org/10.5935/0100-4042.20150150>
- Westbrook, R. (1993). *Perspectivas: revista trimestral de educación comparada*. Unesco.
- Widya, Rifandi, R., & Laila Rahmi, Y. (2019). STEM education to fulfil the 21st century demand: A literature review. *Journal of Physics: Conference Series*, 1317(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1317/1/012208>

Anexo A: Cuestionario KPSI

CUESTIONARIO KPSI

TEMA: Absorción y emisión de energía

Indica el grado de conocimiento del tema:

1. No he oído hablar nunca de esto.
2. He oído hablar de esto, pero no se casi nada.
3. Se un poco.
4. Se bastante. Se lo puedo explicar a un compañero de clases.

Qué sé de...	Grado de conocimiento			
	1	2	3	4
El átomo y sus partes				
Electrones				
Orbitales				

Radiación electromagnética				
Ondas				
Rayos UV				
Fluorescencia				
Estado fundamental de un átomo				
Estado excitado de un átomo				
Fotón				
Absorción y emisión de energía				
Modelo atómico de Bohr				
Nanotecnología				
Nanómetro				
Puntos cuánticos de carbono				

Anexo B: Práctica de laboratorio

PRÁCTICA DE LABORATORIO:

Absorción y emisión de energía a partir de la preparación de puntos cuánticos de carbono

1. Objetivos:

1. Estudiar los conceptos de absorción y emisión de energía a partir de la preparación de puntos cuánticos de carbono.
2. Introducir algunos conceptos básicos de nanociencia.
3. Observar y describir el comportamiento de los puntos cuánticos de carbono.

2. Fundamento teórico:

- **Nanotecnología:**

La nanotecnología es una rama de la ciencia que se enfoca en estudiar y manipular distintos materiales a una escala muy pequeña, del nivel de átomos y moléculas. El prefijo “nano” hace referencia a algo pequeño, específicamente a 1×10^{-9} . Si hablamos de un nanómetro, esto es la mil millonésima parte de un metro ($1 \text{ nm} = 1 \times 10^{-9} \text{ m}$), así de pequeño es (Ríos, 2015).

La nanotecnología tiene muchas aplicaciones prácticas como la creación de materiales más resistentes, livianos, y amigables con el medio ambiente. En áreas como la tecnología, en la creación de dispositivos electrónicos más pequeños y eficientes, en áreas como la salud, en el desarrollo de medicamentos y dispositivos capaces de detectar enfermedades, y en lo ambiental, desarrollando dispositivos que intervienen en procesos que disminuyen la contaminación.

Como se trabaja en una escala tan pequeña, los científicos aprovechan esas propiedades únicas que tienen los materiales a nivel nanométricos. Por ejemplo, estos materiales se vuelven más resistentes a este nivel, mejores conductores, mejores absorbentes, más reactivos, pueden emitir luz, entre otras (Khamhaengpol et al., 2021).

Entre los distintos tipos de nanopartículas que se producen, se encuentran las nanopartículas de carbono o puntos cuánticos de carbono, como su nombre lo indica, formados principalmente por átomos de carbono. La ventaja de estos nanomateriales es que se pueden obtener fácilmente a partir de fuentes orgánicas como la glucosa (un azúcar), a través de procesos de oxidación y deshidratación de bajo costo.

Una de las ventajas de estas nanopartículas es que son biocompatibles, lo que significa que no son tóxicos para los seres vivos ni para el medio ambiente. Por esta razón, su manipulación y aplicación no conlleva riesgos para el ser humano ni para el entorno (Sagbas & Sahiner, 2018).

Los puntos cuánticos de carbono son pequeñas partículas de carbono con propiedades especiales debido a su tamaño (varía entre 1 y 10 nm), permitiéndoles exhibir propiedades cuánticas como la fluorescencia, es decir, que con el estímulo apropiado emiten luz.

La fluorescencia se produce cuando las moléculas o partículas, al ser excitadas por algún tipo de radiación electromagnética, liberan energía en forma de fotones (unidades que componen la radiación electromagnética). Estos fotones son absorbidos o reflejados por los átomos que componen las moléculas o partículas. Esta interacción es lo que hace posible que ocurra la fluorescencia de las partículas de carbono. Esto hace muy llamativos a los puntos cuánticos de carbono, causando gran interés en la actualidad y cautivando su atención (Jorns & Pappas, 2021).

En esta práctica se revisarán conceptos básicos necesarios para comprender los procesos de absorción y emisión de energía, explicando la transición electrónica que ocurre y como esto se relaciona con la fluorescencia emitida a partir de la preparación de puntos cuánticos de carbono de forma fácil y casera.

- **Radiación electromagnética:**

Esta es una forma de transmisión de energía en la que los campos eléctricos y magnéticos se propagan por medio de ondas. Recordemos que, un campo eléctrico es un campo de fuerza que se genera alrededor de una carga eléctrica. Se puede imaginar el campo eléctrico como líneas imaginarias que se extienden desde la carga que lo crea hacia

afuera, indicando la dirección en la que se movería dentro del campo. Cargas positivas repelen el campo y cargas negativas lo atraen. Un campo magnético es una región en el espacio donde un imán o una corriente eléctrica generan una influencia magnética. Se puede visualizar como líneas imaginarias que se extienden desde el polo sur al polo norte del imán. Los polos magnéticos opuestos se atraen entre sí. La radiación electromagnética se detecta cuando una partícula que está cargada se acelera y cambia de velocidad (Serway & Jewett, 2014).

