





CONCEPTOS QUÍMICOS

PARA UN APRENDIZAJE CONTEXTUALIZADO

Nidia Yaneth Torres Merchán

Diana Yicela Pineda Caro

Compiladoras



Uptc[®]

Universidad Pedagógica y
Tecnológica de Colombia

VIGILADA MINEDUCACIÓN



CONCEPTOS QUÍMICOS

PARA UN APRENDIZAJE CONTEXTUALIZADO

Nidia Yaneth Torres Merchán

Diana Yicela Pineda Caro

Compiladoras



ENFOQUE: INVESTIGACIÓN

Área OCDE: CIENCIAS SOCIALES

Disciplina: Otras Ciencias de la Educación

Biblioteca Facultad de Ciencias de la Educación, 90 años, libros

Colección N° 04

Conceptos químicos para un aprendizaje contextualizado

Chemical concepts for contextualized learning

Primera Edición, 2025

200 ejemplares (impresos)

Biblioteca Facultad de Ciencias de la Educación, 90 años, libros. No. 04

© Alejandro Bolívar Suárez, 2025

© Angie Carolina Sosa Mesa, 2025

© Diana Yicela Pineda Caro, 2025

© Edgar Eduardo Vargas Aguilar, 2025

© Glaylton Batista de Almeida, 2025

© José Miguel Motivar Fonseca, 2025

© Juan Camilo Guzmán Rodríguez, 2025

© Luciana de Lima, 2025

© Nidia Milena García Barrero, 2025

© Nidia Yaneth Torres Merchán, 2025

© Quira Alejandra Sanabria Rojas, 2025

© Rubinsten Hernández Barbosa, 2025

© Thiago Henrique Barnabé Corrêa, 2025

© Yaneth Ximena Rojas Sotelo, 2025

© Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2025

ISBN (impreso) 978-958-660-957-9

ISBN (ePub) 978-958-660-956-2

Impreso y hecho en Colombia - Printed and made in Colombia

Conceptos químicos para un aprendizaje contextualizado/ Chemical concepts for contextualized learning. Torres Merchán, Nidia Yaneth; Pineda Caro, Diana Yicela (Compiladoras). Tunja: Editorial UPTC, 2025. 186 p.

ISBN: 978-958-660-957-9

ISBN Digital 978-958-660-956-2

1. Didáctica de las Ciencias. 2. Aprendizaje contextualizado. 3. Química. 4. Comprensión. 5. Experimentación.

(Dewey 540.7) (THEMA - JNUM - Recursos y materiales didácticos para docentes.)

Rector, UPTC

Enrique Vera López

Comité Editorial

Carlos Mauricio Moreno Téllez

Vicerrector de Investigación y Extensión

Yolanda Torres Pérez

Directora de Investigaciones

Óscar Pulido Cortés

Delegado Vicerrectoría Académica

Martín Orlando Pulido Medellín

Representante Área Ciencias Agrícolas

Yolima Bolívar Suárez

Representante Área Ciencias Médicas y de la Salud

Nelsy Rocío González Gutiérrez

Representante Área Ciencias Naturales

Olga Yanet Acuña Rodríguez

Representante Área Ciencias Sociales

Juan Guillermo Díaz Bernal

Representante Área Humanidades

Pilar Jovanna Holguín Tovar

Representante Área Artes

Edgar Nelson López López

Representante Área Ingeniería y Tecnología

Juan Sebastián González Sanabria

Representante Grupos de Investigación

Editora

Bertha Ramos Holguín

Corrección de Estilo

Álvaro Enrique Vanegas Valencia

Impresión

Búhos Editores Ltda.

Calle 57 No. 9 – 36

Cel. 314 411 5024

Tunja – Boyacá – Colombia

Libro de investigación resultado del proyecto la experimentación: una estrategia para la enseñanza de conceptos estructurantes en química con SGI: 2581

Citar este libro / Cite this book

Torres Merchán, N.; Pineda Caro, D. (Comp.) (2025). *Conceptos químicos para un aprendizaje contextualizado*. Editorial UPTC. Biblioteca Facultad de Ciencias de la Educación, 90 años, libros, No. 04. <https://doi.org/10.19053/uptc.9789586609579>



Uptc[®]
Universidad Pedagógica y
Tecnológica de Colombia
VISUALIZA INFINITAMENTE



Libro financiado por la Facultad de Ciencias de la Educación. Se permite la reproducción parcial o total con la autorización expresa de los titulares del derecho de autor. Este libro es registrado en Depósito Legal, según lo establecido en la Ley 44 de 1993, el Decreto 460 del 16 de marzo de 1995, el Decreto 2150 de 1995 y el Decreto 358 de 2000.

Editorial UPTC

La Colina, Bloque 7, Casa 5

Avenida Central del Norte No. 39-115, Tunja, Boyacá

comite.editorial@uptc.edu.co

www.uptc.edu.co

<https://editorial.uptc.edu.co>



Biblioteca de la Facultad de Ciencias de la Educación

90 Años

Libro N°. 04

Editor: Dr. Rafael Enrique Buitrago Bonilla

Dr. Óscar Pulido Cortés (Decano de la Facultad)

Dra. Claudia Liliana Sánchez Sáenz (Directora del CIEFED)

Dr. Pedro María Argüello García (Representante Investigadores)

Dra. Ruth Nayibe Cárdenas Soler (Representante Editores de Revistas)

Asistente Editorial: Luis Eduardo Molina Pacheco

Resumen

Esta obra se basa en experiencias de aula derivadas de la investigación didáctica, las cuales pueden contribuir a mejorar la enseñanza de la química y a incrementar el interés del alumnado por esta ciencia. Desde esta perspectiva, se presentan reflexiones sobre la contextualización del conocimiento del contenido, con el fin de fomentar y reconfigurar las explicaciones que los estudiantes elaboran sobre los fenómenos que ocurren en su entorno.

Los conceptos químicos abordados están relacionados con la masa y el peso, los orbitales moleculares, la oxidación, la combustión, y cuestiones sociocientíficas vinculadas a las curtiembres y los empaquetados. En estos temas se explora la formación de actitudes científicas mediante la experimentación, la indagación, la investigación documental y la argumentación.

Palabras clave: Didáctica de las Ciencias, aprendizaje contextualizado, química, comprensión, experimentación.

Abstract

This work is based on classroom experiences derived from didactic research, which can contribute to improving the teaching of chemistry and increasing student interest in this science. From this perspective, it presents reflections on the contextualization of content knowledge, with the aim of encouraging and reconfiguring students' explanations of the phenomena occurring in their environment.

The chemical concepts addressed are related to mass and weight, molecular orbitals, oxidation, combustion, and socio-scientific issues related to tanneries and packaging. These topics explore the development of scientific attitudes through experimentation, inquiry, documentary research, and argumentation.

Key Words: Science teaching, contextualized learning, chemistry, understanding, experimentation.

CONTENIDO

Presentación.....	17
--------------------------	-----------

Capítulo 1. Experimentación para el aprendizaje de los conceptos de masa y peso en el contexto de educación primaria

<i>Diana Yicela Pineda Caro y Alejandro Bolívar Suárez.....</i>	<i>21</i>
---	-----------

Introducción	21
--------------------	----

Metodología	24
-------------------	----

<i>Diseño</i>	<i>24</i>
---------------------	-----------

<i>Participantes.....</i>	<i>24</i>
---------------------------	-----------

<i>Fases Metodológicas</i>	<i>24</i>
----------------------------------	-----------

<i>Análisis de Resultados</i>	<i>28</i>
-------------------------------------	-----------

<i>Resultados y Discusión.....</i>	<i>29</i>
------------------------------------	-----------

<i>Conceptualización de los Términos Masa y Peso (P5 y P6)</i>	<i>29</i>
--	-----------

<i>Instrumentos y Unidades de Medida de la Masa y el Peso (P2-P3)...</i>	<i>33</i>
--	-----------

<i>Relación de la Masa y el Peso con Otras Propiedades de la Materia (P1, P4).....</i>	<i>35</i>
--	-----------

Conclusiones.....	37
-------------------	----

Capítulo 2. Orbitales atómicos en realidad aumentada: una propuesta para la enseñanza de la química basada en la teoría del aprendizaje significativo

<i>Glaylton Batista de Almeida , Luciana de Lima y Thiago Henrique Barnabé Corrêa</i>	<i>43</i>
---	-----------

Introducción	43
--------------------	----

Fundamentación Teórica: El Concepto Químico de Orbital.....	47
---	----

Clasificación de los Orbitales.....	51
-------------------------------------	----

<i>Orbitales s</i>	<i>52</i>
--------------------------	-----------

<i>Orbitales p</i>	<i>53</i>
--------------------------	-----------

<i>Orbitales d</i>	53
<i>Orbitales F</i>	54
La Enseñanza de Orbitales	54
Orbitales Atómicos y la Teoría del Aprendizaje Significativo	55
Orbitales Atómicos y la Realidad Aumentada (Ra)	57
Consideraciones Finales.....	60
 Capítulo 3. Fortalecimiento de habilidades de pensamiento científico a partir de la enseñanza de las leyes de los gases	
<i>Juan Camilo Guzmán Rodríguez y Edgar Eduardo Vargas Aguilar</i>	67
Introducción	67
Metodología	72
<i>Fase Diagnóstica</i>	72
<i>Implementación de la Secuencia de Actividades</i>	73
<i>Evaluación</i>	73
Resultados.....	77
Análisis y Discusión	82
Conclusiones.....	87
 Capítulo 4. Oxígeno, oxidación, combustión: una triada compleja	
<i>Quira Alejandra Sanabria Rojas y Rubinsten Hernández Barbosa</i>	93
Introducción	93
<i>Un Marco de Interpretación</i>	97
<i>Aproximación Histórica</i>	101
<i>Nivel 1. Macroscópico</i>	103
<i>Nivel 2. Atómico-Molecular</i>	106
<i>Nivel 3. Electrónico-Nuclear</i>	111
<i>Metodología</i>	116
<i>Resultados y Discusión</i>	118
Conclusiones.....	128

Capítulo 5. Las curtiembres, una cuestión socio-científica para abordar conceptos químicos	
<i>Nidia Milena García Barrero, Nidia Yaneth Torres Merchán y Edgar Eduardo Vargas Aguilar</i>	135
Introducción	135
Metodología	139
<i>Desarrollo de Actividades</i>	141
Resultados y Analisis	142
<i>Diagnóstico</i>	142
<i>Aprendizaje de Contenido Científico</i>	144
<i>Curtiembres y Ambiente</i>	144
<i>Efectos que Tienen las Curtiembres sobre el Adn</i>	147
<i>Aprendiendo sobre Sustancias Químicas Usadas en las Curtiembres</i>	150
Conclusiones.....	155
 Capítulo 6. Reflexiones en el aula sobre el uso de colorantes y aditivos en los empaquetados	
<i>José Miguel Motivar Fonseca, Yaneth Ximena Rojas Sotelo, Angie Carolina Sosa Mesa y Nidia Yaneth Torres Merchán</i>	161
Metodología	164
Resultados y Análisis	167
<i>Colorantes y Aditivos Químicos de los Alimentos Empaquetados</i>	167
<i>La Realidad Tras los Paquetes, a Través de la Experimentación</i>	172
Conclusiones.....	177
Consideraciones finales	181

PRESENTACIÓN

Esta obra deriva del proyecto SGI 2581 del año 2019, desarrollado desde la línea de investigación denominada: *investigación e innovación en Didáctica de las Ciencias Naturales*, del grupo de investigación WAIRA (Ambiente Comunidad y Desarrollo). El propósito fue determinar los aportes de diferentes estrategias didácticas para abordar conceptos estructurantes en el área de la química, fortaleciendo de esta manera, la comprensión de fenómenos, la contextualización de los conceptos químicos y la formación de actitudes científicas a través de la experimentación, la indagación y la investigación documental.

Todos los capítulos se basan en experiencias de aula derivadas de investigación didáctica, que puedan contribuir a mejorar las clases de química y aumentar el interés del alumnado hacia esta ciencia, pues la ciencia no puede ser significativa para los estudiantes sin estar contextualizada, lo cual aporta al aprendizaje desde la comprensión y contribuye a un proceso de construcción de conocimiento. Desde esta mirada, el texto evidencia reflexiones sobre el proceso de enseñanza y aprendizaje de la química en particular, con el propósito de contribuir a los estudiantes y docentes a construir y reconfigurar explicaciones acerca de los fenómenos cercanos a su cotidianidad.

Teniendo en cuenta lo anterior, los primeros tres capítulos presentados en este texto surgen a partir de una revisión teórica profunda que permitió establecer estrategias y actividades para abordar en el aula conceptos fundamentales en química, como lo es la masa y peso, orbitales atómicos, leyes de gases y procesos de oxidación y combustión. Por otro lado, los dos últimos capítulos centran su atención en cuestiones socio científicas que permitieron a los estudiantes estudiar y reflexionar sobre conceptos químicos asociados a las curtiembres y el uso de empaquetados.

A continuación se presenta una sinopsis de lo que se encontrará en cada uno de los capítulos.

El primer capítulo, centra su atención en los conceptos de masa y peso, teniendo en cuenta que por lo general los estudiantes los interpretan como si fueran lo mismo o relacionan los términos con elementos e instrumentos de la vida cotidiana, aspecto que conlleva a un uso inapropiado de conocimientos científicos. Por esta razón, los autores propusieron una intervención didáctica a 90 niños de grado quinto de la Institución Educativa INEM Carlos Arturo Torres, Sede las Américas del Municipio de Tunja. En dicha intervención didáctica se realizaron explicaciones teóricas, ejercicios y demostraciones a través de cuatro experimentos denominados: «¿El aire tiene masa?», «Espuma mágica», «Plastilina acuática» y «¡Aprendiendo con el dinamómetro!». En general, esta investigación concluyó que la intervención didáctica favoreció la exploración de estos conceptos y asoció otros, como el volumen, la densidad o la gravedad; sin embargo, las dificultades para diferenciar la masa del peso pueden persistir, debido a que los conocimientos de los niños se encuentran bastante arraigados a su experiencias vivenciales.

En el segundo capítulo se describen las dificultades evidenciadas en relación al Orbital Atómico, debido a que este tema involucra fenómenos alejados de la realidad del estudiante y requiere una comprensión visoespacial de modelos abstractos, lo que dificulta su aprendizaje significativo. Una de las formas que mencionan los investigadores para facilitar el proceso de aprendizaje de este contenido es el uso de tecnologías digitales, ya que tienen diferentes formas de uso y pueden motivar al estudiante a hacer relaciones entre el tema que quiere entender con lo que ya conoce y tiene anclado en su estructura cognitiva, lo cual sería definido como Teoría del Aprendizaje Significativo (TAS). Una de estas tecnologías que tiene potencial educativo es la Realidad Aumentada (RA), un recurso que permite la integración de objetos del mundo real con modelos creados en computadoras. Dado lo anterior, el objetivo de este capítulo es presentar los aportes de una aplicación de RA que pretende brindar un aprendizaje significativo en los moldes ausubelianos sobre el concepto químico de los orbitales atómicos.

En el tercer capítulo se presenta una estrategia didáctica para la enseñanza de las Leyes de los gases a través de una secuencia de actividades, partiendo de la revolucionaria propuesta de Jacques Ranciere, donde se busca transformar el rol de un maestro explicador a un maestro emancipador. La investigación presentada en este capítulo, presenta los

resultados de una prueba diagnóstica en estudiantes de primer semestre de la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental, en los cuales se evaluó el desempeño en las habilidades de pensamiento científico, reconociendo que ninguno de ellos alcanzó un nivel más alto que el básico. A partir de estos resultados se evidenció la importancia de proponer estrategias que permitan la formación científica de los estudiantes.

En el cuarto capítulo se presenta el análisis sobre la construcción escrita de estudiantes de la Licenciatura en Ciencias Naturales sobre la combustión para los materiales orgánicos, expresada a su vez como la calcinación para los materiales metálicos. Parte de esta explicación elaborada a través del tiempo, dio origen a los conceptos de interés: oxígeno, óxido y oxidación. El análisis del discurso elaborado por los participantes muestra que éste es fundamentalmente descriptivo con una riqueza en el uso de los modelos icónicos y lingüísticos, y en menor grado, con el uso de modelos analógicos, metafóricos y simbólicos, que sugiere solo el alcance del nivel dos de representación atómico-molecular. Los resultados obtenidos permitieron concluir que el uso de la historia a partir de la investigación documental, ofrece una riqueza instrumental y conceptual para comprender los sistemas teóricos actuales que siguen siendo de interés.

En el quinto capítulo, los autores presentan un análisis del aprendizaje de contenido científico relacionado con la química inorgánica al implementar una secuencia didáctica para estudiantes de grado décimo que abordó las curtiembres como cuestión socio-científica. La secuencia didáctica planteada en la investigación de este capítulo centró su atención en la industria de curtiembres de Villapinzón, Colombia, y permitió abordar temáticas relacionadas con propiedades físicas y químicas de elementos y compuestos, enlaces, tipos de sales, iones, cationes, tensión superficial, pH, ácidos y bases. También se abordaron problemáticas sociales y ambientales, debido a que los agentes químicos empleados para curtir la piel de los animales son vertidos directamente a las fuentes hídricas.

El sexto capítulo se relaciona con el consumo de alimentos empaquetados, en el cual participaron estudiantes de educación básica secundaria de dos instituciones públicas del Departamento de Boyacá-Colombia. En

este capítulo, se presentan los resultados de una secuencia didáctica relacionada con la identificación de colorantes en los empaquetados a través de experiencias lúdicas y experimentos. Las actividades permitieron que los estudiantes de grado séptimo identificaran y reflexionaran sobre las implicaciones de un consumo desinformado y se aprendió sobre la relación del consumo frecuente de empaquetados al desarrollo de enfermedades como la obesidad y la gastritis, principalmente.

Por lo anterior, estos capítulos resaltan la importancia de abordar metodologías didácticas diversificadas y contextualmente relevantes para mejorar el aprendizaje científico y alcanzar una comprensión integral y crítica de los conceptos químicos abordados.