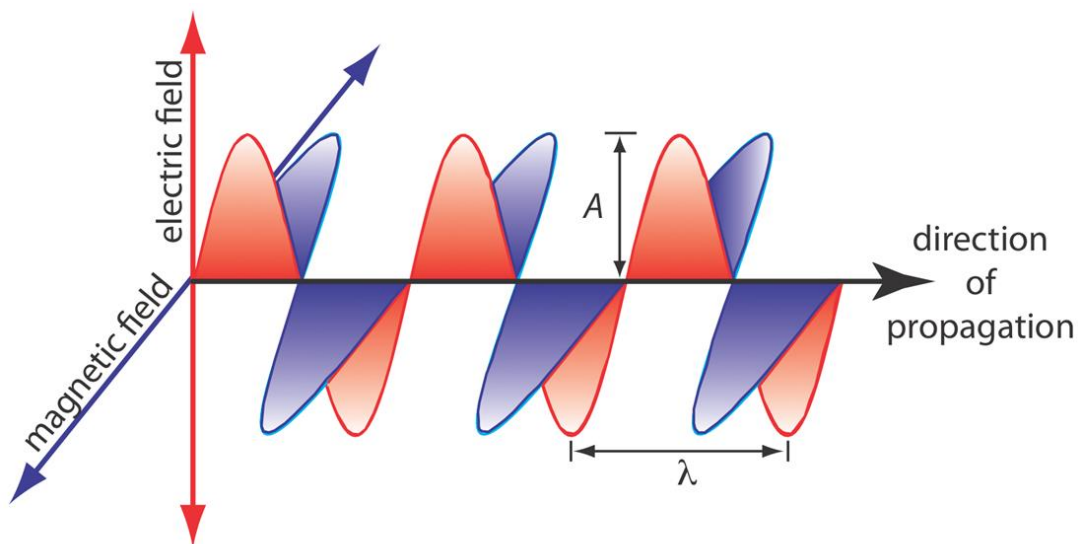


Figura 1. Radiación electromagnética que muestra el campo eléctrico y magnético.

Tomado de:

https://espanol.libretexts.org/Quimica/Qu%C3%ADmica_Anal%C3%ADtica/An%C3%A1lisis_Instrumental_%28LibreTextos%29/06%3A_Introducci%C3%B3n_a_los_m%C3%A9todos_espectrofotom%C

¿Qué es una onda? Es una perturbación que transmite energía a través de un medio, teniendo la siguiente forma:

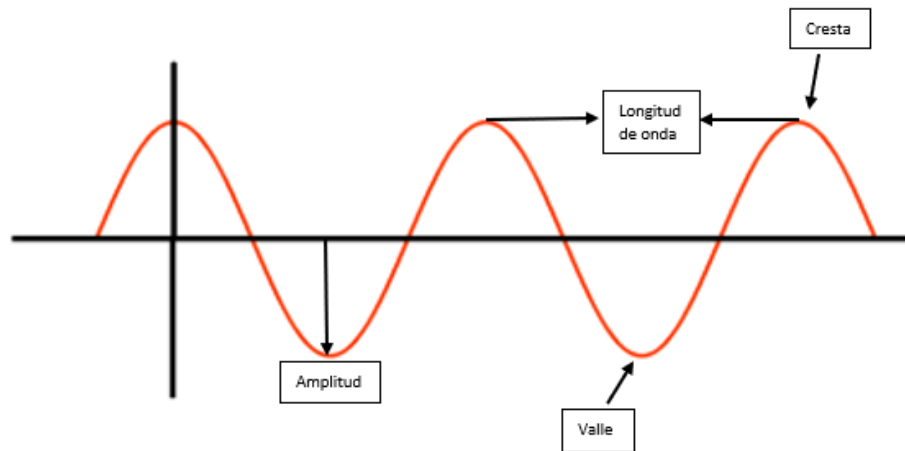


Figura 2. Componentes de una onda

Una onda contiene crestas y estos son los puntos altos que se miden desde la línea central hasta la altura máxima por encima, y contiene valles, que son los puntos bajos que se miden desde la línea central hasta la altura mínima. La distancia que hay entre la altura máxima o la mínima y la línea central se denomina amplitud. La distancia que existe entre dos crestas se llama longitud de onda (λ). La frecuencia (ν) va a indicar la cantidad de crestas que tiene la onda en un determinado tiempo (ciclo por segundo). Y, por último, la velocidad de propagación (V) se refiere a la velocidad a la cual la perturbación de la onda se desplaza a través de un medio y es el resultado del producto de la frecuencia y la longitud de onda (Petrucci, 2011), tal y como lo indica la siguiente ecuación:

$$V = \nu \cdot \lambda$$

La luz visible es parte de la radiación electromagnética, es perceptible para el ojo humano y en el espectro electromagnético se extiende aproximadamente entre 400 nm a 700 nm de longitud de onda (ver figura 3). Cabe resaltar que la luz visible solo es una pequeña parte del espectro electromagnético, que abarca desde las ondas de radio y microondas hasta los rayos gamma (Petrucci, 2011).