CAPÍTULO 1.

EXPERIMENTACIÓN PARA EL APRENDIZAJE DE LOS CONCEPTOS DE MASA Y PESO EN EL CONTEXTO DE EDUCACIÓN PRIMARIA

Diana Yicela Pineda Caro¹
Alejandro Bolívar Suárez²

Introducción

La masa y el peso son dos conceptos ampliamente abordados en física y química. Estos, aunque se encuentren interrelacionados, generalmente son interpretados en el contexto cotidiano como si fueran lo mismo, lo que conlleva a que los estudiantes posean conocimientos previos incorrectos desde el dominio científico. Sumado a ello, existen limitaciones al abordar unidades e instrumentos de medida para la masa y el peso³, teniendo en cuenta que no siempre los estudiantes acceden a prácticas de laboratorio que deriven en mediciones directas a través de la experimentación. Por otra parte, los conceptos se han enseñado a través de la profundización en problemas mecánicos y aplicación de ecuaciones, limitando así la explicación y argumentación conceptual⁴.

1 Magíster en Química, Licenciada en Ciencias Naturales y Educación Ambiental, Integrante del grupo de Investigación WAIRA Ambiente, Comunidad y Desarrollo de la UPTC, docente de la Institución Educativa el Pretecto, Nunchía-Casanare. Correo electrónico: diana.pineda01@uptc.edu.co

2 Doctor en Ciencias de la Educación, Magíster en Educación, Especialista en Investigación de Accidentes de Tránsito, Profesional en Física, Docente del programa de Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Grupo de Investigación WAIRA Ambiente, Comunidad y Desarrollo. Correo electrónico: alejandro.bolivar@uptc.edu.co

3 Y. Machado, y Panesso y D. Mena (2019). «Aprendizaje de los conceptos de masa, peso y gravedad en los estudiantes de grado noveno a través de modelos didácticos analógicos», Tesis de Maestría, 2019. https://repository.udem.edu.co/bitstream/handle/11407/6383/T_ME_469.pdf?sequence=2

4 Luisa Gómez, (2015). «Reflexiones sobre las concepciones masa y peso: una propuesta», Tesis de Pregrado, 2015. Universidad Pedagógica Nacional.

De manera predominante en los libros de texto, la masa es considerada como una magnitud invariable de la cantidad de materia de un objeto; sin embargo, desde el análisis mecánico, se define como una propiedad escalar que mide la resistencia de los cuerpos a ser acelerados, por lo tanto, la masa no depende de la localización en la que se encuentre⁵. Esto quiere decir que, si un objeto en la tierra de 5 kg es llevado a la luna, allí tendría la misma masa. Por su parte, el peso representa la acción de la fuerza gravitacional sobre la masa del objeto y depende de la naturaleza y la distancia en la que se encuentran otros objetos⁶.

Estudios han propuesto estrategias didácticas para enseñar dichos conceptos a través de clases demostrativas⁷, aulas inclusivas⁸, cuestionarios⁹, modelos analógicos⁹ o acciones mentales¹⁰. A partir de este panorama es posible comprender las siguientes tendencias: primero, las estrategias se han orientado principalmente a estudiantes de educación primaria y básica; segundo, se resalta la importancia de reconocer los conocimientos previos de los estudiantes, para poder valorar el nivel de apropiación conceptual, procedimental y actitudinal que se adquiere a través de las intervenciones didácticas; tercero, las preconcepciones son resistentes al cambio y, por último, las estrategias de enseñanza se han centrado en la construcción de modelos mentales a partir de la teoría, relegando un poco las actividades experimentales.

En cuanto a este último aspecto, es necesario considerar que el trabajo experimental en ciencias naturales es indispensable para mejorar los procesos de aprendizaje, especialmente de conocimientos que pueden ser demasiado técnicos, como es el caso de los conceptos abordados en esta investigación. En consecuencia, realizar experimentos en el aula

5 J. Arnaiz, *Matematizar 3. Aplicaciones I*, (Segunda ed), 2016.

6 P. Tipler, *Física I. Serie Integral por competencias*, 2016.

7 Juan Carlos Martínez, «Propuesta didáctica para la enseñanza del concepto de masa en los estudiantes del grado décimo de la Institución Educativa Raíces del Futuro», tesis de Maestría Universidad Nacional de Colombia, 2011.

8 C. Carvajal «Una propuesta didáctica para la enseñanza de las magnitudes masa y peso en la educación básica», tesis de Pregrado, Universidad de Antioquia, 2008.

9 L. Moro, J. Viau, R. Zamorano y H. Gibbs, «Aprendizaje de los conceptos de masa, peso y gravedad. Investigación de la efectividad de un modelo analógico». *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 4(2), 2007: 272–286. https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2007.v4.i2.04

10 Soraida Cano, «Diseño de unidad didáctica para la enseñanza de los conceptos de masa, volumen y temperatura a través de la Teoría de la Formación por Etapas de las Acciones Mentales», tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia, 2017.

permiten la comprensión de conceptos científicos, desarrolla habilidades prácticas y estimula el pensamiento científico¹¹; incluso, puede despertar vocaciones e intereses por las ciencias¹².

Es relevante que los docentes se motiven no solo a ejecutar actividades como observaciones de fenómenos científicos y experimentos para comprobar aspectos estudiados en clases teóricas, sino que también se deben implementar actividades que desafíen al estudiante y le permitan desarrollar habilidades, competencias y aptitudes propias del área de las ciencias naturales [...]¹⁰

En educación primaria, estos beneficios se acrecientan, puesto que favorece la curiosidad de los niños por comprender los acontecimientos del mundo que los rodea¹³, facilitando una mayor apropiación de conocimientos en niveles superiores que involucran los conceptos de masa y peso —por ejemplo, la Segunda Ley de Newton—, cantidades deducidas o derivadas¹⁴. Esto permite reconocer que los conceptos abordados en este capítulo pueden ser catalogados como «conceptos estructurantes», teniendo en cuenta que, a partir de ellos, se permite el aprendizaje de otros conocimientos.

Los conceptos estructurantes solo tienen sentido bajo una concepción constructivista que implica tanto la definición, como las estrategias para abordarlo¹⁵. Dichas implicaciones son coherentes con esta investigación, teniendo en cuenta que el objetivo general fue realizar un seguimiento a los conceptos de masa peso en niños de grado quinto de una institución educativa del municipio de Tunja, Colombia, antes y después de realizar cuatro actividades experimentales en el aula de clase.

11 G., Chans, M., Bravo A., Orona y E. Sánchez, «Compilation of Chemistry Experiments for an Online Laboratory Course: Student's Perception and Learning Outcomes in the Context of COVID-19». *Sustainability*, 14(5), 2022: 1–26. <https://doi.org/10.3390/su14052539>

12 J. Neira «La experimentación en ciencias naturales como estrategia de alfabetización científica», *Revista UCMaule*, 60, 2021: 102–116. <https://doi.org/10.29035/ucmaule.60.102>

13 A. Rodríguez, M. Cáceres y A. Franco, (2021). «¿Cómo hacemos crecer una planta? Una indagación con niños de 3 años de educación infantil», *Enseñanza de Las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 39(3), 2021: 231–253. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3345>

14 R. Serway y L. Kirkpatrick, *Física para ciencias e ingeniería*, Séptima: 2008

15 R. Gagliardi, «Los conceptos estructurales en el aprendizaje por investigación» en Primeras Jornadas de Estudio sobre la Investigación en la Escuela, Sevilla, 1985.

Metodología

Diseño

La metodología propuesta en este estudio parte del paradigma interpretativo, el cual se caracteriza por asumir que los participantes de la investigación crean y asocian sus propios significados a medida que interactúan con diversas experiencias cotidianas y escolares¹⁶. En congruencia, involucra el enfoque cualitativo porque la situación problematizadora y los participantes se ven desde una perspectiva holística, sensibles a los efectos que puedan provocar las fases metodológicas¹⁷, instrumentos de investigación como el pretest, posttest y la observación directa.

Participantes

Esta investigación fue realizada en el primer semestre del año 2022, con 90 estudiantes del grado quinto de la institución educativa INEM Carlos Arturo Torres, Sede las américas del municipio de Tunja. Los participantes estuvieron distribuidos en tres grupos: el grado 5-1 conformado por 29 estudiantes, el grado 5-2 por 28 estudiantes y el grado 5-3 por 33 estudiantes. Cabe mencionar que la edad de los niños osciló en un rango de 9 a 14 años, el 45,6 % de los participantes tenía 10 años; seguido de un 28,9 % con 11 años; un 11,1 % con 12 años, un 10 % con 9 años y un 2,2 % con 13 y 14 años.

Fases Metodológicas

Para cumplir con el objetivo general de esta investigación, el desarrollo metodológico se planteó teniendo en cuenta los siguientes momentos:

16 C. Roca, (2020). «Teoría y elección metodológica en la investigación», en *Anuario de Métodos de Investigación en Comunicación Social*: Universitat Pompeu Fabra, 2020, 1-3. <https://doi.org/10.31009/metodos.2020.i01.01>

17 R., Ochoa, N., Nava y D. Fusil, «Comprensión epistemológica del tesista sobre investigaciones cuantitativas, cualitativas y mixtas». *Orbis*, 15(45), 2020: 13–22. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7407375.pdf>

Momento 1. Diagnóstico

Con el propósito de reconocer los conceptos previos de los estudiantes, se estructuró un pretest, tomando como referencia preguntas realizadas en pruebas estandarizadas de ciencias naturales del grado quinto e investigaciones que anteceden este estudio. El cuestionario estuvo compuesto por 6 preguntas (P1-P6) que fueron analizadas a través de las categorías de análisis: conceptualización de los términos masa y peso, relación de la masa y el peso con otras propiedades de la materia, instrumentos y unidades de medida. A continuación, en la tabla 1.1 se encuentra la matriz de coherencia del pretest (que también sirvió como postest), teniendo en cuenta el diseño metodológico propuesto para el desarrollo de la investigación.

Matriz de coherencia del cuestionario pretest-postest				
Número de pregunta	Enunciado	Objetivo de la pregunta	Categoría de análisis	Fuente
P1	Los siguientes cubos tienen distinto volumen, pero poseen la misma masa. Si se construyen figuras con los mismos materiales, pero de igual volumen, ¿cuál figura crees que presenta mayor masa?	Identificar la percepción de los estudiantes sobre el concepto de masa y su relación con el concepto de volumen y densidad.	Relación de la masa y el peso con otras propiedades de la materia.	Adaptada de Cano ⁸
P2	¿Con qué instrumento podemos verificar cuál patito es el que tiene mayor masa?	Reconocer instrumentos de medida de la masa.	Instrumentos y unidades de medida de la masa y el peso.	Adaptada de Carvajal ⁶
P3	¿En qué unidades de medida podemos expresar el peso de cada patito?	Identificar las unidades de medida del peso.		
P4	Si dejamos caer dos patitos de acero idénticos desde la misma altura, uno en la tierra y otro en la luna, se puede suponer qué:	Comprender la relación del concepto de peso y el de fuerza gravitacional.	Relación de la masa y el peso con otras propiedades de la materia.	Adaptada de ICFES ¹⁸
P5	Elabora un dibujo y explica con tus propias palabras el significado del término «masa».	Conceptualizar el término «masa» abordado en las ciencias naturales.	Conceptualización de los términos masa y peso.	Los autores
P6	Elabora un dibujo y explica con tus propias palabras el significado del término «peso».	Conceptualizar el término «peso» abordado en las ciencias naturales.		

Tabla 1.1 Matriz de coherencia pretest-postest.

Fuente: elaboración propia

18 ICFES. «SABER 3º, 5º y 9º 2014 Cuadernillo de prueba segunda edición. Ciencias naturales grado 5º», 2016. [https://www.icfes.gov.co/documents/20143/489407/Ejemplos de preguntas saber 5 ciencias naturales 2014 v4.pdf](https://www.icfes.gov.co/documents/20143/489407/Ejemplos%20de%20preguntas%20saber%205%20ciencias%20naturales%202014%20v4.pdf)

Momento 2. Experimentación en el aula

La intencionalidad de este momento fue promover el aprendizaje de los conceptos sobre masa, peso y otros relacionados, como gravedad, volumen y densidad. Para ello, se implementaron 5 experimentos case-ros, tal como se puede apreciar en la tabla 1.2, donde se relacionan las instrucciones y preguntas orientadoras.

Matriz de coherencia de los experimentos		
Nombre del experimento	Instrucciones del experimento	Preguntas orientadoras
¿El aire tiene masa?	1) Medir la masa de un globo sin inflar en una balanza analítica y anotar la magnitud.	¿Por qué tiene mayor masa el globo inflado que el globo sin inflar? ¿Cómo se puede hallar el peso de los globos?
	2) Inflar el mismo globo y medir su masa. No olvide anotar la magnitud obtenida.	
	3) Observar lo sucedido y discutir las preguntas orientadoras.	
Espuma mágica	1) Depositar 30 ml de vinagre en una probeta.	¿Cree que la cantidad de masa de los reactivos y los productos cambió? ¿El peso de la espuma mágica es mayor en la tierra que en la luna? ¿Y en Neptuno?
	2) Medir 3 ml de jabón líquido y depositarlo en la probeta	
	3) Agitar las sustancias.	
	4) Medir 15 g de bicarbonato de sodio en una balanza analítica y agregarlos a la probeta.	
	5) Observar lo sucedido y discutir las preguntas orientadoras.	
Plastilina acuática	1) Medir la masa de un trozo de plastilina y registrar la magnitud.	¿Si el mismo trozo de plastilina se moldea diferente, tendría la misma masa? ¡Compruébalo y anota tus observaciones! ¿Puedes comparar la densidad de un trozo de plastilina con otro objeto? ¡Compruébalo y anota tus observaciones!
	2) Llenar una probeta con agua hasta la mitad de su capacidad y registrar el volumen (volumen inicial)	
	3) Introducir el trozo de plastilina y registrar el volumen (volumen final)	
	4) Hallar la densidad de la plastilina, teniendo en cuenta las instrucciones del docente orientador.	

¡Aprendiendo con el Dinamómetro!	1) Tomar un dinamómetro de laboratorio.	¿Cuál es la principal unidad de medida del peso?
	2) Poner en el resorte un objeto que este alrededor, por ejemplo, tu cartuchera.	¿Qué pasa con el resorte al agregar mayor cantidad de masa?
	3) Halla el peso del objeto que pusiste en el resorte.	¿Cómo se diferencian el concepto de masa y el concepto de peso?

Tabla 1.2 Matriz de coherencia pretest-postest.

Fuente: elaboración propia

Momento 3. Valoración de conceptos

En esta fase se aplicó el postest a los participantes, esto con el objetivo de comparar los conocimientos de los estudiantes sobre masa y peso, antes y después de la intervención.

Análisis de Resultados

Teniendo en cuenta que el ejercicio de la investigación demanda conductas éticas¹⁹, este estudio se acobijó a la Ley Estatutaria 1581²⁰, por la cual se establecen las disposiciones generales para la protección de datos en Colombia. Por tanto, padres de familia y estudiantes —siendo conocedores del objetivo de investigación— autorizaron su participación y el uso de datos bajo criterios de anonimato y confidencialidad. Las respuestas a las preguntas 1, 2, 3 y 4 del instrumento, fueron evaluadas como: «correcto» e «incorrecto». Por su parte, teniendo en cuenta que las preguntas 5 y 6 fueron de tipo abierto, se evaluaron con los siguientes descriptores: «Se acerca al concepto», «No se acerca al concepto» y «No responde/no es claro».

19 B. Sánchez, «La formación del profesorado de Educación Primaria en diversidad sexo-genérica». *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 24(1), 2021:253–266. <https://doi.org/10.6018/reifop.393781>

20 Congreso de la República «Ley Estatutaria 1581», 2012. https://www.defensoria.gov.co/public/Normograma_2013_html/Normas/Ley_1581_2012.pdf

Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos en la investigación fueron analizados a través de categorías de análisis, tal como se evidencia a continuación.

Conceptualización de los Términos Masa y Peso (P5 y P6)

En la tabla 1.3 se evidencian los resultados obtenidos tanto en el pretest como en el postest de la categoría de análisis denominada «Conceptualización de los términos masa y peso».

Resultados preguntas de la categoría (P5, P6)					
Grado	Criterio de evaluación	Pretest		Postest	
		P5	P6	P5	P6
Grado 5-1	Se acerca al concepto	31 %	0 %	86 %	86 %
	No se acerca al concepto	62 %	93 %	10 %	10 %
	No responde/No es claro	7 %	7 %	4 %	4 %
Grado 5-2	Se acerca al concepto	11 %	0 %	68 %	50 %
	No se acerca al concepto	89 %	100 %	32 %	46 %
	No responde/No es claro	0 %	0 %	0 %	4 %
Grado 5-3	Se acerca al concepto	30 %	12 %	82 %	64 %
	No se acerca al concepto	55 %	73 %	9 %	24 %
	No responde/No es claro	15 %	15 %	9 %	12 %

Tabla 1.3 Resultados Categoría de Análisis
«Conceptualización de los términos masa y peso».

Fuente: elaboración propia

Respecto a las ideas preexistentes de la totalidad de estudiantes sobre el concepto de masa, se establecieron unas tendencias: el 38 % lo relacionó como «una mezcla para hacer pan»; un 25 % como el material que constituye un elemento, «el relleno»; un 9 % como «una cualidad»; el 6 % como «piel» o «gordura»; un 4 % como cantidad de producto que tiene un objeto; un 2 % como el «espacio que ocupa un objeto»; un 1% como una propiedad que genera la gravedad; un 1 % relacionado con tamaño y la densidad de los elementos. Cabe agregar que un 7 % de las respuestas no fueron entendibles o no se respondieron.