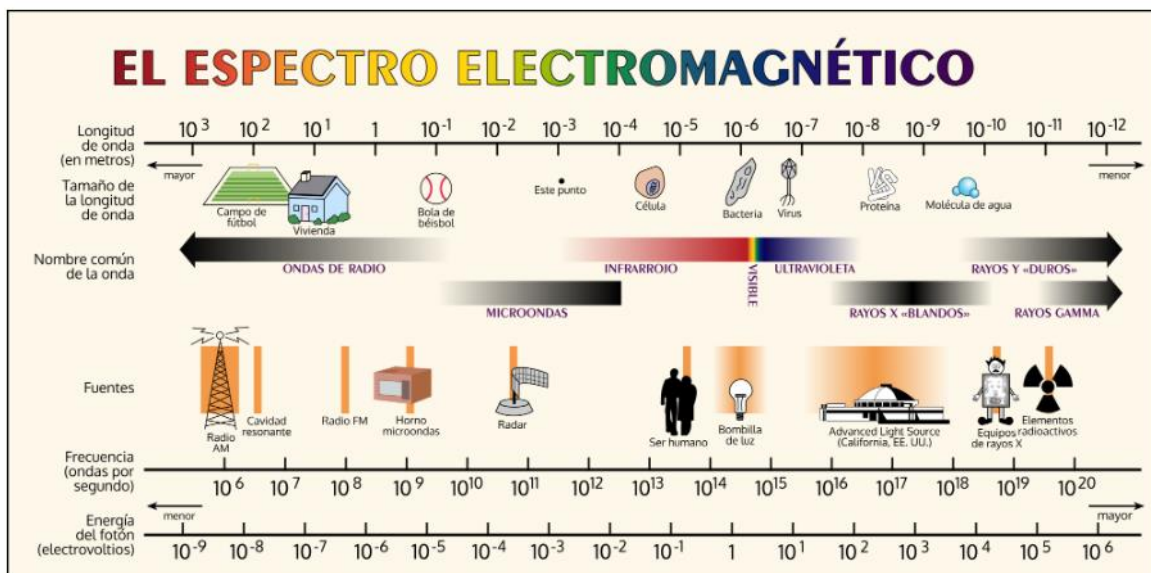


Figura 3. Espectro electromagnético. Tomado de: https://rea.ceibal.edu.uy/elp/las-radiaciones-en-la-vida-cotidiana/tipos_de_radiacin.html

A continuación, se explicará el modelo atómico de Bohr, aun cuando este modelo no representa la conceptualización más reciente del átomo, si permite explicar los átomos hidrogenoides así como a visualizar de manera sencilla las transiciones electrónicas:

- **Modelo atómico de Bohr:**

Niels Bohr (1885-1962) postuló que para un átomo existen unas orbitas circulares a su alrededor en donde se encuentran circulando los electrones y son llamados estados estacionarios. Tienen trayectorias bien definidas en la que los electrones pueden girar alrededor del núcleo. Describe entonces a las orbitas como números cuánticos (niveles de energía) enumerándoles desde $n=1$ como la órbita más cercana al núcleo, $n=2$ como la siguiente y así sucesivamente (Petrucci, 2011).

Imagina que el núcleo del átomo es el sol y los electrones son los planetas que giran alrededor del sol. De manera similar a los planetas, los electrones se mantienen ubicados en órbitas circulares alrededor del núcleo debido a una atracción electromagnética que existe entre las cargas positivas del núcleo y las cargas negativas de los electrones, tal y como se presenta en la figura 4.

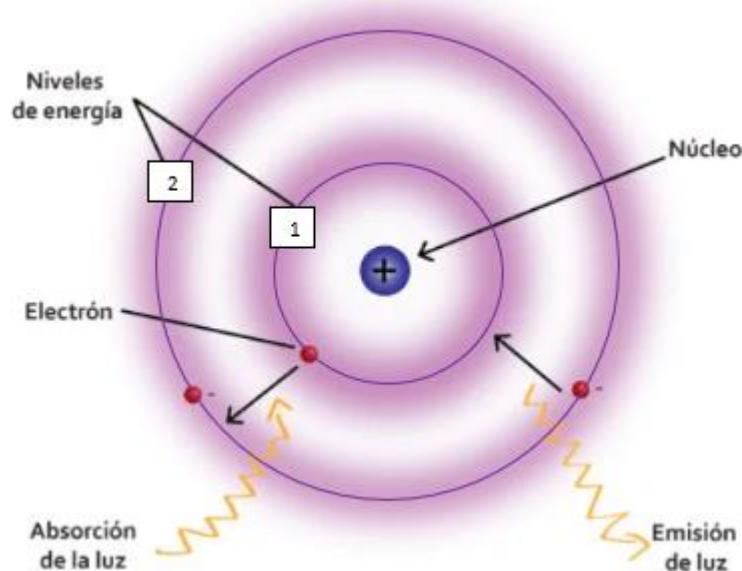


Figura 4. Modelo atómico de Bohr y transiciones electrónicas. Tomado de: <http://telovejazz.blogspot.com/2011/11/metales-de-transicion.html>

Cuando un electrón absorbe o emite energía, puede cambiar su posición de una órbita a otra, a esto se le denomina transición electrónica. Esta energía se absorbe o se emite en forma de fotones, que son partículas de luz (Chang, 2022).

- **Transición electrónica:**

Los átomos y moléculas pueden absorber y emitir energía y los puntos cuánticos de carbono no son la excepción, por su tamaño y estructura, el comportamiento es similar. La cantidad de energía que se absorbe o se emite no es infinita, sino que es una medida exacta y definida llamada CUANTO. Al emitir energía se emite en forma de fotones (paquetes de luz). Lo mismo sucede en la absorción, se absorbe en forma de fotones.

Un científico llamado Max Planck descubrió que la luz viene en pequeños “paquetes” llamados cuantos. Cada cuanto de luz tiene una cantidad específica de energía. Él usó un modelo para explicar que la energía de un cuanto es proporcional a la frecuencia de la radiación y cuanto más alta es esa frecuencia, mayor será la energía. El modelo se expresa de la siguiente manera:

$$E_{foton} = hv$$

Donde h es la constante de Planck (6.62×10^{-34} J.s) y v es la frecuencia de la radiación.

¿Pero qué sucede con los electrones cuando hay absorción y emisión de energía?