Para el concepto de peso, un 59 % de los estudiantes lo relacionó como un instrumento donde se pesa, el 13 % indicó que la masa y el peso significan lo mismo, un 7 % lo relacionaron con «gordura» o «grasa muscular», un 5 % lo que contiene un elemento, un 1 % el desplazamiento del volumen, un 7 % fueron respuestas no entendibles o no respondidas, un 4 % lo relacionaron con fuerza, un 2 % los definieron como una cantidad y, finalmente, un 2 % lo definió como la propiedad que hace que los objetos caigan al piso.

En la pregunta 6 del pretest, se determinó que el 52 % de los estudiantes al explicar y representar el concepto de peso, hicieron referencia al instrumento de medida que conocemos como balanza. En este sentido, un 18 % relacionó el concepto con una analítica, un 8 % de resorte y 24 % con la de dos brazos. Lo anterior difiere de los resultados obtenidos en la pregunta 5, donde se aborda el concepto de masa y tan solo el 3 % de los estudiantes relacionaron algún tipo de balanza con dicho concepto.

En el caso del postest, para conceptualizar el término de masa, un 17 % de los estudiantes representó balanzas de dos brazos, un 1 % representó una analítica y un 3 % de los estudiantes representó la de tres brazos, es decir, la misma que fue empleada en el desarrollo de los experimentos. En el caso del concepto de peso, un 32 % de los estudiantes representaron un dinamómetro para ejemplificarlo; sin embargo, un 2 % de estudiantes representó una balanza de resorte y una de dos brazos.

En la tabla 1.4 se pueden observar algunas de las definiciones realizadas por los estudiantes sobre masa, en el pretest y postest.

Investigaciones previas que han abordado los conceptos masa, peso y densidad⁶ han manifestado que estos aún no han sido del todo diferenciados por todos los individuos en los niveles de la educación, por lo que desde edades tempranas se asimilan ambos como sinónimos. Sumado a esto, la enseñanza en general no favorece la construcción de modelos mentales²¹, debido a que está centrada en la memorización de definiciones. Esto conlleva a que los estudiantes den explicaciones poco elaboradas e

21 Xavier Bohigas y María Cristina Periago, «Modelos mentales alternativos de los alumnos de segundo curso de ingeniería sobre la Ley de Coulomb y el Campo Eléctrico», *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 12, 2010: 1-20

incluso triviales sobre los conceptos masa y peso, situaciones mostradas en los resultados con algunos estudiantes, lo que posteriormente dificulta establecer una distinción clara y directa de estos conceptos.

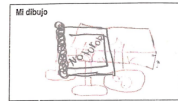
Pretest		Postest	
Mi dibujo 	Mi explicación La masa es como lo que tiene por dentro o el relleno	Mi dibujo 	Mi explicación Como podemos ver, el acero pesa más y eso podemos preguntarle. Pero más el acero si la madera es más grande. Pero el acero pesa más por que su masa es más pesada que la de la madera.
Mi dibujo 	Mi explicación La masa es que la masa es el material del objeto que son los patitos	Mi dibujo 	Mi explicación es la cantidad de materia que está dentro del objeto
Mi dibujo 	Mi explicación La masa es el término masa, es como la masa de las arepas de trigo o de maíz o la masa para pizza o empanadas	Mi dibujo 	Mi explicación La masa es la cantidad que tiene un cuerpo del humano y puede tener de cantidad de masa 8 kg

Tabla 1.4 Ejemplo de definiciones de masa en el pretest y postest.

En la tabla 1.5 se pueden observar algunas de las definiciones realizadas por los estudiantes sobre peso, en el pretest y postest.

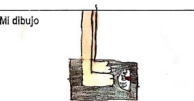
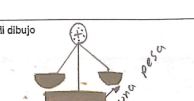
Pretest		Postest	
Mi dibujo 	Mi explicación como cuando has llevado al doctor y has pesaron si necesitas subir o bajar de peso	Mi dibujo 	Mi explicación El peso se mide como dinamómetro y se identifica con los números, si vamos a la luna el peso cambia por eso hay gran diferencia entre peso y masa, el peso es lo que atrae a la tierra
Mi dibujo 	Mi explicación La masa es que la masa es el material del objeto que son los patitos	Mi dibujo 	Mi explicación el peso se puede medir con un dinamómetro y si no tenemos dinamómetro deberemos medir la masa con la gravedad del planeta
Mi dibujo 	Mi explicación el peso es un objeto como para pesar la masa	Mi dibujo 	Mi explicación Como podemos ver, el acero pesa más y eso podemos preguntarle. Pero más el acero si la madera es más grande. Pero el acero pesa más por que su masa es más pesada que la de la madera.

Tabla 1.5 Ejemplo de definiciones de peso en el pretest y postest.

Probablemente uno de los experimentos que más favoreció la comprensión de los conceptos en mención fue el de «Espuma mágica», puesto que causó gran emoción y asombro. Evidentemente, el experimento permitió que los niños realizaran medidas de la masa del bicarbonato,

así como volúmenes del vinagre y del jabón. Luego de evidenciar la reacción, se discutió sobre las preguntas orientadoras, encontrando respuestas muy interesantes como las que se encuentran a continuación:

a) ¿Cree que la cantidad de masa y de los reactivos cambió?

E18: «No, puesto que es imposible sacar materia del aire».

E37: «No, porque durante la reacción no pudo tener un aumento o disminución de los productos».

E76: «Sí, porque aun siendo la misma masa, el resultado es diferente».

b) ¿El peso de la espuma mágica es mayor en la Tierra que en la Luna?

E76: » Sí, porque en la tierra es mayor el peso porque la gravedad afecta un poco el peso».

E49: «No, porque allá la gravedad es mayor que la de la tierra».

E90: «Claro, por la diferencia de gravedad que es mayor en la tierra que la de la luna».

E63: «En la luna la masa es menor, entonces teóricamente sería menor».

c) ¿El peso de la espuma mágica es mayor en la tierra que en Neptuno?

E75: «Sí, tal vez, debido a que en Neptuno la masa es mayor, entonces es probable que pese más».

E55: «Es mayor en Neptuno porque es más grande y tiene más masa».

E87: «El peso de la espuma es mayor en Neptuno».

En las respuestas anteriores se puede evidenciar que los estudiantes intentan relacionar masa, peso y gravedad, algo que es importante a la hora de entender estos conceptos que generalmente se abordan por separado. Si bien es cierto que algunos estudiantes asocian la relación entre el peso y la gravedad, entendiendo esta última como aquella

fuerza con la que los objetos se ven atraídos hacia el centro de la Tierra, otros estudiantes entienden la relación desde la gran masa de algunos planetas que conlleva cambios en el peso y la gravedad.

Lo llamativo de la experiencia con los estudiantes permitió de igual forma entender y evidenciar uno de los principios más importantes de la naturaleza, como lo es la conservación de la masa —ley de Lavoisier— que expresa que en una reacción química la materia ni se crea ni se destruye, solo se transforma.

Instrumentos y Unidades de Medida de la Masa y el Peso (P2-P3)

De acuerdo a los resultados obtenidos en la pregunta número 2 del pretest, se pudo concluir que el 76 %, 71 % y 76 % por grupo, respectivamente, reconocen la balanza como un instrumento de medida de la masa, y para el posttest estos resultados se incrementaron en 100 %, 82 % y 91 %, respectivamente. Sin embargo, con los resultados obtenidos en la pregunta 3 se pudo identificar que los estudiantes desconocen que la unidad de medida del peso es el Newton; en general, el 93 % de los participantes confunden la unidad de medida del peso con la de la masa. Este aspecto pudo corroborarse principalmente con los resultados del posttest para el grupo 5-2, donde la cantidad de respuestas correctas e incorrectas fue la misma para la pregunta 3, tal como se evidencia en la siguiente tabla.

Resultados preguntas de la categoría (P2, P3)					
Grado	Criterio de evaluación	Pretest		Posttest	
		P2	P3	P2	P3
Grado 5-1	Correctas	76 %	0 %	100 %	72 %
	Incorrectas	24 %	100 %	0 %	29 %
Grado 5-2	Correctas	71 %	4 %	82 %	50 %
	Incorrectas	29 %	96 %	15 %	50 %
Grado 5-3	Correctas	76 %	3 %	91 %	61 %
	Incorrectas	24 %	97 %	9 %	39 %

Tabla 1.6 Resultados de la categoría de análisis: instrumentos y unidades de medida de la masa y el peso.

Fuente: elaboración propia

El mejoramiento de los resultados en el postest para esta categoría se debe principalmente al desarrollo del experimento denominado «¿El aire tiene masa?», donde los estudiantes concluyeron que un globo inflado tiene mayor masa que un globo sin inflar. Algunas de las respuestas a las preguntas orientadoras son:

a) ¿Por qué tiene mayor masa el globo inflado que el vacío?

E20: *«Porque el aire también tiene masa y eso afecta el peso del globo».*

E34: *«Porque el inflado tiene aire y el vacío no tiene».*

b) ¿Cómo puedes hallar el peso de los globos?

E34: *«Con una balanza de tres brazos».*

E45: *«Dinamómetro».*

Lo anterior evidencia que los estudiantes tuvieron mayor apropiación para explicar el incremento de la masa en el globo inflado, sin embargo, presentaron algunas confusiones en cuanto al instrumento empleado para medir el peso. De esta manera, el experimento «¡Aprendiendo con el dinamómetro!» fue apropiado para que los estudiantes diferenciaron los instrumentos y unidades de medida de la masa y el peso.

Luego de realizar algunas mediciones con el dinamómetro, estas son algunas de las respuestas que los estudiantes dieron:

a) ¿Cuál es la principal unidad de medida del peso?

E75: *«Gramos».*

E11: *«Newtons=N».*

b) ¿Qué pasaría con el resorte al agregar mayor cantidad de masa?

E33: *«Se estira hasta el límite».*

E57: *«Pesa mucho más y llega a su límite».*

c) ¿Cómo diferencia el concepto de masa y el concepto de peso?

E56: «Porque la masa es la materia y el peso es la atracción de fuerza».

E90: «El peso es gravedad y la masa es la cantidad de materia».

*Relación de la Masa y el Peso con Otras Propiedades de la Materia
(P1, P4)*

Los resultados obtenidos en la pregunta 1, permiten reconocer que los estudiantes presentan dificultades para relacionar el concepto de masa con otros conceptos como volumen y densidad. En este sentido, los estudiantes del grado 5-3 fueron los que presentaron mayor porcentaje de respuestas correctas, con un 64 %, en comparación con las respuestas incorrectas que representó un 36 %. En el caso del grupo 5-1 las respuestas correctas representaron un 51,7 % y en el caso del grupo 5-2, tan solo un 36 % de estudiantes seleccionaron la respuesta correcta. Los porcentajes anteriormente mencionados son muchos más bajos que los reportados en una investigación previa⁸, donde un 75,7 % de estudiantes —también de grado quinto— han indicado que un patito de hule tiene mayor masa que patitos del mismo volumen contruidos con materiales como madera, espuma o plástico.

Con el pretest también se pudo identificar que los estudiantes pueden interpretar situaciones donde se relacionan los conceptos de masa y peso, porque reconocen que la gravedad en la Tierra es mayor que en la Luna, tal como se pudo determinar con los resultados de la pregunta 4, donde un 59 %, 61 % y 73 % por grupo, respectivamente, seleccionaron la respuesta correcta. Estos resultados superan el porcentaje de respuesta correcta a nivel nacional, el cual se encuentra en un 48,7 %, tal como lo indica el ICFES¹⁶.

A continuación, en la tabla 1.7 se evidencian los resultados de las preguntas P1 y P4 de los test.

Resultados preguntas de la categoría (P1, P4)					
Grado	Criterio de evaluación	Pretest		Postest	
		P1	P4	P1	P4
Grado 5-1	Correctas	51,7 %	59 %	86 %	79 %
	Incorrectas	48,3 %	41 %	14 %	21 %
Grado 5-2	Correctas	36 %	61 %	100 %	54 %
	Incorrectas	64 %	39 %	0 %	46 %
Grado 5-3	Correctas	64 %	73 %	76 %	73 %
	Incorrectas	36 %	27 %	24 %	27 %

Tabla 1.7 Resultados Categoría de Análisis: Relación de la masa y el peso con otras propiedades de la materia.

Fuente: elaboración propia

Cabe agregar que el experimento «Plastilina Acuática» fue el más apropiado para que los estudiantes comprendieran la relación de la masa y el peso con otras propiedades como la densidad y el volumen. Para este experimento, los niños determinaron la densidad de la plastilina a través del método de la probeta, lo cual implicó que midieran la masa de figuras irregulares de plastilina y registraran el volumen inicial y el final. A partir de este procedimiento, los estudiantes dieron respuesta a este interrogante: ¿Si el mismo trozo de plastilina se moldea de una manera diferente, tendría la misma masa? A lo cual, dieron respuestas como:

E53: «Sí porque solo cambia de forma, no de tamaño».

E78: «Sí, puesto que si cambia de forma no implica que cambie la masa».

E43: «Sí, porque así sea de diferente forma es la misma cantidad».

Posteriormente, al solicitar comparar la densidad del trozo de plastilina con otro objeto, se evidenció que los estudiantes realizan suposiciones, y para este caso no realizaron operaciones matemáticas que les proporcionaran un valor preciso de la información solicitada. Sin embargo, algunas de sus respuestas fueron:

E29: «Al parecer tiene menor densidad que el primer experimento».

E43: «No, la densidad es diferente».

E85: «9 Si coges un trozo de plastilina y una cartuchera, tendrá más densidad la cartuchera».

A partir de lo anterior, en especial de lo mencionado por el estudiante de referencia E85, se puede percibir que consideran un cuerpo con mayor densidad cuando su masa es mayor; sin embargo, cabe aclarar que cuanto mayor sea la masa de un cuerpo y menor sea el espacio que ocupe, mayor será su densidad, pero, si la masa de un cuerpo es menor en relación al espacio que ocupa, menor será su densidad.

Conclusiones

El estudio permitió realizar un diagnóstico y posterior intervención didáctica a una población en una etapa escolar muy importante, toda vez que los conceptos abordados permitieron conocer y afianzar las relaciones existentes entre la masa y el peso. Se puede afirmar que la intervención didáctica mediada por experimentos posibilitó la identificación y categorización de las representaciones que construyen los estudiantes sobre los conceptos de masa y peso, evidenciándose en general cuatro modelos principales: elaborados, semiestructurados, alternativos y representaciones confusas. Lo anterior pone de manifiesto que para un mismo concepto o situación relacionada con los conceptos masa y peso, los estudiantes pueden elaborar diferentes representaciones que se caracterizan por presentar un significado particular y ser utilizados de forma muy distinta al elaborar sus explicaciones.

AGRADECIMIENTOS

A la Institución Educativa INEM Carlos Arturo Torres, Sede las Américas del Municipio de Tunja.

A los estudiantes participantes de la investigación, sus padres de familia y a la profesora Liliana Amado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arnaiz, J. *Matematizar 3. Aplicaciones I*, (Segunda ed), 2016.
- Bohigas, Xavier y Periago, María Cristina, «Modelos mentales alternativos de los alumnos de segundo curso de ingeniería sobre la Ley de Coulomb y el Campo Eléctrico», *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 12, 2010: 1-20.
- Cano Soraida, «Diseño de unidad didáctica para la enseñanza de los conceptos de masa, volumen y temperatura a través de la Teoría de la Formación por Etapas de las Acciones Mentales», tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia, 2017.
- Carvajal, C. «Una propuesta didáctica para la enseñanza de las magnitudes masa y peso en la educación básica», tesis de Pregrado, Universidad de Antioquia, 2008.
- Chans, G., Bravo M., Orona, A., y Sánchez E., «Compilation of Chemistry Experiments for an Online Laboratory Course: Student's Perception and Learning Outcomes in the Context of COVID-19». *Sustainability*, 14(5), 2022: 1–26. <https://doi.org/10.3390/su14052539>
- Congreso de la República «Ley Estatutaria 1581», 2012. [https://www.defensoria.gov.co/public/Normograma 2013 html/Normas/Ley 1581 2012.pdf](https://www.defensoria.gov.co/public/Normograma%202013/html/Normas/Ley_1581_2012.pdf)
- Gagliardi, R. «Los conceptos estructurales en el aprendizaje por investigación» en Primeras Jornadas de Estudio sobre la Investigación en la Escuela, Sevilla, 1985.
- Gómez, Luisa, (2015). «Reflexiones sobre las concepciones masa y peso: una propuesta», Tesis de Pregrado, 2015.Universidad Pedagógica Nacional.

- ICFES. «SABER 3°, 5° y 9° 2014 Cuadernillo de prueba segunda edición. Ciencias naturales grado 5°», 2016. <https://www.icfes.gov.co/documents/20143/489407/Ejemplos de preguntas saber 5 ciencias naturales 2014 v4.pdf>
- Machado, Y. Panesso y Mena, D. (2019). «Aprendizaje de los conceptos de masa, peso y gravedad en los estudiantes de grado noveno a través de modelos didácticos analógicos», Tesis de Maestría, 2019. https://repository.udem.edu.co/bitstream/handle/11407/6383/TME_469.pdf?sequence=2
- Martínez, Juan Carlos, «Propuesta didáctica para la enseñanza del concepto de masa en los estudiantes del grado décimo de la Institución Educativa Raíces del Futuro», tesis de Maestría Universidad Nacional de Colombia, 2011.
- Moro, L, Viau, J. Zamorano R. y Gibbs, H., «Aprendizaje de los conceptos de masa, peso y gravedad. Investigación de la efectividad de un modelo analógico». *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(2), 2007: 272–286. https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2007.v4.i2.04
- Neira, J. «La experimentación en ciencias naturales como estrategia de alfabetización científica», *Revista UCMaule*, 60, 2021: 102–116. <https://doi.org/10.29035/ucmaule.60.102>
- Ochoa, R., Nava N., y Fusil, D., «Comprensión epistemológica del tesista sobre investigaciones cuantitativas, cualitativas y mixtas». *Orbis*, 15(45), 2020: 13–22. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7407375.pdf>
- Roca, C. (2020). «Teoría y elección metodológica en la investigación», en *Anuario de Métodos de Investigación en Comunicación Social*: Universitat Pompeu Fabra, 2020, 1-3. <https://doi.org/10.31009/methodos.2020.i01.01>
- Rodríguez, A., Cáceres, M. y Franco, A. (2021). «¿Cómo hacemos crecer una planta? Una indagación con niños de 3 años de educación infantil», *Enseñanza de Las Ciencias. Revista de Investigación*

y *Experiencias Didácticas*, 39(3), 2021: 231–253. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3345>

Sánchez, B., «La formación del profesorado de Educación Primaria en diversidad sexo-genérica». *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 24(1), 2021:253–266. <https://doi.org/10.6018/reifop.393781>

Serway R. y Kirkpatrick, L. *Física para ciencias e ingeniería*, Séptima: 2008

Tipler, P. *Física I. Serie Integral por competencias*, 2016.

CAPÍTULO 2.

ORBITALES ATÓMICOS EN REALIDAD AUMENTADA: UNA PROPUESTA PARA LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA BASADA EN LA TEORÍA DEL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO

Glaylton Batista de Almeida¹

Luciana de Lima²

Thiago Henrique Barnabé Corrêa³

Introducción

Las dificultades relacionadas con el aprendizaje de la química son objeto de interés de muchos estudios. La comprensión de fenómenos químicos y teorías no solo requiere que los estudiantes dominen lenguajes y representaciones, también que tengan un cierto grado de abstracción. Los dilemas en la enseñanza de química no son recientes, sobre todo cuando se refiere a temas como estequiometría, geometría molecular, estructura atómica y enlace químico.

El hecho es que la química se vuelve compleja porque requiere la comprensión de los niveles macroscópico, submicroscópico y represen-

1 Magíster en Tecnología Educativa por la Universidade Federal do Ceará (UFC, Brasil), Licenciado en Química por la Universidade Estadual do Ceará (UECE, Brasil), docente de la red estatal de educación de Ceará. Correo electrónico: glaylton.almeida@gmail.com

2 Doctora en Educación por la Universidade Federal do Ceará (UFC, Brasil), Magíster en Educación por la Universidade Estadual do Ceará (UECE, Brasil), Licenciada en Matemáticas por la Universidade Federal do Ceará (UFC, Brasil), docente de la Universidade Federal do Ceará. luciana@virtual.ufc.br

3 Doctor en Ciencias por el Instituto de Química de la Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP, Brasil), Licenciado en Química y Magíster en Educación por la Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP, Brasil), docente de la Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM, Brasil). Correo electrónico: correa.uftm@gmail.com

tacional⁴. El primero trata sobre fenómenos observables, el segundo se caracteriza por fenómenos a escala atómica, y el nivel representacional trata sobre el lenguaje de la química, como las ecuaciones químicas que representan las reacciones.

Un tema muy desafiante que cruza los tres niveles mencionados por Johnstone⁴, son los orbitales atómicos. A nivel submicroscópico, por ejemplo, es necesario comprender la estructura de la materia con base en la mecánica cuántica, a nivel macroscópico y representacional, presentando modelos de arreglos espaciales, los tipos de orbitales.

Sobre este tema, es posible sumar otro gran nivel de comprensión: el del lenguaje matemático. Eso porque las representaciones pictóricas de los orbitales se obtienen a partir de la aplicación profunda de las matemáticas. La química, como cualquier otra ciencia natural o cualquier fenómeno del mundo real, tiene la presencia de las matemáticas, aunque sea implícita e invisible. El requisito de un conocimiento razonable de la integración entre química y el lenguaje matemático para comprender la disposición bajo los ejes del plano, proporciona otro obstáculo para la comprensión de este contenido⁵. Interpretar el significado físico de las ecuaciones matemáticas no es tarea fácil, ni siquiera para los científicos, quienes necesitan hacer más accesibles sus hallazgos a la comunidad en general⁶.

Además de los niveles de comprensión mencionados anteriormente, varios autores mencionan otros problemas que involucran la comprensión del tema orbitales atómicos, como, por ejemplo, la dificultad de utilizar analogías para representar el comportamiento de las partículas a la luz de la mecánica cuántica, a diferencia de modelos propuestos previamente descritos por la mecánica newtoniana.

Un problema que encuentran los estudiantes para comprender el tema es la fragmentación de la conceptualización orbital en dos definiciones,

⁴ Alex, Johnstone. «Teaching of chemistry: logical or psychological?». *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 200, 1(1) 9-15.

⁵ J. Duarte «O nosso universo matematizado». *Educação & Comunicação*, vol. 4, 2000: 86-96. <http://hdl.handle.net/10400.8/292>. (Consultado el 13 de septiembre de 2022).

⁶ Manuel Baptista (2013). «Desenvolvimento e utilização de animações em 3D no ensino de química». (Tesis de Doctorado, 2013).

una matemática y otra fisicoquímica⁷. La definición matemática trata al orbital como una función de onda derivada de resolver la ecuación de Schrödinger, mientras que la definición físico-química considera a los orbitales como regiones con probabilidad de densidad electrónica.

Otro problema se debe a que el mundo submicroscópico parece estar completamente dissociado del mundo macroscópico, por lo que el estudiante no encuentra en su experiencia un marco necesario para un aprendizaje significativo⁸; sumado a ello, este tema de física y química se orienta de forma fragmentada, lo que puede generar confusión y posibles problemas de aprendizaje.

Existe otro obstáculo que envuelve el tema es el hecho de que los libros de texto presentan modelos bidimensionales para representar especies tridimensionales⁹, por lo que el estudiante necesita una buena capacidad de visualización y manipulación espacial. Una mala interpretación por parte de los estudiantes de estos modelos propuestos en los libros, según sus antecedentes previos, conduce a un problema en la comprensión de la estructura atómica, por lo tanto, es un obstáculo epistemológico¹⁰.

Un requisito para comprender los modelos químicos, es la capacidad de visualización espacial, ya que es un dispositivo mediador entre los conocimientos previos de los estudiantes y el tema a comprender¹¹. Esta visualización se trata de construcciones internas a partir de representaciones físicas utilizadas para comprender un fenómeno/modelo abstracto¹².

7 Márcio Lima, M. M. (2018). «Orbital atômico: aprendizagem e desenvolvimento do conceito por estudantes de química». (Tesis de Maestría, 2018).

8 Keith Taber (2004) «Learning quanta: barriers to stimulating transitions in student understanding of orbital ideas». *Science Education*, 89(1), 2004: 94-116. <https://doi.org/10.1002/sce.20038>.

9 Jorge Trindade, Claudio Kirner and Carlos Fiolhais «Orbitário: Exploração de Orbitais Hidrogenóides com Realidade Aumentada» en *VI Simposio Internacional de Informática Educativa*, 2004:1-9

10 Zahilyn Allred and Stacey Bretz «University chemistry students' interpretations of multiple representations of the helium ato». *Chem. Educ. Res*, vol. 20, 2019: 358-368.

11 Thomas Dickmann, Maria Opfermann, Elmar Dammann, Martin Langa and Stefan Rumanna «What you see is what you learn? The role of visual model comprehension for academic success in chemistry». *Chem. Educ. Res. Pract.*, vol. 20, 2019:804-820. <https://doi.org/10.1039/C9RP00016J>.

12 John Gilbert, Miriam Reiner and Mary Nakhleh (2008). *Visualization: Theory and Practice in Science Education*, Springer: 2008.

Estas abstracciones pueden reducirse mediante el uso de tecnologías digitales que permiten modelar y visualizar fenómenos a nivel submicroscópico. Una de estas tecnologías, que puede realizar esta función, es la Realidad Aumentada (RA), siendo un recurso que facilita el estudio de temas abstractos ya que permite explorarlos de una manera más realista, permitiendo el análisis de la información y la resolución de problemas¹³.

La RA puede propiciar el desarrollo de aprendizajes significativos, ya que la tecnología forma parte del cotidiano de los estudiantes. Además, el carácter lúdico de este recurso alienta y motiva a los estudiantes, por lo que el software de RA puede configurarse para presentarse como materiales potencialmente significativos¹⁴.

Después de un estudio que utilizó la RA en la enseñanza de las ciencias, concluyó que esta tecnología permite el desarrollo de un aprendizaje significativo cuando se utiliza para enseñar conceptos abstractos, ya que se encontró que un grupo de estudiantes que utilizó la RA se desempeñó mejor en las pruebas, además aplicó lo aprendido en situaciones concretas¹⁵.

Por otro lado, según destaca Ausubel¹⁶ en su Teoría del Aprendizaje Significativo (TAS), aprender de forma significativa es importante porque se vuelve más fácil para el aprendiz fijar información en su estructura cognitiva cuando existe un anclaje de nueva información que el estudiante ya tiene. Además, el autor considera efectiva su teoría porque considera la adquisición del aprendizaje de una manera no arbitraria y no literal.

13 Ahmad Syawaludin, Gunarhadi Gunarhadi, Peduk Rintayati, «Enhancing elementary school students' abstract reasoning in science learning through augmented reality-based interactive multimedia». *Journal Pendidikan IPA Indonesia*, 8(2), 2019: 289-298. <http://dx.doi.org/10.15294/jpii.v8i2.19249>

14 Jorge Barbosa and Carlos Carvalho, «Geotransformed: objeto computacional em realidade aumentada para apoio ao ensino de matemática». *RECM*, 7(1), (2017): 226-239. <http://publicacoes.unigranrio.edu.br/index.php/recm/article/view/4413/2318>.

15 Fatih Yildirim, «The effect of the augmented reality applications in science class on students' cognitive and affective learning», *JESEH*, 6(4), 2020: 259-267. <https://doi.org/10.21891/jeseh.751023>.

16 David Ausubel, *Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva*. Plátano-Edições Técnicas, 2003.

El carácter no arbitrario se refiere a la importancia de que el nuevo sujeto interactúe con algún conocimiento previo perteneciente a la estructura cognitiva del aprendiz de forma natural, y la no literal se refiere a la construcción del conocimiento sin necesidad de que el aprendiz absorba la información tal como le es dada. Según la TAS, para que el aprendizaje se produzca de forma significativa, además de la necesidad de interacción entre conceptos nuevos y conceptos preexistentes, es necesario que se incorporen cuatro principios programáticos en el proceso de enseñanza: el principio de diferenciación progresiva, el principio de reconciliación integradora, organización secuencial y consolidación.

La diferenciación progresiva ocurre cuando se le otorgan nuevos significados a un concepto ya conocido por el estudiante, refinando dicho concepto¹⁷. Se da cuando se parte de un concepto más general hacia otros más específicos, mientras que la reconciliación integradora es lo contrario, partiendo de ideas más específicas hacia más generales, rompiendo con la linealidad propuesta por los modelos tradicionales de enseñanza.

El principio de organización secuencial se produce cuando los contenidos se tratan de forma jerárquica, y los nuevos temas necesitan la comprensión de los anteriores. La consolidación, por otro lado, se refiere a la verificación del conocimiento de las aplicaciones en una situación de contexto real.

Fundamentación Teórica: El Concepto Químico de Orbital

Las dos primeras décadas del siglo XX están marcadas por cambios importantes en el concepto de átomos, electrones y electrósfera. Entre las investigaciones, los trabajos del físico danés Niels Bohr, en 1913, hicieron valiosas contribuciones a la descripción cuantitativa de la estructura electrónica de átomos y moléculas. La principal diferencia entre el modelo atómico propuesto por Bohr y el modelo atómico actual, es que el primero aún estaba descrito por las teorías clásicas de la

17 Marco Antonio Moreira, «O que é afinal aprendizagem significativa?». *Quirriculum*, vol. 25, 2012: 29-56.

física¹⁸, estando sujeto a analogías concretas de nuestra vida cotidiana; mientras que el modelo actual, basado en la mecánica cuántica, difícilmente puede ser representada por analogías, ya que el comportamiento submicroscópico de las partículas es totalmente diferente al de los fenómenos macroscópicos.

Cuando Bohr propuso su modelo para el átomo, ya se entendía la naturaleza dual de la luz, la idea por la cual la luz se comportaría tanto como onda como partícula¹⁵. Con base en esta suposición, Louis de Broglie sugirió expandir la idea de dualidad a los electrones, ya que algunos fenómenos se describen mejor con electrones presentando el carácter de partículas, mientras que otros consideran a los electrones como ondas.

La dualidad onda-partícula para el electrón, presentada por de Broglie, contribuyó a la comprensión de que esta partícula elemental tiene propiedades ondulatorias. Así, en 1926, Erwin Schrödinger publicó un artículo sobre la mecánica ondulatoria de los electrones (*Quantization as a eigenvalue problem*) a través de una ecuación que describe las propiedades ondulatorias de estas partículas en el espacio.

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \psi + (E_p - E)\psi = 0$$

Ecuación 2.1. Ecuación de Schrödinger⁺

En que:

$\hbar$ = constante de Planck dividido por 2π

m = masa de la partícula

∇ = operador Laplaciano

ψ = función de onda

E_p = energía potencial de la partícula

E = energía total de la partícula.

18 Eduardo Mortimer, Andréa Horta, Alfredo Mateus, Arjuna Panzera, Esdras Garcia, Marcos Pimenta, Danusa Munford, Luiz Franco, Santer Matos. *Matéria, energia e vida uma abordagem interdisciplinar: materiais luz e som modelos e propriedades*. Scipione, 2020.

Así, la solución de la ecuación de Schrödinger combinada con el principio de incertidumbre propuesto por Heisenberg, construye el concepto de orbital, que se puede resumir en una función de onda espacial de un electrón, que describe una probabilidad de distribución de densidad de electrones con energías y formas intrínsecas¹⁹.

A partir de un análisis detallado de la evolución de la mecánica cuántica, es posible conceptualizar los orbitales de dos maneras. En una de estas interpretaciones, los orbitales pueden entenderse como funciones de onda monoeléctricas, obtenidas al resolver la ecuación de Schrödinger para un átomo. En otra interpretación, los orbitales se conceptualizan como regiones en el espacio con una alta probabilidad de densidad electrónica alrededor del núcleo atómico⁴.

La ecuación de Schrödinger asume que no podemos conocer con precisión la posición del electrón como una partícula discreta, pero en realidad tenemos una función de onda que está definida en cada punto del espacio. De esta forma, el electrón se esparce como una distribución de carga negativa, donde la densidad de carga varía de un punto a otro según el cuadrado de la función de onda. Así, podemos decir que cada solución de la ecuación de Schrödinger (o ecuación de onda) corresponde a un orbital electrónico, el cual define un conjunto de características de los electrones en una región del espacio²⁰. En otras palabras, podemos entender orbitales como regiones espaciales que definen la posible probabilidad de localización de electrones²¹.

Aunque la función de onda (Ψ) no tiene ningún significado físico directo, el cuadrado de la función de onda (Ψ^2) proporciona información sobre la posición del electrón, por lo que Ψ^2 también puede llamarse densidad de probabilidad (Figura 2), en que la región en la que hay mayor densidad de color azul tiene mayor valor de Ψ^2 y, por tanto, mayor probabilidad de encontrar electrones alrededor del punto central (núcleo del átomo)²².

19 Cássia Pereira, Alexandre Rocha, Priscila Martinhon, Angela Rocha and Célia Sousa, «Contextualização Histórico-Filosófica de Orbitais Atômicos e Moleculares». *História da Ciência e Ensino Construindo Interfaces*, vol. 16, 2017: 18-35. <https://doi.org/10.23925/2178-2911.2017v16p18-35>

20 P. Faria. *Estrutura atômica & Ligação Química*. 2ª Ed. Campinas: UNICAMP, 2007.

21 Gary Miessler, Donald Tarr and Paul Fischer (2014). *Química Inorgánica*. 5 ed., Pearson, 2014.

22 Theodore Brown, Eugene Lemay, Bruce Bursten, Julia Burdge. *Química: a ciência central*. 13 ed. Pearson, 2016.

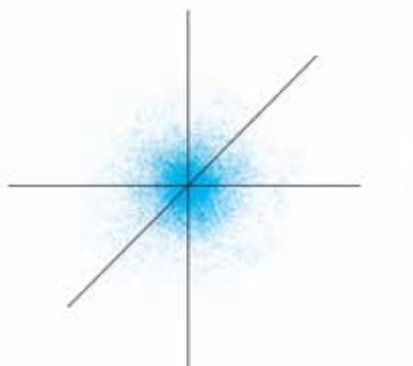


Figura 2.1 Distribución de densidad electrónica. Adaptado¹⁹

Cuando se determina la función de onda cuadrada, se describe el volumen espacial de densidad de probabilidad de electrones alrededor del núcleo del átomo. De esta manera es posible «pensar en el orbital como una fotografía del electrón siendo tomado a una velocidad de obturación de cámara lenta»²³. De esta manera el orbital aparecería como una nube describiendo los lugares donde estuvo el electrón alrededor del núcleo. La solución de la ecuación de Schrödinger se aplica solo al átomo de hidrógeno, para átomos que tienen más de un electrón, las soluciones son solo aproximaciones²⁴.

Las funciones de onda dependen de tres coordenadas cartesianas x , y , y z , o coordenadas esféricas, función radial (r) y funciones angulares θ , Φ , que definen una región en el espacio, posteriormente establecida como orbitales atómicos. «Por orbital atómico se entiende un orbital correspondiente al movimiento de un electrón en el campo de un solo núcleo más otros electrones [...]»²⁵. Como ya se mencionó, y de forma simplificada, los electrones se pueden describir utilizando cuatro números cuánticos, conocidos como número cuántico principal (n), número cuántico de momento angular (l) definido por $n - 1$, número cuántico magnético (m_l) y el espín (m_s). El primero se refiere a la energía del electrón en el orbital, cuanto mayor sea el valor de n , mayor será la

²³ John McMurry. *Química Orgánica*. 7. ed. Cengage Learning, 2013.

²⁴ Donald McQuarrie. *Quantum Chemistry*. 2nd ed. University Science Books, 2008

²⁵ Donald McQuarrie, Jhon Simon. *Physical chemistry: a molecular approach*. University Science Books, 1997,50.

energía; el segundo a la región espacial con mayor probabilidad de encontrar el electrón, la forma que adquiere el orbital; el tercero proporciona la orientación espacial; y el último indica la rotación del electrón, que puede presentar valores de $-\frac{1}{2}$ o $+\frac{1}{2}$.