Cuando un átomo absorbe un fotón, la energía del fotón excita a uno de los electrones y éste alcanza un nivel de energía mayor, y para que esto pueda ocurrir, la energía del fotón absorbido debe ser mayor que la diferencia de energía entre los 2 niveles.

$$E_{foton} > |E_f - E_i|$$

Donde E_f es la energía del nivel mayor y E_i es la energía del nivel menor.

Pero cuando el electrón se encuentra excitado y está en un nivel mayor, se encuentra en una posición inestable, lo que lo hace caer a un estado de menor energía y emitir un fotón que tiene la misma energía que la diferencia entre los niveles energéticos (ver figura 3).

$$E_{foton} = |E_f - E_i|$$

Estos cambios en los niveles de energía (pasar de un nivel menor a uno mayor o de uno mayor a uno menor) se le conoce como transición electrónica.

Por ejemplo, en el átomo de hidrógeno hay un electrón que se encuentra en el primer orbital ($n=1$) y allí se encuentra en su estado fundamental (energía más baja). Cuando este electrón absorbe un cuanto de energía (fotón), gana energía y pasa a un nivel más alto ($n=2, 3, 4, 5, 6$) y se encontrará en un estado excitado.

Si sucede lo contrario, y el electrón cae desde un nivel más alto a uno más bajo, es decir, pierde energía en forma de fotón.

La diferencia de energía entre dos niveles, tanto porque absorba o porque emita, se puede calcular como la diferencia de la energía de los dos niveles.

$$\Delta E = E_f - E_i$$

$$|\Delta E| = E_{foton} = hv$$

Donde ΔE es la diferencia entre la energía del nivel mayor (E_f) y la energía del nivel menor (E_i).

La energía del fotón viene siendo igual a la diferencia de estas dos energías (Petrucci, 2011).

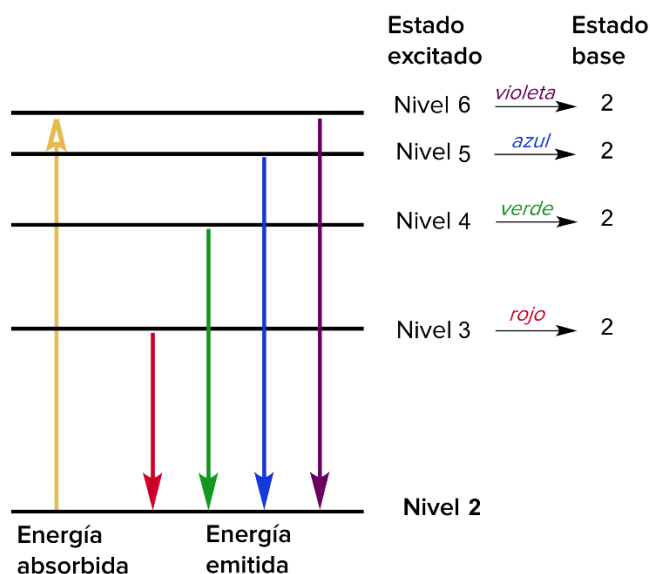


Figura 5. Absorción y emisión de energía en un átomo de hidrógeno. Tomado de: <https://es.khanacademy.org/science/ap-chemistry/electronic-structure-of-atoms-ap/bohr-model-hydrogen-ap/a/spectroscopy-interaction-of-light-and-matter>

En la figura 5, se muestra lo que sucede en un átomo de hidrógeno cuando un electrón que se encuentra en su estado fundamental en el nivel 2, absorbe un fotón y se excita hasta alcanzar un nivel mayor (nivel 6). Luego, este electrón al encontrarse en un estado excitado cae nuevamente al nivel 2 emitiendo un fotón de luz violeta que tiene una longitud de onda de aproximadamente 400 nm.

Lo mismo sucedería si el electrón absorbe un fotón y se excita hasta alcanzar el nivel 3, para luego regresar al nivel 2 y emitir un fotón de luz roja que tiene una longitud de onda de aproximadamente 700 nm. Es importante tener en cuenta que la frecuencia de la luz violeta es mayor que la de la luz roja (Serway & Jewett, 2014).

- **Fenómeno de fluorescencia:**

Imagina que estas en una habitación oscura y tienes un objeto que cuando se expone a la luz ultravioleta, absorbe esta luz y emite luz visible, y empieza a brillar por sí mismo, emitiendo colores que van a depender de su composición.

Este brillo ocurre porque el objeto absorbe la luz ultravioleta de la lámpara y luego emite luz visible. La luz que se emite es de un color diferente a la de la luz ultravioleta, y esto se debe a que el objeto va a absorber una cierta longitud de onda y va a emitir otra longitud de onda. La luz ultravioleta tiene longitudes de onda que varían entre 10 nm hasta 400 nm, mientras que la luz visible tiene longitudes de onda que varían entre 400 nm hasta 700 nm. Lo anterior indica que la luz que se absorbe tiene una longitud de onda menor que la luz que se emite, lo que implica que la energía del fotón es mayor en la absorción y menor en la emisión (Lakowicz, 2007).

El color observado de la luz visible emitida dependerá de la longitud de onda. A continuación, se muestran algunos colores con su respectiva longitud de onda (ver figura 6):

- Violeta: 400-450 nm
- Azul: 450-495 nm
- Verde: 495-570 nm
- Amarillo: 570-590 nm
- Naranja: 590-620 nm
- Rojo: 620-700 nm



*Figura 6. Fluorescencia en puntos cuánticos de carbono. Tomado de:
<https://www.dciencia.es/fluorescencia-de-andar-por-casa/>*

Los puntos cuánticos de carbono son nanoestructuras que poseen esta propiedad, la fluorescencia. Cuando los puntos cuánticos de carbono son expuestos a la luz ultravioleta,

absorben esta energía y emiten luz visible, similar a lo que le ocurre al objeto que se encontraba en la habitación oscura. Lo que se observa es que las nanopartículas se iluminan por sí mismas.