En su estudio, Mulliken²⁶ también definió que cada orbital puede estar ocupado por hasta dos electrones, siempre que tengan espines opuestos. Por lo tanto, podemos decir que dos electrones no pueden ocupar el mismo espacio al mismo tiempo. Por lo tanto, cualquier orbital en cualquier subnivel de energía puede acomodar, como máximo, solo dos electrones, que luego se clasifican como pares. Esto se llama el principio de exclusión de Pauli¹⁷.

Por significado físico, debemos entender aquí que la probabilidad de encontrar el electrón en algún lugar del espacio alrededor del núcleo debe ser finita. Cada combinación de partículas de valores permitidos de n , l y m , da una solución a la ecuación de onda que describe ciertas características del electrón en el átomo de hidrógeno. Dado que solo se permiten ciertos valores de los números cuánticos, **la energía del electrón es cuantizada**¹⁷.

Clasificación de los Orbitales

El conjunto de funciones de onda que se obtienen al resolver la ecuación de Schrödinger describe las formas y tamaños de cada orbital atómico, también conocido como superficie límite. Los orbitales pueden clasificarse en los tipos s , p , d y f , según el valor del número cuántico azimutal l , que toma los valores 0, 1, 2 y 3, respectivamente. Estas letras tienen un origen histórico relacionado con las características de las líneas espectrales del átomo de sodio: ' s ' de *sharp* (nítido), ' p ' de *principal*, ' d ' de *diffuse* (difuso) y ' f ' de *fundamental*.²⁷

Cuando una función de onda tiene un número cuántico principal igual a uno ($n = 1$) y un número cuántico de momento angular igual a cero ($l = 0$), la función de onda se llamará $1s$, para $n = 2$ y $l = 0$, tendremos

²⁶ Robert Mulliken, «Electronic structures of polyatomic molecules and valence. II. General consideration». *Physical Review*, vol. 41, 1932: 49–71. <https://doi.org/10.1103/PhysRev.41.49>.

²⁷ Donald McQuarrie, Jhon Simon. *Physical chemistry: a molecular approach*. University Science Books, 1997, 50.

los $2s$ y así sucesivamente. El m deriva de la ecuación $2l + 1$ y puede tener valores de $-l$ y l , incluido el 0 ; por ejemplo, para $l = 0$, m será igual a 0 , para $l = 1$, m puede asumir valores -1 , 0 o $+1$ (Tabla 2.1). ²⁴

N	Posibles valores de l	Designación del subnivel	Posibles valores de ml	Número de orbitales en el subnivel	Número total de orbitales en el nivel
1	0	1s	0	1	1
2	0	2s	0	1	4
	1	2p	1,0,-1	3	
3	0	3s	0	1	9
	1	3p	1,0,-1	3	
	2	3d	2,1,0,-1,-2	3	
4	0	4s	0	1	16
	1	4p	1, 0,-1	3	
	2	4d	2, 1, 0, -1, -2	5	
	3	4f	3, 2, 1, 0, -1, -2, -3	7	

Tabla 2.1. Relación entre números cuánticos²⁰

Orbitales s

Son orbitales que tienen el número cuántico $l = 0$, y $m = 0$ como único valor posible. La representación de estos orbitales tiene forma esférica y varían en tamaño y energía según el valor del número cuántico principal (Figura 2.2). Para un orbital s, el cuadrado de la función no cambia su forma (esférica), ya que la función tiene el mismo signo en cualquier región.¹⁷

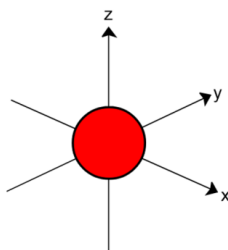


Figura 2.2. (Superficie límite de un orbital s).

Fuente: elaboración propia.

Orbitales p

Los orbitales tipo p tienen $l = 1$, y por lo tanto tres posibles valores para m , -1, 0 y 1, estos orbitales se conocen comúnmente como p_x , p_y y p_z (Figura 2.3) y son ortogonales entre sí. La densidad electrónica de estos orbitales se concentra en dos regiones en lados opuestos del núcleo (origen de los ejes x , y y z), y tienen forma de pesa de gimnasia, con dos lóbulos a lo largo del eje correspondiente.

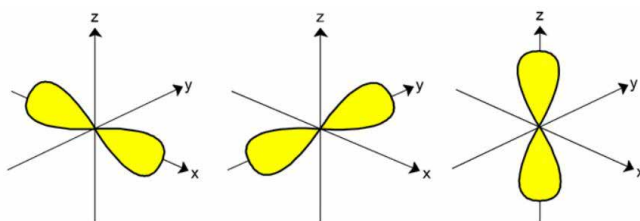


Figura 2.3. Superficies límites de los tres orbitales p .

Fuente: elaboración propia.

Orbitales d

Estos orbitales tienen $l = 2$, cuatro de las superficies límite de los orbitales d tienen forma de «trébol de cuatro hojas», y cada uno se encuentra principalmente en un plano¹⁹. d_{xy} , d_{xz} y d_{yz} se encuentran en los planos xy , xz e yz , respectivamente, como los lóbulos orientados entre los ejes. Los lóbulos del orbital $d_{x^2-y^2}$ también se encuentran en el plano xy , pero los lóbulos se encuentran a lo largo de los ejes. El orbital d_{z^2} es un poco diferente, ya que tiene dos lóbulos a lo largo del eje z y una especie de disco en el plano xy (Figura 2.4).

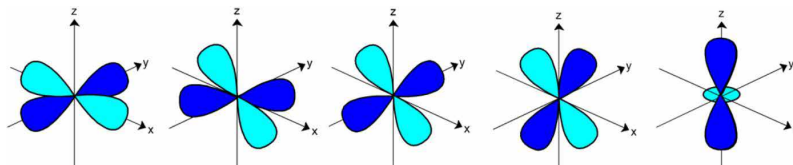


Figura 2.4. Superficies límites de los orbitales tipo d .

Fuente: elaboración propia.

Orbitales F

Son orbitales que presentan $l = 3$ y, por lo tanto, siete orbitales diferentes $fx(z^2-y^2)$, fx^3 , $fxyz$, fz^3 , $fz(x^2-y^2)$, fy^3 , $fy(x^2-z^2)$ que no suelen presentarse en los libros de texto por su alto nivel de abstracción. Se presenta un intento de representar sus superficies límite Z en el plano bidimensional (Figura 2.5).

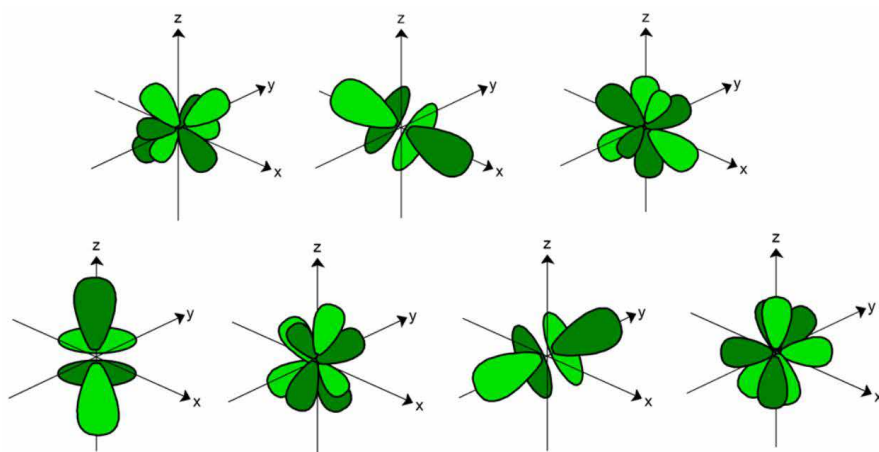


Figura 2.5 (Superficies límites de orbitales tipo f.

Fuente: elaboración propia.

Es importante mencionar que el contorno utilizado para enfatizar la forma de cada uno de los orbitales o regiones del espacio es relativamente arbitrario, ya que se obtiene a partir de una representación espacial de la probabilidad de que el electrón se encuentre a cierta distancia del núcleo. En este sentido, el contorno adoptado sería el correspondiente a la región donde el electrón pasaría casi todo su tiempo, es decir, la **densidad electrónica**.¹⁸

La Enseñanza de Orbitales

Existe controversia con respecto a la enseñanza de los orbitales atómicos en las escuelas y cursos de Química. Por un lado, algunos educadores

creen que no es necesario trabajar con teorías obsoletas que ya no son válidas, como los modelos atómicos anteriores al desarrollo de la mecánica cuántica. Por otro lado, hay quienes creen que temas como los orbitales atómicos no deben ser abordados por su alto nivel de abstracción²⁸.

Los orbitales atómicos proporcionan una base para comprender la Teoría del Enlace de Valencia (TEV), la Teoría de Orbitales Moleculares (TOM) y el modelo de repulsión del par de electrones de la capa de valencia —VSEPR por sus siglas en inglés—³, que explican la formación y geometría de las moléculas, así como sus propiedades físicas y reactividad. En este sentido, la comprensión de los orbitales atómicos favorece la comprensión de la estructura atómica, los enlaces y las propiedades químicas de las sustancias⁴. Desde este panorama, la escuela debe trabajar con temas de Química Cuántica, ya que estos brindan una comprensión de los avances tecnológicos actuales y están presentes en la vida del estudiante²⁶.

Orbitales Atómicos y la Teoría del Aprendizaje Significativo

Para que el aprendizaje en un tema determinado se produzca de manera significativa, son necesarias dos condiciones: el material debe ser potencialmente significativo y el alumno debe ser propenso a crear relaciones entre los nuevos temas y los que ya conocía, ya que tienen en mente un equipaje previo¹⁴.

Ausubel, Novak y Hanesian²⁹, caracterizan un material potencialmente significativo que sea capaz de interactuar de manera sustantiva y no arbitraria con la información anclada en la estructura cognitiva del aprendiz. Un obstáculo notorio para el aprendizaje en química, es la dificultad que encuentra el estudiante para vincular temas abstractos que conciernen al mundo subatómico de esta ciencia con experiencias cotidianas. Ante esto, es importante y necesario que el material de aprendizaje sea potencialmente significativo, capaz de instigar al estu-

28 Georgios Tsaparlis, «Atomic Orbitals, Molecular Orbitals and Related Concepts: Conceptual Difficulties Among Chemistry Students». *Research in Science Education*, 27(271), 1997: 271-287. <https://doi.org/10.1007/BF02461321>.

29 David Ausubel, J. Novak, H. Hanesian. *Psicología Educativa*. 2. ed. Interamericana, 1980.

diante a hacer relaciones conceptuales, buscando crear puentes entre estos dos universos que parecen tan diferentes.

Un levantamiento bibliográfico que buscó la fundamentación en el TAS para la enseñanza de la química, encontró algunos enfoques, como el tema geometría molecular a partir de los conocimientos previos de los estudiantes respecto a las formas geométricas previamente estudiadas en Matemáticas³⁰, o la lúdica de los juegos didácticos como forma de construir aprendizajes significativos (Figura 2.6).

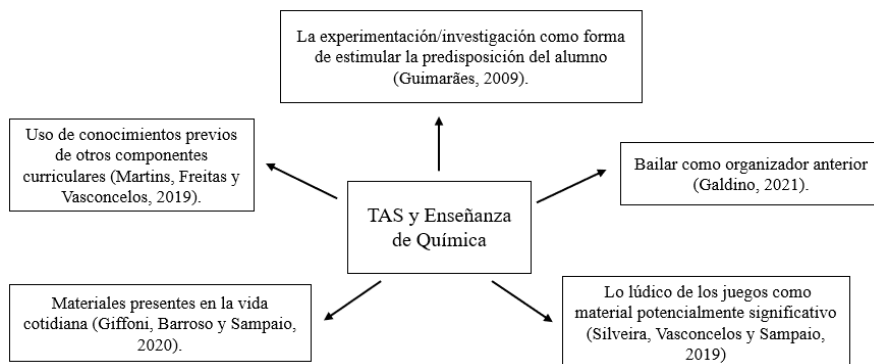


Figura 2.6. (Trabajos que relacionan el TAS y la Enseñanza de la Química).

Fuente: elaboración propia.

En cuanto al tema de los Orbitales Atómicos, luego de una revisión sistemática de la literatura entre 2016 y 2022, se identificó que en los últimos años no se han publicado estudios que busquen sustentar la enseñanza de este tema con la teoría propuesta por Ausubel³¹.

30 Melena Martins, Gerardo Freitas and Pedro Vasconcelos, «A aprendizagem significativa de Ausubel e a relação com materiais alternativos na disciplina de geometria molecular». *Revista Eletrônica DECT*, 9 (1), 2019: 320-345. <https://doi.org/10.36524/dect.v9i01.1279>.

31 G. Almeida, L. Lima, P. David, «A Teoria da Aprendizagem Significativa e o ensino de Orbitais Atômicos: Uma revisão sistemática da literatura». *RSD*, 11(10):2022. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i10.33289>.

Orbitales Atómicos y la Realidad Aumentada (Ra)

Según la encuesta realizada por Kirner y Siscoutto³², la RA puede entenderse como un sistema que complementa, en tiempo real, el entorno físico con objetos virtuales que fueron generados por una máquina. Esta tecnología tiene ventajas sobre la realidad virtual ya que no requiere periféricos como gafas, proyector, monitor o casco.

Además del software instalado en un dispositivo móvil o computadora, RA solo necesita un objeto de seguimiento y una cámara instalada. El dispositivo RA funciona básicamente de la siguiente manera: una cámara apunta a un objeto llamado marcador, luego se transmite un código al software que lo interpreta, y este genera el objeto virtual y lo devuelve a la escena real, superponiéndolo en la ubicación a la que apuntó la cámara.³³

En otro estudio³⁴, se evidenció en trabajos internacionales publicados entre 2011 y 2020 que abordaran la química desde la Realidad Aumentada, que hubo un aumento creciente de trabajos en esta perspectiva, con las estructuras moleculares como tema principal en química. Así, es posible estimar que, en la asignatura de química, la RA se ha utilizado para facilitar la enseñanza y el aprendizaje de contenidos que requieren visualización y comprensión espacial de estructuras tridimensionales, como los orbitales.

En una revisión sistemática de la literatura, se encontró que, en Brasil, también hay muchos trabajos que abordan la química utilizando RA, en los que los contenidos abstractos también se encontraron como los más frecuentes en esta literatura, reafirmando el potencial de RA en la visualización de fenómenos y modelos en química. Como uno de los principales ejemplos, puntuamos la tesis de Doctorado de Manuel

32 Claudio Kirner and Robson Siscoutto. «Fundamentos de Realidade Virtual e Aumentada» en *Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projeto e Aplicações*. Editora SBC, 2-21, 2007

33 Altamira Queiroz, Cícero Oliveira, Flávio Rezende, «Realidade Aumentada no Ensino da Química: Elaboração e Avaliação de um Novo Recurso Didático». *ReABTIC*, 1(2): 2015. <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.59446>.

34 Alex Mazzuco, Aliane Krassmann, Ederson Bastiani and Eliseo Reategui, «Revisão de literatura sobre o uso da realidade aumentada no ensino de química». *RENOTE*, 19(1), 402-412: 2021. <https://doi.org/10.22456/1679-1916.118530>

Moreira Baptista, realizada en 2013 en el Instituto de Química de la Universidad Estatal de Campinas (IQ/UNICAMP, Brasil). Utilizando RA, el investigador creó animaciones 3D para discutir temas como: Teoría de Orbitales Atómicos, distribución electrónica, hibridación, Teoría de Orbitales Moleculares, Teoría de Enlaces de Valencia, Teoría de VSEPR, Estructuras de Lewis, estructuras cristalinas de compuestos iónicos y metales (celda unitaria, empaquetamiento y red cristalina), transformaciones químicas y polímeros.

Otro hallazgo muy importante de esta revisión fue que las herramientas tecnológicas de RA, por lo general no se desarrollan con base en alguna teoría pedagógica. Se encontró que solo un trabajo entre los once analizados afirmaba usar TAS para apoyar el software desarrollado, pero no se verificó una sistematización de las ideas propuestas por Ausubel en su teoría, lo que demuestra que la aplicación a desarrollarse a partir de este trabajo puede contribuir para el incremento de TAS en el estudio de la enseñanza de Orbitales en el contexto tecnológico digital, más concretamente, haciendo uso de RA.

Considerando el tema discutido, también presentamos la investigación desarrollada por dos de los autores de este capítulo en el ámbito de un programa de Maestría en Tecnología Educacional, en la Universidad Federal de Ceará (UFC, Brasil). La investigación trata sobre el desarrollo de una aplicación RA (OrbiTAS) que se está finalizando. OrbiTAS es una aplicación para dispositivos Android estructurada con base en los Principios Programáticos TAS, con el objetivo de brindar un aprendizaje significativo en el tema de Orbitales Atómicos (Figura 2.7).

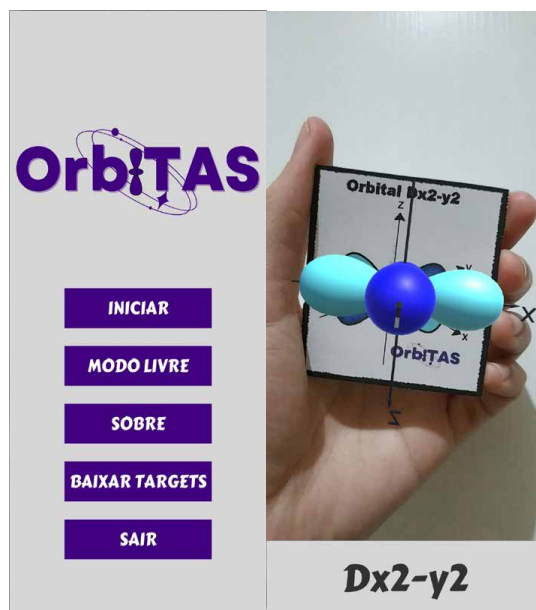


Figura 2.7 Menú inicial de la aplicación OrbiTAS y visualización en RA del orbital $d_{x^2-y^2}$. Fuente: elaboración propia.

La aplicación tiene la siguiente secuencia lógica basada en las ideas de Ausubel: 1. captura de conocimientos previos de los estudiantes, 2. presentación de elementos de organizadores anteriores, 3. actividades basadas en la diferenciación progresiva, 4. actividades basadas en la reconciliación integradora, 5. actividades basadas en la organización secuencial, 6. actividades basadas en la consolidación. Con el fin de capturar los conocimientos previos de los estudiantes, en las pantallas iniciales de la aplicación se plantean preguntas sobre el tema orbital, que luego se utilizan dentro de la propia aplicación como un proceso de autoevaluación del usuario.

La presentación de los elementos de los organizadores anteriores se realiza a través de un vídeo, que se muestra en pantalla tras las preguntas iniciales. Este video presenta curiosidades sobre el tema, con posibles aplicaciones en la vida cotidiana del alumno, así como un repaso de posibles conceptos previos construidos en la escuela. La diferenciación progresiva se trabaja de la siguiente manera: se presenta una pantalla inicial con el concepto general de orbital, a partir de ahí se trabajan

conceptos específicos, los tipos de orbitales; para ello se utilizan las respuestas a las preguntas de las pantallas iniciales, devolviendo un realimentación positiva en caso de respuestas correctas, o constructiva en caso de respuestas incorrectas.

Para la reconciliación integrativa se presentan orbitales en RA, y a partir de ahí se pregunta al usuario sobre el concepto general de orbital, eligiendo una justificación del porqué de su respuesta. Al final de este paso, se presentan en la pantalla explicaciones sobre el formato, las causas y las similitudes entre los orbitales. En la organización secuencial se presenta un mapa conceptual con conceptos y palabras claves que contienen algunos vacíos que deben ser llenados por los estudiantes. Y finalmente, en la consolidación, el usuario resuelve problemas que involucran el enfoque de conceptos orbitales. En caso de obtener una respuesta correcta, se indica la explicación de la solución de la pregunta; si el estudiante comete un error, se presentan consejos para volver a intentar hasta llegar a la respuesta correcta.

En vista de los estudios realizados hasta el momento, se entiende que la aplicación, que se encuentra en proceso de finalización, puede configurarse como un material potencialmente significativo, brindando un aprendizaje significativo en los moldes ausubelianos del tema Orbitales atómicos. Además, por ser un producto tecnológico que forma parte de la realidad del estudiante y que hace más tangibles los conceptos abstractos, puede predisponer al estudiante a tejer relaciones entre los nuevos conceptos y los conceptos que ya tiene en su estructura cognitiva.

Consideraciones Finales

El orbital atómico se puede definir como una función de onda obtenida de la solución de la ecuación de Schrödinger y que indica una probabilidad de densidad electrónica. De esta forma, es posible predecir las posibles posiciones que ocupan los electrones alrededor del núcleo del átomo, generando representaciones pictóricas de los distintos orbitales. Estas representaciones no siempre son fácilmente abstraídas por los estudiantes. Al tratarse de especies en tres dimensiones, exigen una cierta habilidad de visualización espacial por parte del alumno.

También creemos que el uso de la RA puede contribuir a la enseñanza de conceptos químicos, sin embargo, no prescinde del rol del docente

en el proceso de enseñanza y aprendizaje. Decimos esto porque algunas interpretaciones químicas no son obvias y depende del maestro ayudarlas. Un ejemplo sería comprender el orden creciente de energía de los orbitales atómicos vacíos. Sólo, el estudiante probablemente pensará que esta ordenación siempre viene dada por los niveles principales seguidos de sus correspondientes subniveles, también en orden ascendente ($1s < 2s < 3s < 3p < 3d < 4s < 4p < 4d < 4f < 5s < 5d < 5f < 6s \dots$). Sabemos que, a medida que nos alejamos del núcleo, las diversas regiones permitidas para el electrón, se diversificarán gradualmente, y se acercarán unas a otras.

Asimismo, el orden de energía de los orbitales depende de su condición (vacío o lleno), por lo que es tarea del profesor provocar ciertas reflexiones, tales como: 1. ¿Por qué el número cuántico n no puede asumir el valor de cero? 2. ¿Por qué el orden creciente de energía de los subniveles, cuando están vacíos, es diferente al que se observa cuando están llenos? Finalmente, se destaca la importancia de repensar la enseñanza de la Química a la luz de las teorías educativas, superando únicamente la transmisión de conceptos. El tema de los orbitales atómicos ejemplifica la necesidad de enfoques interpretativos, en los que el uso de nuevas tecnologías puede favorecer una enseñanza más accesible y significativa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida G., Lima L., David, P., «A Teoria da Aprendizagem Significativa e o ensino de Orbitais Atômicos: Uma revisão sistemática da literatura». *RSD*, 11(10):2022. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i10.33289>.
- Ahmad, Syawaludin, Gunarhadi, Gunarhadia and Rintayati, Peduk, «Enhancing elementary school students' abstract reasoning in science learning through augmented reality-based interactive multimedia». *Journal Pendidikan IPA Indonesia*, 8(2), 2019: 289-298. <http://dx.doi.org/10.15294/jpii.v8i2.19249>
- Allred, Zahilyn and Bretz, Stacey «University chemistry students' interpretations of multiple representations of the helium atom». *Chem. Educ. Res*, vol. 20, 2019: 358-368.
- Ausubel, David, Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva. *Plátano-Edições Técnicas*, 2003.
- Ausubel, David, Novak, J., Hanesian H. *Psicologia Educacional*. 2. ed. Interamericana, 1980.
- Baptista, Manuel (2013). «Desenvolvimento e utilização de animações em 3D no ensino de química». (Tesis de Doctorado, 2013).
- Barbosa, Jorge y Carvalho, Carlos, «Geotransform3d: objeto computacional em realidade aumentada para apoio ao ensino de matemática». *RECM*, 7(1), (2017): 226-239. <http://publicacoes.unigranrio.edu.br/index.php/recm/article/view/4413/2318>.
- Brown, Theodore, Lemay, Eugene, Bursten, Bruce, Burdge, Julia. *Química: a ciência central*. 13 ed. Pearson, 2016.
- Dickmann, Thomas, Opfermann, Maria, Dammann, Elmar, Langa, Martin and Rumanna Stefan. «What you see is what you learn? The role of visual model comprehension for academic success

- in chemistry». *Chem. Educ. Res. Pract.*, vol. 20, 2019:804-820. <https://doi.org/10.1039/C9RP00016J>.
- Duarte, J. «O nosso universo matematizado». *Educação & Comunicação*, vol. 4, 2000: 86-96. <http://hdl.handle.net/10400.8/292>. (Consultado el 13 de septiembre de 2022).
- Faria, P. *Estrutura atômica & Ligação Química*. 2ª Ed. Campinas: UNICAMP, 2007. Gary
- Gilbert, John, Reiner, Miriam and Nakhleh, Mary (2008). Visualization: Theory and Practice in Science Education, *Springer*: 2008.
- Johnstone, Alex, «Teaching of chemistry: logical or psychological?». *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 200, 1(1) 9-15.
- Kirner, Claudio and Siscoutto, Robson. «Fundamentos de Realidade Virtual e Aumentada» en *Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projeto e Aplicações*. Editora SBC, 2-21, 2007
- Lima, Márcio. (2018). «Orbital atômico: aprendizagem e desenvolvimento do conceito por estudantes de química». (Tesis de Maestría, 2018).
- Martins, Melena, Freitas, Gerardo y Vasconcelos, Pedro, «A aprendizagem significativa de Ausubel e a relação com materiais alternativos na disciplina de geometria molecular». *Revista Eletrônica DECT*, 9 (1), 2019: 320-345. <https://doi.org/10.36524/dect.v9i01.1279>.
- Mazzuco, Alex, Krassmann, Aliane, Bastiani, Ederson and Reategui, Eliseo, «Revisão de literatura sobre o uso da realidade aumentada no ensino de química». *RENOTE*, 19(1), 402-412: 2021. <https://doi.org/10.22456/1679-1916.118530>
- McMurry, John. *Química Orgánica*. 7. ed. Cengage Learning, 2013.
- McQuarrie, Donald and Simon, Jhon. *Physical chemistry: a molecular approach*. University Science Books, 1997,50.

- McQuarrie, Donald. Quantum Chemistry. 2nd ed. University Science Books, 2008
- Miessler, Donald, Tarr y Paul, Fischer (2014). *Química Inorgánica*. 5 ed., Pearson, 2014.
- Moreira, Marco Antonio, «¿O que é afinal aprendizagem significativa?». *Curriculum*, vol. 25, 2012: 29-56.
- Mortimer, Eduardo, Horta, Andréa, Mateus, Alfredo, Panzera, Arjuna, Garcia, Esdras, Pimenta, Marcos, Munford, Danusa, Franco, Luiz, Matos, Santer. Matéria, energia e vida uma abordagem interdisciplinar: materiais luz e som modelos e propriedades. Scipione, 2020.
- Mulliken, Robert, «Electronic structures of polyatomic molecules and valence. II. General consideration». *Physical Review*, vol. 41, 1932: 49-71. <https://doi.org/10.1103/PhysRev.41.49>.
- Pereira, Cássia, Rocha, Alexandre, Martinhon, Priscila, Rocha, Angela and Sousa, Céla, «Contextualização Histórico-Filosófica de Orbitais Atômicos e Moleculares». *História da Ciência e Ensino Construindo Interfaces*, vol. 16, 2017: 18-35. <https://doi.org/10.23925/2178-2911.2017v16p18-35>
- Queiroz, Altamira, Oliveira, Cícero, Rezende, Flávio, «Realidade Aumentada no Ensino da Química: Elaboração e Avaliação de um Novo Recurso Didático». *ReABTIC*, 1(2): 2015. <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.59446>.
- Rocha, Guilherme y Castro, Denise, «A presença da Química Quântica em livros e recursos didáticos». *ReLAPEQ*, 4(1), 2020: 142-163. <https://doi.org/10.30705/eqpv.v4i1.2282>
- Taber, Keith (2004), «Learning quanta: barriers to stimulating transitions in student understanding of orbital ideas». *Science Education*, 89(1), 2004: 94-116. <https://doi.org/10.1002/sc.20038>.
- Trindade, Jorge, Kirner, Claudio and Fiolhais, Carlos, «Orbitário: Exploração de Orbitais Hidrogenóides com Realidade

Aumentada”», en VI Simposio Internacional de Informática Educativa, 2004:1-9

Tsaparlis, Georgios, «Atomic Orbitals, Molecular Orbitals and Related Concepts: Conceptual Difficulties Among Chemistry Students». *Research in Science Education*, 27(271), 1997: 271-287. <https://doi.org/10.1007/BF02461321>.

Yildirim, Fatih, «The effect of the augmented reality applications in science class on students’ cognitive and affective learning», *JESEH*, 6(4), 2020: 259-267. <https://doi.org/10.21891/jeseh.751023>

CAPÍTULO 3.

FORTALECIMIENTO DE HABILIDADES DE PENSAMIENTO CIENTÍFICO A PARTIR DE LA ENSEÑANZA DE LAS LEYES DE LOS GASES

Juan Camilo Guzmán Rodríguez¹
Edgar Eduardo Vargas Aguilar²

Introducción

La enseñanza de la química corre el riesgo de convertirse en un ejercicio monótono, que termina en el desinterés por la disciplina por parte de los estudiantes que la cursan³. Golombek⁴ asegura que «los docentes, a la hora de enfrentar la clase de ciencias, muchas veces se quedan con el mismo vacío de no saber hacia dónde ir», y aunque de cualquier modo el estudiante debe querer aprender, el docente debe tomar el riesgo y el desafío de llevarlo a construir el saber⁵. Es claro que enseñar química es todo un desafío, dado que la enseñanza se basa en el desarrollo de contenidos descontextualizados, abstractos y en ocasiones sin sentido

-
- 1 Licenciado en Ciencias Naturales y Educación Ambiental, Integrante del grupo de Investigación WAIRA Ambiente Comunidad y Desarrollo, Docente de biología y química en el Liceo León de Greiff. Correo: juan.guzman05@uptc.edu.co
 - 2 Doctor en Pedagogía y Didáctica (C), Magíster en Docencia de la Química, Licenciado en Ciencias Naturales y Educación Ambiental. Docente del programa de Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Correo electrónico: edgar.vargas01@uptc.edu.co
 - 3 M. Etxanis y T. Santos. «Unidad didáctica para el estudio de los gases: combinación de una propuesta constructivista con el uso de las tecnologías de la información y la comunicación», en *VII Congreso Enseñanza de las Ciencias*, 2005.
 - 4 Diego Golombek, *Aprender y enseñar ciencias: del laboratorio al aula y viceversa*. Madrid: Santillana: 2008, 12.
 - 5 Sandoval, M., Mandolesi, M. y Cura, R. (2013). «Estrategias didácticas para la enseñanza de la química en la educación superior». *Educación y Educadores*, 16 (1), 126-138.

para el estudiante, sin permitir que se fomente un pensamiento reflexivo y crítico de determinadas situaciones cotidianas⁶.

En el caso de la enseñanza de las leyes de los gases, se muestra dificultad en la apropiación de conceptos y la contextualización de fenómenos relacionados con las diferentes teorías propuestas, dado que el aprendizaje se ha centrado en la resolución de problemas a través de determinadas ecuaciones y la evaluación de este aprendizaje se limita a corregir estos ejercicios, asumiendo que el estudiante que resuelve ejercicios es quien domina el tema, aun si no comprende el trasfondo y la aplicación en un contexto real⁷.

Según Chang⁸, los gases son, en muchos aspectos, mucho más sencillos que los líquidos y los sólidos, puesto que el movimiento molecular de los gases resulta totalmente aleatorio, y las fuerzas de atracción entre sus moléculas son tan pequeñas que cada una se mueve en forma libre y fundamentalmente independiente de las otras. Al ser esta interacción entre moléculas tan pequeña, el estudio e interpretación de los datos es menos compleja⁵. Los resultados de dichos estudios han permitido que se formulen una serie de generalizaciones empíricas conocidas como las leyes de los gases, que norman el comportamiento de los gases bajo condiciones de presión y temperatura, relacionadas con su volumen⁵. Cada una de estas generalizaciones representan una etapa importante en la historia de la ciencia y, en conjunto, tales generalizaciones han servido como base para el desarrollo de muchas ideas de la química⁶.

Cuando las leyes de los gases se abordan de esta manera, no contribuyen al fortalecimiento de habilidades de pensamiento científico en los estudiantes, una de las principales metas en la enseñanza de las ciencias, donde se pretende formar ciudadanos con capacidad de asombro, que observen y analicen lo que sucede a su alrededor y en su propio ser;

6 José Galiano, «Estrategias de enseñanza de la química en la formación inicial del profesorado». (Tesis doctoral, Universidad Nacional de Educación a Distancia, 2014), 54

7 Mauricio Triana, Propuesta experimental aplicada al aula para la enseñanza del tema de gases (tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia, 2012), 3

8 Raymond Chang, *Química*. México D.F.: Mc. Graw-Hill, 154

5 Mauricio Triana, Propuesta experimental aplicada al aula para la enseñanza del tema de gases (tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia, 2012), 17

5 Mauricio Triana, Propuesta experimental aplicada al aula para la enseñanza del tema de gases (tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia, 2012), 27

Raymond Chang, *Química*. México D.F.: Mc. Graw-Hill, 155

que se cuestionen y busquen explicaciones; que reflexionen y sean capaces de debatir con otros sus inquietudes; que se reconozcan como producto de la historia; que convivan con otros seres y que actúen en el mundo sintiéndose parte de él; que sean capaces de comprender conceptos de la química que se encuentran inmersos en un contexto real y cómo interactúan entre ellos para llegar a un concepto más estructurado, como en este caso la ley de gases. Las actividades científicas ofrecen a los estudiantes herramientas para comprender su entorno⁹.

Es por ello que se hace necesario buscar estrategias didácticas que no solo contribuyan al aprendizaje de las leyes de los gases, sino que fortalezcan en los estudiantes aquellas habilidades de pensamiento científico que los formarán integralmente para comprender el mundo que los rodea de una manera más amplia.

En este orden de ideas, las habilidades de pensamiento científico se entienden como aquellas capacidades que un sujeto posee y que le sirven para solucionar problemáticas que se presenten en un determinado tema¹⁰. Es por esto que desde la escuela se debe preparar a los estudiantes para que adquieran las habilidades científicas necesarias que les permitan desenvolverse en contextos complejos y les ayuden a solucionar los problemas que se presentan en la cotidianidad¹¹.

Chamizo¹², en relación con el desarrollo de habilidades de pensamiento científico, expresa:

-
- 9 Carmenza Cajamarca, «Desarrollo de habilidades de pensamiento científico para la comprensión del cambio climático en niños de grado primero del colegio Ofelia Uribe de Acosta». Tesis de maestría, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, 2018, pp 14.
- 10 Javiera Hernández, «Propuesta metodológica basada en la indagación científica para el desarrollo de habilidades de pensamiento científico en alumnos de 2° año medio, en la asignatura de Biología en la Unidad dinámica de poblaciones y comunidades en un establecimiento de la ciudad de Los Ángeles». Tesis de pregrado, Universidad de Concepción, 2017, p23.
- 11 Claudia Carrillo, «Enseñanza para el desarrollo del pensamiento científico desde la escuela». En *Desarrollo del pensamiento científico: proyecto innovación en formación científica*, Bogotá: Instituto para la Investigación Educativa y el Desarrollo Pedagógico, IDEP, 2012, pp. 13-33.
- 12 José Chamizo, *Habilidades de pensamiento científico. Los diagramas heurísticos*. Ciudad de México: Universidad Autónoma de México, 2017, p 17.