Como los puntos cuánticos de carbono son tan pequeños y están formados por átomos de carbono, lo que sucede con ellos es una transición electrónica.

Los electrones son excitados con la luz ultravioleta porque es la luz con la suficiente energía para superar la diferencia de energía que hay entre los niveles mayor y menor y emitir luz. La luz visible no posee esta particularidad, no proporciona la suficiente energía para que los electrones sean excitados y se puedan emitir fotones. Por esto se utiliza una lámpara UV para observar el fenómeno de la fluorescencia.

3. Experimento:

- **Materiales y reactivos:**

- Agua
- Gelatina sin sabor
- Vinagre blanco (ácido acético)
- Bicarbonato de sodio
- Recipiente de vidrio apto para calentamiento (tipo refractaria)
- Guantes resistentes al calor
- Instrumento de medición para volumen
- Balanza
- Horno microondas
- Lámpara UV Led Ultravioleta

- **Recomendaciones y consejos de seguridad:**

Al realizar la experiencia se alcanzan temperaturas muy elevadas, se debe usar guantes protectores resistentes al calor.

Gafas de protección

- **Procedimiento:**

En el recipiente de vidrio, apto para calentamiento, agregar:

- 125 ml de agua
- 30 ml de vinagre blanco (ácido acético)
- 7 gramos de gelatina sin sabor

Se calienta la mezcla en el recipiente resistente a altas temperaturas durante 5 minutos en el horno microondas.

Luego se le añade 10 gramos de bicarbonato de sodio (muy despacio con la ayuda de una cuchara pequeña) y se vuelve a calentar durante otros 5 minutos en el horno microondas. El líquido resultante tendrá un color café. El cambio de color se debe a la formación de los puntos cuánticos de carbono, los cuáles son de color negro, pero debido a su pequeño tamaño solo generan un cambio de color en la solución.

Se deja en reposo durante 40 minutos, para que la reacción enfríe, y luego con la ayuda de una lámpara UV se observa la fluorescencia (Li et al., 2014).

Si hay diferentes lámparas UV, se invita a los estudiantes a ensayar con diferentes longitudes de onda y anotar las observaciones.

Variaciones en la experiencia:

Puedes reemplazar la gelatina sin sabor, por 40 gramos de azúcar que podría ser: Azúcar blanca, azúcar morena, panela, miel, etc.

4. Preguntas:

1. Si varías el color de la luz de la lámpara UV. ¿En qué colores observas la fluorescencia en los puntos cuánticos de carbono? ¿Por qué crees que esto sucede? Anota los resultados.

2. Utiliza una lámpara de luz visible convencional y escribe si observas el fenómeno de la fluorescencia en las nanoestructuras. Discute los resultados.

5. Profundización:

Teniendo en cuenta la experiencia realizada, contesta las siguientes preguntas:

1. Para observar la fluorescencia se utilizó una lámpara UV Led (ultravioleta) que consta de una longitud de onda que puede estar en un rango entre 10 nm y 400 nm (menor a la longitud de onda de la luz visible). ¿Qué sucede con los electrones si varía la longitud de onda de la lámpara? ¿Se podría observar la fluorescencia? Explique.
2. Según el experimento realizado y teniendo en cuenta el modelo atómico de Bohr, ¿Lo que está sucediendo con la fluorescencia de los puntos cuánticos de carbono es absorción o emisión de energía? ¿Como explicarías este fenómeno?
3. ¿Por qué los puntos cuánticos de carbono pueden emitir fluorescencia? ¿Cuál es su característica fundamental que los hace “brillar”?
4. Si la longitud de onda de la lámpara UV es 312 nm, ¿cuál es la energía del fotón emitido?

$$E_f = hv$$

$$v = \frac{c}{\lambda}$$

5. Calcular la energía necesaria para que un electrón en el nivel de energía $n=2$ de un átomo de hidrógeno transite al nivel $n=4$.
6. Un electrón en el nivel de energía $n=3$ de un átomo de hidrógeno realiza una transición al nivel de energía $n=1$. Calcula la energía emitida en este proceso.

Tener en cuenta: $E_n = \frac{-13.6eV}{n^2}$

Donde n es el nivel de energía, y -13.6 eV es la energía de ionización del átomo de hidrógeno en su estado fundamental (estado basal).

Bibliografía:

Chang, R (2002). Química. McGraw Hill. Séptima edición

- Jorns, M., & Pappas, D. (2021). A review of fluorescent carbon dots, their synthesis, physical and chemical characteristics, and applications. In *Nanomaterials* (Vol. 11, Issue 6). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/nano11061448>
- Khamhaengpol, A., Sriprom, M., & Chuamchaitrakool, P. (2021). Development of STEAM activity on nanotechnology to determine basic science process skills and engineering design process for high school students. *Thinking Skills and Creativity*, 39. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2021.100796>
- Lakowicz, J. R. (2007), *An Introduction to Fluorescence Spectroscopy*, Springer New York, NY. Third edition.
- Li, Y., Zhong, X., Rider, A. E., Furman, S. A., & Ostrikov, K. (2014). Fast, energy-efficient synthesis of luminescent carbon quantum dots. *Green Chemistry*, 16(5), 2566–2570. <https://doi.org/10.1039/c3gc42562b>
- Petrucci, R.H., Herring, F. G., Madura, J. D., Bissonnette, C. (2011) *Química General: Principios y aplicaciones modernas*. Pearson. Décima edición.
- Ríos Quintero, C. (2021). Síntesis y caracterización de carbon-dots a partir de una fuente renovable. Universidad EIA
- Sagbas, S., & Sahiner, N. (2018). Carbon dots: Preparation, properties, and application. In *Nanocarbon and its Composites: Preparation, Properties and Applications* (pp. 651–676). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102509-3.00022-5>
- Serway, R. A., Jewett, J. W. (2014) *Física: Electricidad y magnetismo*. Cengage Learning, Novena Edición.

Anexo C: Diapositivas presentadas en el aula de clase

PRÁCTICA DE LABORATORIO: Absorción y emisión de energía a partir de la preparación de puntos cuánticos de carbono

Kelly Alejandra Cueto Álvarez

Maestría en enseñanza de las ciencias exactas y naturales

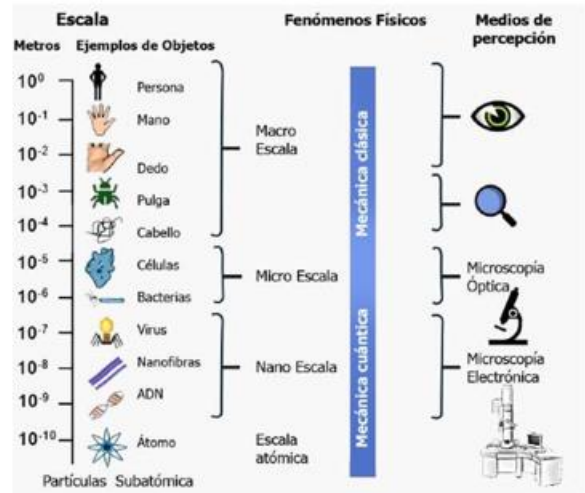
Universidad Nacional de Colombia

Objetivos

- Estudiar conceptos de absorción y emisión de energía a partir de la preparación de los puntos cuánticos de carbono.
- Observar y describir el comportamiento del nanomaterial.
- Introducir algunos conceptos básicos de la nanociencia.

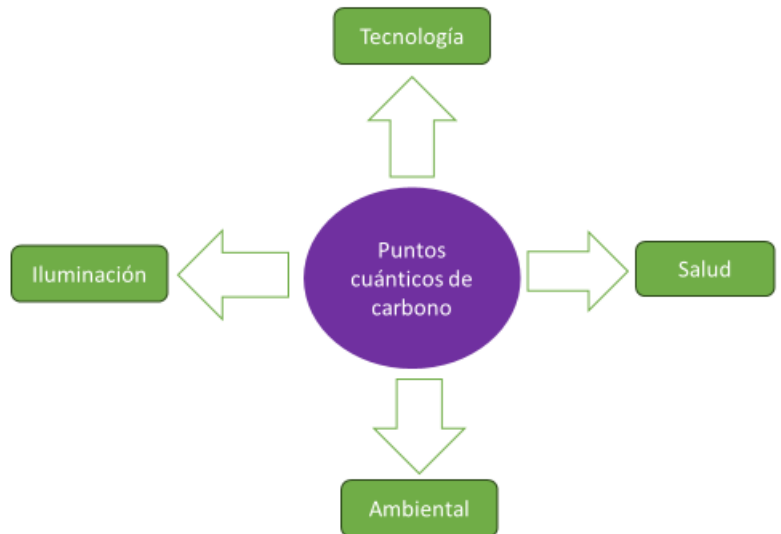
Nanotecnología

Rama de la ciencia que estudia y manipula materiales a escala muy pequeña ($1\text{nm} = 1 \times 10^{-9}\text{m}$)



Aplicaciones

- Creación de materiales a escala nano más resistentes, livianos y amigables con el medio ambiente.
- Como se trabaja en una escala tan pequeña, los científicos aprovechan esas propiedades únicas que tienen los materiales a nivel nanométricos.



Puntos cuánticos de carbono

- Nanoestructuras formadas principalmente por átomos de carbono.
- Se obtienen fácilmente a partir de fuentes orgánicas, a través de procesos de oxidación y deshidratación a bajo costo.
- Son biocompatibles. No son tóxicos ni dañinos para el medio ambiente.
- Su tamaño varía entre 1 y 10 nm.
- Emiten luz (son fluorescentes).

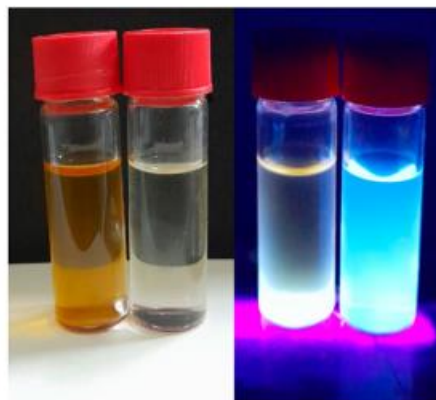


Figura 1: Muestras de CQDs. Izquierda: muestra color marrón y claro CQDs bajo iluminación común. Derecha: mismas muestras de CQDs bajo iluminación ultravioleta (365 nm).

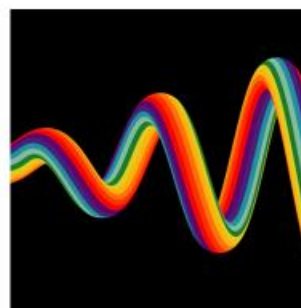
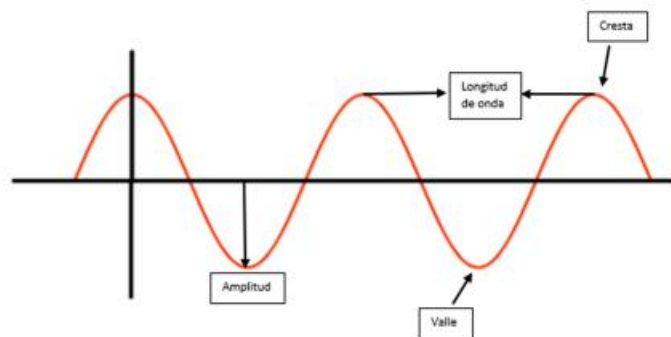
¿Qué es una onda?