La «educación científica» debe significar no sólo la adquisición de conocimiento científico, muchas veces caracterizado como una «retórica de conclusiones», sino también, el desarrollo de modos de observar la realidad y de modos de relacionarse con la realidad; lo que implica los modos de pensar, de hablar, de hacer, pero, sobre todo, la capacidad de conjuntar todos estos aspectos.

El desarrollo del pensamiento científico es una de las principales metas en la enseñanza de las ciencias, donde se pretende formar ciudadanos con capacidad de asombro, que observen y analicen lo que sucede a su alrededor y en su propio ser; que se cuestionen y busquen explicaciones; que reflexionen y sean capaces de debatir con otros sus inquietudes; que se reconozcan como producto de la historia; que convivan con otros seres y que actúen en el mundo sintiéndose parte de él. Las actividades científicas ofrecen a los estudiantes herramientas para comprender su entorno⁷. Figueredo y Sepúlveda¹³ rastrearon una serie de habilidades de pensamiento científico en su investigación, proponiéndolas como referentes para que otros docentes realicen procesos pedagógicos y didácticos donde estas puedan ser fortalecidas a partir de secuencias de actividades debidamente intencionadas con este fin. Ahora bien, entre las habilidades de pensamiento científico que se buscan fortalecer en esta propuesta investigativa, se encuentran la transferencia de conocimiento científico al entorno, el procesamiento e interpretación de datos, la formulación de hipótesis, el diseño experimental y el análisis. A continuación, se presentan las definiciones de estas habilidades de pensamiento científico que Figueredo y Sepúlveda¹¹ recogen:

Análisis

Proceso mental que integra habilidades básicas como la observación, la comparación, clasificación y asociación; orientado a descomponer un todo en partes, con el fin de realizar un estudio detallado de la información, que permita establecer patrones, características e interre-

13 7 Carmenza Cajamarca, «Desarrollo de habilidades de pensamiento científico para la comprensión del cambio climático en niños de grado primero del colegio Ofelia Uribe de Acosta». Tesis de maestría, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, 2018, p. 16.

Giovanni Figueredo y Luz Sepúlveda, «Habilidades de pensamiento científico de los estudiantes de grado sexto de las instituciones San Antonio de Ráquira y Técnica Agrícola de Paipa del Departamento de Boyacá». Tesis de maestría, Universidad Santo Tomás, 2018, p.184.

laciones con mayor especificidad, para lograr así describir y explicar un objeto o fenómeno.

Transferencia del conocimiento científico al entorno

Involucra las habilidades de interpretar la información e integración de conocimiento en un proceso concatenado; es decir, se realizan abstracciones de esa información y se establecen vínculos entre los conceptos propios del conocimiento científico y las experiencias previas para aplicarlos en la resolución de una situación.

Formulación de hipótesis

Es la explicación provisional para darle respuesta a la situación y está sujeta a ser comprobada a través de un experimento.

Procesamiento e interpretación de datos

La capacidad para registrar y entender datos de manera ordenada en tablas y/o gráficos obtenidos de la observación o medición de un objeto o fenómeno. Adicionalmente, incluye un proceso mental que permite comprender un objeto o fenómeno observado, mediante la comparación con otro equivalente o realizar tácticas que demandan un flujo mental de ejecución, para entender la información presentada.

Diseño experimental

Identifica las variables y diseña un proceso que permita compararlas para examinar sus efectos en el fenómeno estudiado.

Por otra parte, es importante reconocer la importancia de la comprensión del concepto de ley de gases como un concepto estructurante, en el cual se abordan otros conceptos tales como presión, temperatura, volumen y sus interacciones en un fenómeno natural. En dichas interacciones, el estudiante puede percibir las variaciones de manera cualitativa y establecer datos cuantitativos que le permitirán comprender el fenómeno y establecer las ecuaciones matemáticas para cada actividad planteada en la experimentación.

Metodología

Esta investigación estuvo enmarcada desde un enfoque cualitativo, ya que «se sustenta en evidencias que se orientan más hacia la descripción profunda del fenómeno con la finalidad de comprenderlo y explicarlo a través de la aplicación de métodos y técnicas derivadas de sus concepciones y fundamentos epistémicos»¹⁴. Por otra parte, se situó en el paradigma crítico, puesto que este paradigma exige que el investigador haga una constante acción reflexión, lo que implica que se comprometa a asumir cambios que generen las transformaciones sociales requeridas, por lo que la autorreflexión crítica en la acción debe ser un proceso permanente¹⁵. Para el desarrollo de esta investigación se realizaron tres fases metodológicas, a saber, diagnóstico, implementación de la secuencia de actividades y evaluación, las cuales se describen a continuación:

Fase Diagnóstica

En esta fase se buscó reconocer el nivel de las habilidades de pensamiento científico que los estudiantes poseen, además de los conocimientos que estos tienen frente al tema de leyes de los gases y cómo los asocian en la vida cotidiana. Para lograr este cometido se construyó una prueba diagnóstica.

La prueba diagnóstica estuvo compuesta por introducción, marco teórico, procedimientos, resultados y discusión de los resultados, por lo que dentro de ella se presentan tres experimentos correspondientes a las leyes de los gases, a saber, ley de Boyle-Mariotte, ley de Charles y ley de Gay-Lussac, cada uno acompañado de cuestionamientos para que el estudiante desarrolle. Además de esto, cada pregunta que se encuentra en la guía está debidamente intencionada, por lo que se relaciona con una habilidad de pensamiento científico en específico, esto con el fin de posteriormente identificar el nivel que tienen los estudiantes en dichas habilidades de pensamiento científico y que permita obtener los datos preliminares para su análisis y comparación.

14 Fabio Sánchez Flores, «Fundamentos epistémicos de la investigación cualitativa y cuantitativa: consensos y disensos», *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, vol. 13, 2019: 104.

15 Carmen Ricoy Lorenzo, «Contribución sobre los paradigmas de investigación». *Educacao*, vol. 31, 2006:18.

Implementación de la Secuencia de Actividades

La secuencia de actividades está dividida en cinco partes. Cada parte la componen diversas actividades que se enfocan en fortalecer alguna de las habilidades de pensamiento científico que se han venido mencionando a lo largo del documento. Además, dependiendo la naturaleza del tema, este puede contener actividades con diversos elementos, como lo son situaciones contextualizadas, relacionada con la temática a tratar, la experimentación y análisis de fenómenos, y la aplicación de las ecuaciones relacionadas directamente con la experiencia realizada.

Así bien, los cinco temas que se escogieron para trabajar en la secuencia de actividades son: 1. Generalidades y comportamiento de los gases, 2. Ley de Boyle-Mariotte, 3. Ley de Charles, 4. Ley de Gay-Lussac, y 5. Ecuación de los gases ideales y ecuación de los gases combinada. Cada guía contiene una introducción en la que se contempla el contexto histórico relacionado a la formulación de cada ley y la expresión matemática que la describe. Del mismo modo que sucedía en la prueba diagnóstica, las actividades que componen cada tema de la secuencia de actividades están intencionadas en trabajar alguna de las habilidades de pensamiento científico, por lo que a partir de las respuestas que se obtengan por parte de los estudiantes, será posible seguir caracterizando y categorizando el nivel en el que estas habilidades de pensamiento científico se encuentran desarrolladas en cada uno de estos.

Evaluación

La fase de evaluación consistió en aplicar un último instrumento con los mismos elementos de la prueba diagnóstica y de la secuencia de actividades, que permita categorizar las habilidades de pensamiento científico en los niveles correspondientes. Puesto que en cada parte del proceso metodológico se han recogido los resultados y categorizado las respuestas de los estudiantes según los niveles que proponen Figueredo y Sepúlveda¹¹ para las habilidades de pensamiento científico (incipiente, básico, satisfactorio y avanzado), el análisis de estos resultados se basará en el avance que han tenido los estudiantes con el transcurso de las guías relacionado con estas habilidades, determinando si la aplicación de la secuencia de actividades contribuyó o no al fortalecimiento de estas. La comparación de los niveles de los estudiantes en la prueba

diagnóstica con los niveles en el instrumento final de evaluación, permitirá identificar cuáles habilidades de pensamiento científico se vieron influenciadas con la secuencia de actividades, posibilitando también mejorar la propuesta didáctica con los ajustes correspondientes.

Por otro lado, Figueredo y Sepúlveda¹¹, identificaron los niveles de las habilidades, clasificándolas en incipiente, básico, satisfactorio y avanzado, de acuerdo con el nivel de dificultad, es decir, de la más fácil a la más difícil, esto a partir de las respuestas de los estudiantes y de cómo se enfrentan a las preguntas y cuestionamientos propuestos en la secuencia de actividades. En este orden de ideas, la categorización de las respuestas de los estudiantes y la determinación del nivel en las habilidades de pensamiento científico trabajada en cada una de las fases metodológicas se hará según lo expuesto en la tabla 3.1.

Niveles de desempeño de las habilidades de pensamiento científico				
Habilidad de pensamiento científico	Nivel 1: Incipiente	Nivel 2: Básico	Nivel 3: Satisfactorio	Nivel 4: Avanzado
Análisis	El estudiante promedio de este nivel, identifica algunas características, establece algunas diferencias y semejanzas, para dividir el todo en partes y que le permitan analizar el fenómeno.	Además de lo propuesto en el nivel anterior, el estudiante ubicado en este nivel diferencia, clasifica, y relaciona las evidencias suministradas para comprender el comportamiento del fenómeno	Además de lo descrito en el nivel anterior, el estudiante clasificado en este nivel examina detalladamente la situación, considera por separado sus partes para conocer sus características, y así establece un argumento sobre el comportamiento del fenómeno.	Además de lo descrito en el nivel anterior, el estudiante clasificado en este nivel encuentra patrones, reconoce significados, de acuerdo con su saber y experiencia, lo que le permite establecer relación entre los elementos que representan el comportamiento del fenómeno, para así explicarlo.
	El estudiante que se encuentra en este nivel hace uso del conocimiento científico en cuanto a que identifica la situación y relaciona los conceptos básicos con la secuencia de datos a partir de la información suministrada.	Además de lo especificado en el nivel anterior, el estudiante ubicado en este nivel identifica el significado de la información y usa el conocimiento científico en el contexto de la situación para resolverla.	El estudiante ubicado en este nivel comprende, e interpreta la información con base en los conocimientos previos; luego selecciona, transfiere, y utiliza principios científicos para solucionar el problema.	Además de lo especificado en el nivel anterior, el estudiante ubicado en este nivel frecuentemente hace uso de la información, utiliza métodos, conceptos y teorías científicas en la resolución de situaciones problemáticas.
Procesa e interpreta datos	El estudiante que se encuentra en este nivel interpreta los datos del enunciado para relacionarlo con la gráfica que muestra las variables de la investigación	Además de lo especificado en el nivel anterior, el estudiante ubicado en este nivel interpreta el gráfico con los datos, para establecer el tema de investigación y el comportamiento de las variables.	Además de lo especificado en el nivel anterior, el estudiante ubicado en este nivel procesa e interpreta los datos de la tabla para seleccionar la pregunta de investigación, seguir la secuencia de las variables estudiadas en la experimentación y rechazar o aceptar la hipótesis.	

Niveles de desempeño de las habilidades de pensamiento científico				
Habilidad de pensamiento científico	Nivel 1: Incipiente	Nivel 2: Básico	Nivel 3: Satisfactorio	Nivel 4: Avanzado
Formula hipótesis	El estudiante que se encuentra en este nivel identifica la hipótesis y la relaciona con el contexto y la pregunta.	Además de lo especificado en el nivel anterior, él estudiante que se encuentra en este nivel, a través de la hipótesis, une los conceptos previos con la situación que está por resolver y le encuentra el significado para darle respuesta.	Además de lo especificado en el nivel anterior, él estudiante que se encuentra en este nivel propone explicaciones provisionales para darle respuesta a la situación.	Además de lo especificado en el nivel anterior, el estudiante que se encuentra en este nivel formula una hipótesis para verificarla de acuerdo a las variables, al experimento propuesto, y con base en el conocimiento científico resolver la pregunta de investigación.
Diseña un proceso experimental	El estudiante de este nivel no identifica ninguna variable del experimento	El estudiante identifica por lo menos una variable que le permita comprender que es un diseño experimental.	El estudiante ubicado en este nivel identifica los tipos de variables y los pasos que representan el diseño experimental.	Además de lo especificado en el nivel anterior, el estudiante ubicado en este nivel identifica las variables y diseña un proceso que permita compararlas para examinar sus efectos en el fenómeno estudiado.

Tabla 3.1 Niveles de desempeño de las habilidades de pensamiento científico¹¹

Resultados

Teniendo en cuenta lo anterior, se realizó un primer acercamiento relacionado con la fase diagnóstica con un grupo de estudiantes de primer semestre del programa de Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia que cursaban la asignatura de Química General. La actividad consistió en realizar tres experimentos en el aula para demostrar la influencia y cotidianidad de las leyes de los gases, siendo el objetivo de esta actividad demostrar las leyes de los gases a partir de la experimentación en el aula, fortaleciendo la apropiación de conceptos teóricos. Además, con esta actividad se buscaba identificar las habilidades de pensamiento científico que los estudiantes presentan al analizar los experimentos y la capacidad que poseen para hacer abstracciones de los fenómenos observados y explicarlos de manera adecuada, además de relacionarlos con su concepción matemática.

En primer lugar, el grupo fue dividido en 5 subgrupos, los cuales iban realizando secuencialmente cada uno de los tres experimentos, siguiendo las indicaciones de las guías construidas para esta actividad. Dichas guías estaban estructuradas por introducción, marco teórico, materiales, procedimientos, resultados y discusión. Para la parte de resultados y discusión, los estudiantes debían diligenciar un cuadro que estaba compuesto por hipótesis, observaciones y explicación del experimento. La hipótesis debía plantearse antes de realizado cada experimento, las observaciones correspondían a la descripción de lo sucedido y finalmente en la explicación el estudiante argumentaba por qué se dio dicho resultado en la experiencia.

Diligenciado el cuadro anteriormente escrito, debían responder las siguientes preguntas: 1. ¿Qué variables están presentes en cada experimento?, 2. Con base en la respuesta anterior, ¿a qué ley de los gases corresponde?, 3. ¿Qué variable se mantiene constante en el experimento realizado?, 4. ¿Cuál es la ecuación que describe el proceso ocurrido en el experimento? Por último, se planteó un problema matemático para cada uno de los experimentos trabajados en la guía, de este modo: «Asumiendo que la temperatura dentro de la botella antes de realizar el experimento es de $295,15^{\circ}\text{K}$, mientras que su presión inicial es de 550 mmHg y que al calentar la botella con la vela incrementa su temperatura

a $486,15^{\circ}$ K, ¿Cuál es la presión en el interior de la botella?». Dicho problema buscaba conocer claramente si el estudiante tiene la capacidad de matematizar un fenómeno cuyas variables él mismo manipuló y que ha observado directamente.

Frente a la actividad preliminar relacionada con la prueba diagnóstica que se realizó con estudiantes de primer semestre de la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental, se presentan a continuación las respuestas dadas por dos de los grupos, donde se observan las hipótesis planteadas por estos, las observaciones y las explicaciones, además de la resolución del ejercicio matemático correspondiente al experimento.

Respuestas de los estudiantes en la actividad realizada					
Grupo	Nombre del experimento	Hipótesis	Observaciones	Explicación científica	Ejercicio matemático
1	Botellas y velas	La botella se va a inflar de nuevo.	La botella se infla de nuevo, el gas dentro de la botella está caliente y se encuentra vapor dentro de la botella.	Al ser expuesto un gas a una alta temperatura el volumen va a aumentar debido a que el gas se expande generando una presión directamente proporcional.	Establece mal la ecuación correspondiente; además no aplica la fórmula que él da, usando una diferente, incorrecta también.
	Botellas y bombas	Será más fácil inflar la bomba con el pitillo adentro ya que ayuda a liberar la presión que está dentro de la botella.	Al intentar inflar la bomba sin el pitillo es más difícil, pero con el pitillo dentro sí se puede inflar hasta cierto punto cuando la bomba obstruye el pitillo.	Debido a que dos gases no pueden ocupar el mismo espacio es necesario un objeto que ayude para la liberación de uno para que el otro pueda expandirse y tenga el volumen necesario.	Ecuación correcta, pero interpretación incorrecta del ejercicio planteado.
	Botellas y agua fría/caliente	La bomba que está en el agua tibia va a aumentar su tamaño y la bomba con agua fría disminuirá el tamaño.	La bomba que está en agua fría se desinfla mientras que la que está en agua caliente se infla, al cambiar las bombas de recipiente el resultado es el mismo.	Como la cantidad de gas es el mismo la presión aumentará según cada caso manteniéndose su volumen debido a la temperatura expuesta.	Ecuación correcta. Resolución del ejercicio correcta.

Respuestas de los estudiantes en la actividad realizada					
Grupo	Nombre del experimento	Hipótesis	Observaciones	Explicación científica	Ejercicio matemático
2	Botellas y velas	Al calentar la botella se volverá a inflar.	Al poner la botella en calor esta se va calentando, el agua aumenta de temperatura y se vuelve gas, por esto la botella se vuelve a inflar.	A mayor temperatura, mayor presión. Gay-Lussac establece que la presión de gas es directamente proporcional a la temperatura.	Ecuación correcta. Resolución del ejercicio correcta.
	Botellas y bombas	Va a ser más difícil inflar el globo.	El globo es difícil de inflar sin el pitillo y con el pitillo en la botella es más fácil de inflar.	Un gas nunca ocupa el lugar de otro gas.	Ecuación correcta, pero interpretación incorrecta del ejercicio planteado.
	Botellas y agua fría/caliente	El globo se infla con agua caliente y se desinfla con hielo.	El globo en agua caliente se infla y la fría disminuye la presión.	El agua caliente hace que las moléculas se dispersen y el agua fría hace que las moléculas se mantengan constantes.	Ecuación correcta. Resolución del ejercicio correcta.