Perturbación que transmite energía a través de un medio

Partes de una onda:

- Cresta
- Valle
- Amplitud
- Longitud de onda
- Frecuencia (ν): Cantidad de crestas que tiene una onda en un determinado tiempo.
- Velocidad de propagación:

$$V = \nu \cdot \lambda$$

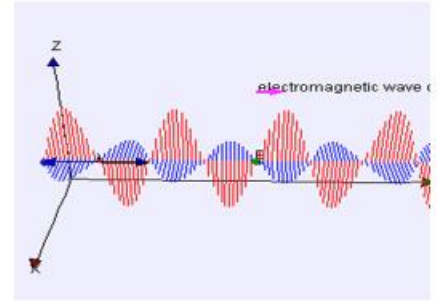
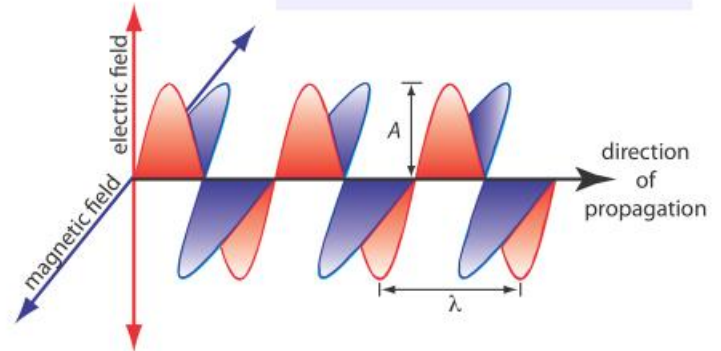


Radiación electromagnética

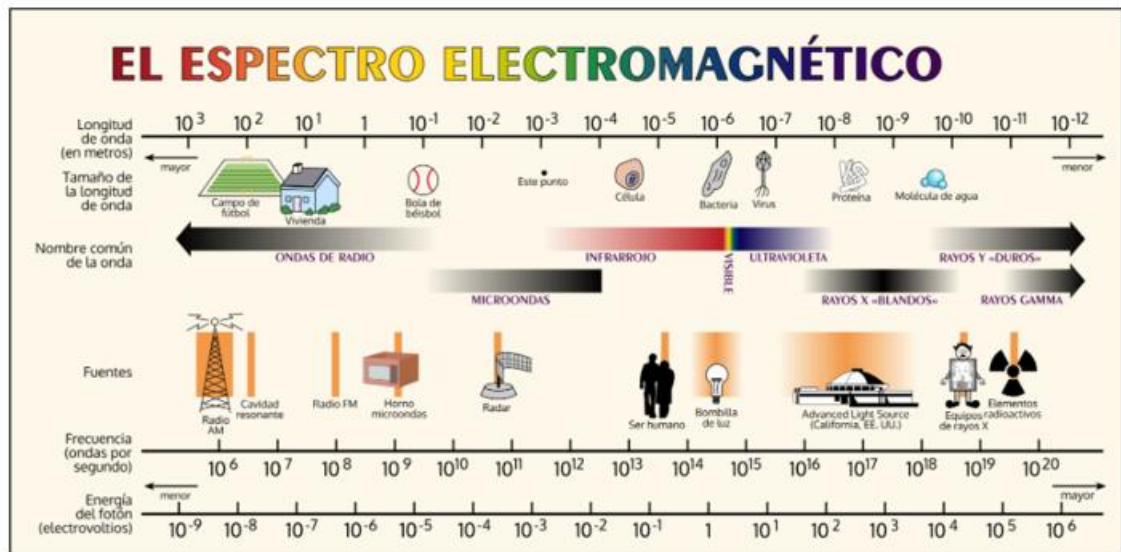
- Forma de transmisión de energía en la que los campos eléctricos y magnéticos se propagan por medio de ondas.

Campo magnético:
Generado por un imán o materiales magnéticos

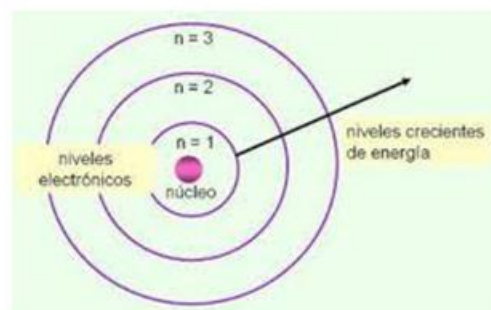
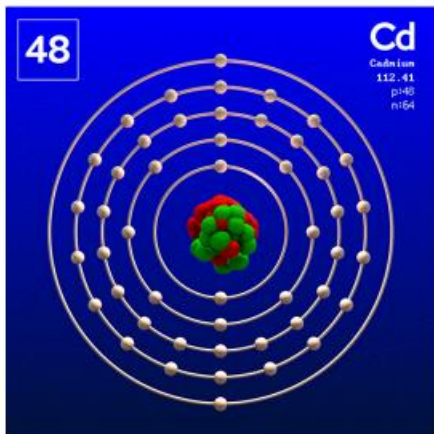
Campo eléctrico:
Partícula cargada eléctricamente en una región determinada.



Espectro electromagnético



Modelo atómico de Bohr



Transición electrónica

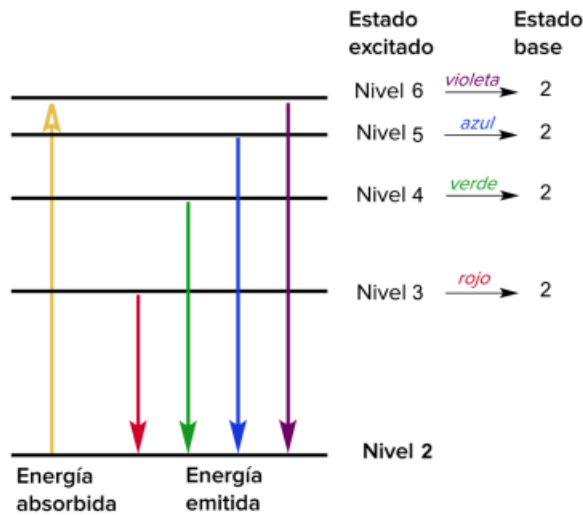
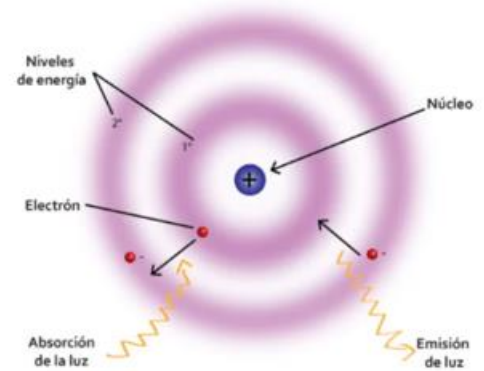
- Los átomos, las moléculas y los puntos cuánticos de carbono pueden absorber y emitir energía y esa cantidad de energía es una medida definida y se llama CUANTO.
- La energía se absorbe y se emite en forma de FOTONES (paquetes de luz).

$$E_{foton} = h\nu$$

Donde h es la constante de Planck (6.62×10^{-34} J.s) y ν es la frecuencia de la radiación.

¿Qué sucede con los electrones cuando se absorbe y se emite energía?

- Absorción: $E_{foton} > |E_f - E_i|$
- Emisión: $E_{foton} = |E_f - E_i|$



Fluorescencia

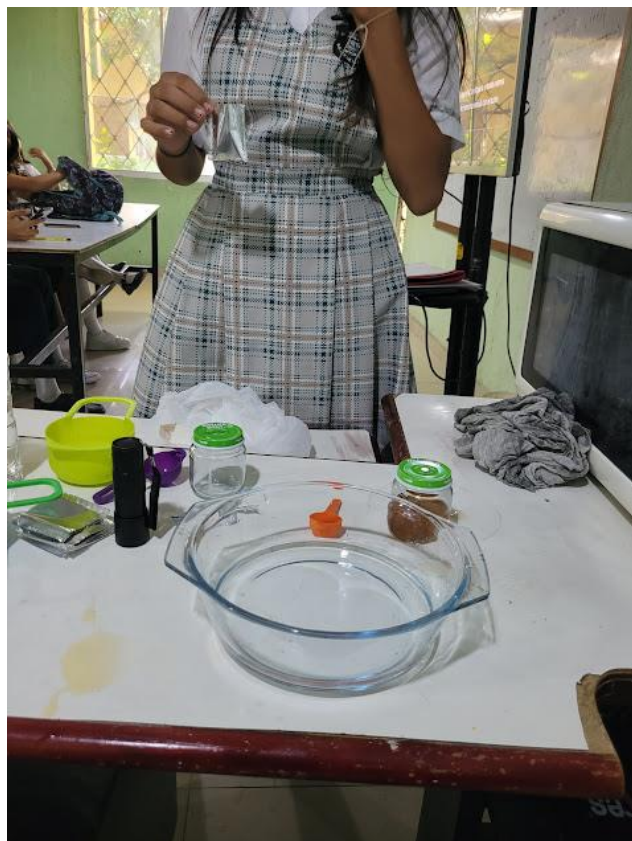
- Los puntos cuánticos de carbono absorben la luz ultravioleta de la lámpara y luego emiten luz visible.
- Longitud de onda de la luz ultravioleta: 10 nm a 400 nm
- Longitud de onda luz visible: 400 nm a 700 nm

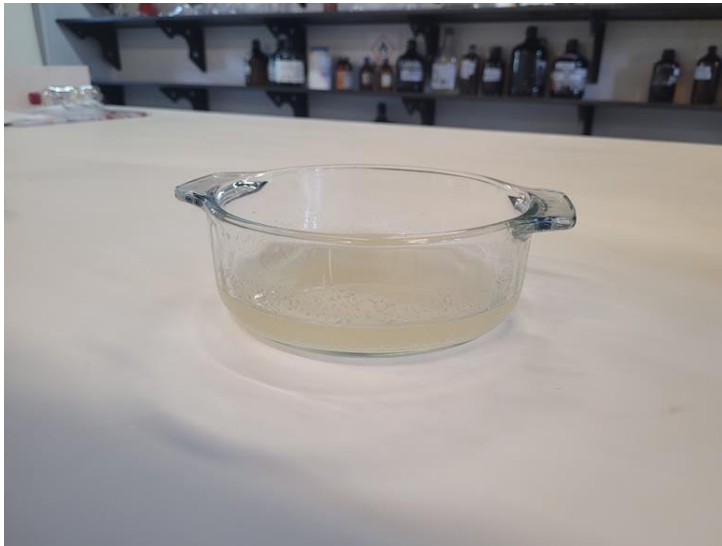


Anexo D: Fotos de la intervención en el aula



60 Preparación de puntos cuánticos de carbono como actividad experimental para enseñar los conceptos de absorción y emisión de energía





62 Preparación de puntos cuánticos de carbono como actividad experimental para enseñar los conceptos de absorción y emisión de energía