Tabla 3.2 Respuestas de dos grupos estudiantes en la actividad realizada.

Fuente: elaboración propia

Con base en lo anterior, se identificaron los niveles en los que estos grupos de estudiantes se encontraban según sus respuestas para las habilidades de pensamiento científico de análisis, aplicar el conocimiento científico, formulación de hipótesis y procesamiento e interpretación de datos, según las categorías propuestas por Figueredo y Sepúlveda, las cuales fueron descritas previamente. Así bien, dichos resultados se presentan en la siguiente tabla.

Habilidad de pensamiento científico	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5
Análisis	Básico	Incipiente	Incipiente	Incipiente	Incipiente
Aplicar el conocimiento científico	Incipiente	Básico	Incipiente	Incipiente	Incipiente
Formulación de hipótesis	Incipiente	Incipiente	Incipiente	Incipiente	Incipiente
Procesamiento e interpretación de datos	Incipiente	Básico	Incipiente	Básico	Básico

Tabla 3.3 Niveles en los que se categorizan los 5 grupos de estudiantes para cada una de las habilidades de pensamiento científico. Fuente: elaboración propia

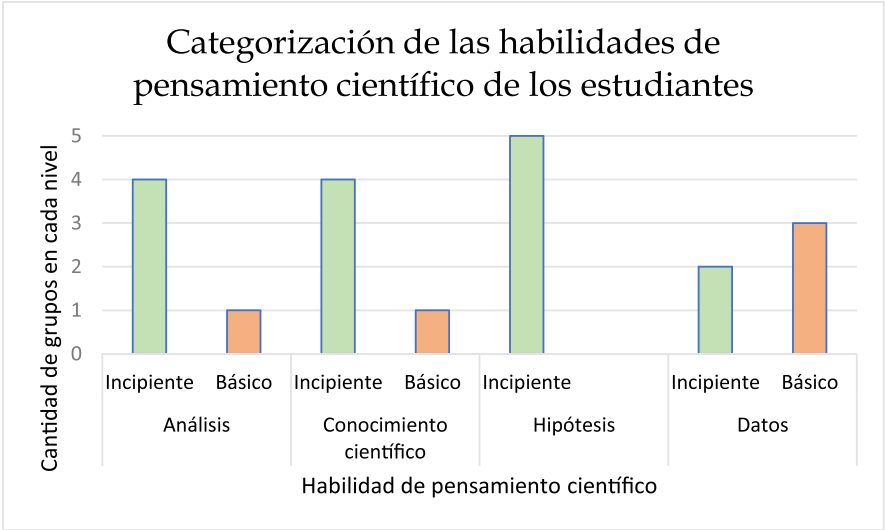


Figura 3.1 Niveles de las habilidades de pensamiento científico en los 5 grupos de estudiantes. Fuente: Fuente: elaboración propia

En la anterior gráfica se observan los niveles en los cuales se encuentran los grupos de estudiantes para cada una de las habilidades de pensamiento científico evaluadas. Para la habilidad de análisis se encuentra que 4 de los grupos están en nivel incipiente, mientras que 1 en nivel básico; el mismo caso se presenta para la habilidad de aplicar el conocimiento científico. Por su parte, en la habilidad de hipótesis, los 5 grupos se encuentran en nivel incipiente. Para finalizar, la habilidad de procesamiento e interpretación de datos presentan 2 grupos en nivel incipiente, mientras que los 3 restantes están en nivel básico.

Análisis y Discusión

Los resultados en esta actividad permiten hacer un primer análisis sobre las capacidades de los estudiantes para relacionar los fenómenos que observan en un experimento y la base matemática que los soporta, además de las habilidades que tiene un estudiante de primer semestre para presentar por escrito sus ideas, argumentos y conclusiones, puesto que como Zimmerman¹⁶ afirma: «generar, probar y revisar hipótesis son habilidades que se fortalecen gracias al pensamiento científico», y gracias a la experimentación se presenta la oportunidad para que el estudiante dé sus propias soluciones con base en el conocimiento que por sí posee.

Ahora bien, en esta primera actividad se puede evidenciar una capacidad argumentativa baja para presentar todo lo sucedido en el experimento, puesto que se centra solamente en la descripción superficial de dicha experiencia. La explicación científica está basada en premisas científicas muy concretas, pero no hay un análisis real sobre aquello que sucedió en el experimento, siendo esto evidencia de que no se relaciona un concepto científico con un evento cotidiano. Por ello, en la habilidad de pensamiento científico de análisis, cuatro de los grupos se encuentran en nivel incipiente, mientras que el otro grupo en nivel básico.

Esto se debe a que esta habilidad se fundamenta en la descomposición de un fenómeno en sus partes para poder comprenderlo, apoyado en observar, comparar, clasificar y asociar¹¹, lo cual no se presentó en ninguno de los grupos a la hora de dar respuesta a los cuestionamientos

16 Corinne Zimmerman, «The development of scientific thinking skills in elementary and middle school». *Developmental Review*, vol 27, 2007: 179

planteados, además de que las observaciones realizadas por estos para cada experimento carecían de trasfondo, centrados solo en la descripción de lo sucedido.

Según Figueredo y Sepúlveda¹¹, la habilidad de procesar e interpretar datos permite comprender un fenómeno observado gracias a la comparación con situaciones equivalentes. En este caso, ya que los ejercicios planteados están basados en la experiencia, los estudiantes debían interpretar la información presentada en forma de planteamiento matemático para allí compararlo con lo que sucedía con las variables en la experiencia que realizaron.

Es por ello que en el caso de la resolución de los ejercicios matemáticos, la mayoría de los grupos los realizó satisfactoriamente aplicando la ecuación correspondiente, aunque no lograran explicar de forma correcta lo que sucedió en el experimento, esto significa que aún no se relaciona claramente la parte matemática de un concepto con el fenómeno observado, ya que a partir de la respuesta de la ecuación se puede inferir qué sucede en el experimento si las variables son cambiadas y cómo es que en realidad se relacionan la temperatura, la presión y el volumen en un gas. Como se mencionó antes, la resolución del ejercicio planteado está relacionada con la habilidad de procesar e interpretar datos, siendo esta en la que mejor desempeño hubo, pues tres de los grupos se encontraron en nivel básico, algo que no se observó con ninguna otra habilidad. Sin embargo, la caracterización en este nivel se encuentra en un desempeño bajo en comparación con niveles satisfactorio y avanzado.

Frente a la habilidad de transferencia del conocimiento científico al entorno, cuatro grupos se encontraron en nivel incipiente y el grupo restante en nivel básico, puesto que aquí se esperaba que los estudiantes estuvieran en la capacidad de tomar sus conocimientos previos y proponer respuestas para resolver los cuestionamientos planteados¹¹, situación que no se dio completamente de este modo, pues aunque las respuestas de los estudiantes indican que están usando sus conocimientos previos para explicar el experimento, carecen estas explicaciones de sustento teórico.

Ahora, la habilidad de pensamiento científico de plantear hipótesis es la que menor desempeño tiene, ya que todos los grupos se encontraron en nivel incipiente. Las hipótesis planteadas por los estudiantes son poco

satisfactorias, ya que la proyección que realizan de lo que puede o no suceder al realizar el experimento están en un nivel descriptivo pobre, donde no se llega a observar la relación con sus experiencias o desde sus conocimientos previos. Es cierto que las hipótesis son «enunciados caracterizados por ser ideas supuestas no verificadas pero probables»¹⁷, pero no por esto deben carecer de fundamentos que permitan defender dichos enunciados, los cuales posteriormente deben ser comparados y discutidos con lo que sucede en el experimento¹¹

Así, en este primer acercamiento se observa que ningún grupo de estudiantes superó el nivel básico en alguna de las habilidades evaluadas, justificándose la necesidad de iniciar procesos didácticos de formación en ciencias naturales que contribuyan al fortalecimiento de dichas habilidades de pensamiento científico, donde el estudiante esté en capacidad de comprender los fenómenos que los rodean, reconocer sus fundamentos teóricos y, de ser posible, ser agente transformador de su realidad por medio de los conocimientos científicos.

Cabe resaltar que este es un trabajo en construcción, razón por la que estos resultados preliminares representan un primer vistazo de aquellas cosas en las que se debe trabajar en la enseñanza de las leyes de los gases. Partiendo de aquí, con la implementación de la secuencia de actividades para la ley de gases, se espera que el estudiante de educación media y de primeros semestres fortalezca habilidades de pensamiento científico a partir de la experimentación contextualizada de las diferentes teorías de la ley de gases, además, que se mejore la comprensión del concepto y su aplicabilidad en la vida cotidiana.

Precisamente, cuando se consideran las dificultades que existen en la enseñanza de la química puede presentarse un fenómeno que Jacques Ranciere¹⁸ en su libro *El maestro ignorante*, describe como el orden explicador, donde el maestro toma un rol nocivo en la educación: el del maestro explicador. Este orden explicador en el sistema educativo es

17 Alba Echeverry. «El pensamiento científico en cuanto a la Observación, Indagación e Hipótesis». (Tesis de pregrado, Corporación Universitaria Minuto de Dios, 2018).pp.70

11 Giovanni Figueredo y Luz Sepúlveda. «Habilidades de pensamiento científico de los estudiantes de grado sexto de las instituciones San Antonio de Ráquira y Técnica Agrícola de Paipa del Departamento de Boyacá». (Tesis de maestría, Universidad Santo Tomás, 2018) pp.142

18 Jacques Ranciere, *El maestro ignorante*. Laertes: Barcelona, 2003,7

claro: profesor-alumno, explicador-sujeto a explicar, o, en otras palabras, sabio-ignorante. Hay alguien que posee el conocimiento y otro que lo ignora, por lo cual el primero debe ‘rescatarlo’ de la oscuridad del no saber, precisamente, a través de una explicación¹⁶. Cuando esta relación de saberes es reconocida e interiorizada por los participantes del proceso educativo, se establece una subordinación donde es necesaria siempre una explicación para llegar a obtener algún conocimiento¹⁹.

En términos de Ranciere¹⁶ cuando el maestro es explicador se ocasiona «un progreso hacia el atontamiento», haciendo al estudiante dependiente del profesor y su explicación. Por este motivo, mientras este orden explicador esté presente, la distancia entre explicador y explicado se agudizará¹⁶. Así bien, la secuencia de actividades que aquí se presenta se perfila como una estrategia para empezar a invertir el orden explicador ya mencionado y lograr el cambio de un maestro explicador a un maestro emancipador, contribuyendo a la vez a fortalecer habilidades de pensamiento científico que están presentes en los estudiantes, puesto que, en ellos, un maestro emancipador logrará desarrollar la voluntad por el aprender.

En este orden de ideas, un maestro explicador está sometido al orden de las explicaciones y busca siempre transmitir su disciplina, pues asume que él posee conocimientos que sus alumnos deben aprender, pero la única forma que conoce es la explicación. Por ejemplo, Tarapuez²⁰ deja en evidencia que la enseñanza de las leyes de los gases está por completo centrada en resolver ejercicios matemáticos, pero su aprendizaje se transforma en la mera replicación de la explicación dada por el profesor. Es necesario buscar experiencias de educación por fuera de la lógica de la explicación, a través de prácticas que pongan en tensión o de alguna manera trastoken esas lógicas. El problema es que para eso no se requiere únicamente una nueva «estrategia didáctica», ya que esa lógica

19 Alejandro Cerletti, «La política del maestro ignorante: la lección de Rancière». *Educ. Soc*, vol. 24, 2003:304

20 Edison Tarapuez. «Propuesta didáctica para la enseñanza de los fundamentos teóricos de los gases (ecuación de estado de los gases ideales, ley de Boyle, ley de Charles y Gay-Lussac) a través del (ABP) aprendizaje basado en problemas con estudiantes de la I.E. Javiera Londoño, Medellín- Antioquia». (Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia, 2020), p. 17.

a la que alude Rancière no refiere a métodos o estrategias de enseñanza²¹. Romper con la lógica de la explicación consiste en cambiar la forma de pensar la educación, sostener un encuentro educativo, pero no con base en la creencia de que existe un individuo que posee un conjunto de saberes y tiene que transmitirlos a otros que supone sin ellos¹⁹.

Así las cosas, es posible pensar en la construcción de nuevas formas de abordar el conocimiento en el aula, rompiendo la unidireccionalidad de las sesiones de clase y dándole múltiples sentidos a la experiencia educativa, ya que el maestro emancipador (en oposición al maestro explicador), es aquel que no somete la inteligencia de otro bajo la suya, sino que logra mediar la voluntad del estudiante para que haga uso de su propia inteligencia²². Es por lo anteriormente expuesto que esta propuesta investigativa presenta una secuencia de actividades como herramienta para invertir el orden explicador en la enseñanza de las leyes de los gases, teniendo como eje fundamental la experimentación, proponiéndola como alternativa a la explicación, debido a que en esta el alumno se involucra directamente con el conocimiento y desde su propia experiencia, sin necesidad de la explicación del maestro, permitiéndose generar, probar y revisar hipótesis que él mismo construye realizando los experimentos¹⁴. Según Chacón, Saborío y Nova²³, el experimento desempeña un papel importante, puesto que despierta interés por el aprendizaje y por crear incentivos para mejorar la asimilación del contenido.

En este sentido, no se trataría de que los estudiantes aprendan los temas de las leyes de los gases únicamente, sino que participen en el proceso creativo y experimental de esta. Y no solo se trataría tampoco de la libre experimentación de cada uno de ellos, sino que la secuencia de actividades está pensada para incentivar la voluntad de los estudiantes,

21 Colella, L. (21 de diciembre de 2020). Ranciere- El maestro ignorante: emancipación vs. Explicación P3 [Video]. <https://youtu.be/wBO86trzi-A>

22 Leonardo Colella, «Igualdad y diversidad en la educación. Un abordaje desde el concepto de “emancipación intelectual” de Jacques Ranciere». *Fermentario*, vol. 1, 2014: 6

23 Nancy Chacón, Franklin Saborío y Nidya Nova, «El uso de recursos didácticos de la química para estudiantes, en los colegios académicos diurnos de los circuitos 09 y 11, San José, Costa Rica». *Revista Electrónica Educare*, vol. 20, 2016: 34.

19 Leonardo Colella, «Ranciere- El maestro ignorante: emancipación vs. Explicación P3». [Video]. <https://youtu.be/wBO86trzi-A>, (21 de diciembre de 2020).

14 Corinne Zimmerman, «The development of scientific thinking skills in elementary and middle school». *Developmental Review*, vol 27, 2007: 181

no desde la explicación, sino desde los cuestionamientos planteados en cada una de las actividades, los cuales contribuyen al fortalecimiento de habilidades de pensamiento científico como el análisis y la interpretación de datos, entre otras. De este modo la secuencia de actividades que se propone trabaja en dos vías compatibles entre sí: por un lado, se invierte el orden de explicador en la enseñanza y por el otro, se trabajan sobre las habilidades de pensamiento científico de los estudiantes. Si bien es cierto que la lógica de las explicaciones constantemente buscará restablecerse, ya sea por pedido de los estudiantes o por demandas institucionales¹⁹, el desafío está en pensar la educación de otro modo y en estar siempre vigilantes de que el orden de las explicaciones no reine en las dinámicas educativas.

Conclusiones

El propósito de esta investigación fue fortalecer las habilidades de pensamiento científico en los estudiantes, las cuales permitirán que se creen nuevas formas de ver y de relacionarse con el mundo, que les posibiliten entenderlo de una manera amplia, comprendiendo los fenómenos que allí suceden y la relación que tienen en sus vidas cotidianas. Así bien, las habilidades de pensamiento científico que se esperan fortalecer con esta secuencia de actividades serán útiles en cualquier contexto de la vida de los estudiantes, no solo el educativo o científico, sino que brinda las herramientas para que ellos se convierten en agentes transformadores de sus realidades. Esto se justifica con los resultados preliminares obtenidos en la actividad realizada, donde ningún grupo alcanzó un desempeño más alto que el nivel básico para las habilidades de pensamiento científico evaluadas, observándose falencias a la hora de explicar lo que sucede en un experimento y su relación con la teoría científica que lo sustenta.

Por otro lado, cambiar el orden explicador en la enseñanza de las leyes de los gases, ya que el desarrollo de esta secuencia de actividades no depende de las explicaciones del docente, sino que tiene todos los elementos para que los estudiantes se relacionen con ella, hagan por sí mismos los experimentos, analicen los fenómenos y construyan el aprendizaje necesario para ellos. En este sentido, se espera también que a partir de la misma secuencia de actividades el estudiante se motive y desarrolle la voluntad por aprender el tema, pero a la vez se demuestre que se puede

aprender sin maestro explicador, mas no se puede aprender sin maestro. Esto último hace referencia a que las actividades en un salón de clases no deben ser aleatorias, sino que el profesor debe trabajar, proponer y ejecutar dichas actividades con propósitos claros y debidamente intencionadas, resignificando así el rol del maestro como aquel que desde su labor y capacidades forma seres humanos íntegros, y no como el mero replicador de contenidos.

Por último, se espera también mejorar la comprensión sobre el concepto de las leyes de los gases, sus implicaciones, aplicaciones e importancia, desde su formulación teórica, matemática y experimental, contribuyendo a la vez con formas alternativas de enseñanza para química y para las ciencias naturales en general.

REFERENCIAS

- Cajamarca, Carmenza. «Desarrollo de habilidades de pensamiento científico para la comprensión del cambio climático en niños de grado primero del colegio Ofelia Uribe de Acosta». Tesis de maestría. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, 2018.
- Carrillo, Claudia. «Enseñanza para el desarrollo del pensamiento científico desde la escuela». En *Desarrollo del pensamiento científico: proyecto innovación en formación científica*, Bogotá: Instituto para la Investigación Educativa y el Desarrollo Pedagógico, IDEP, 2012.
- Cerletti, Alejandro, «La política del maestro ignorante: la lección de Rancière». *Educ. Soc.*, vol. 24, 2003: 299-308.
- Chacón, Nancy; Saborío, Franklin y Nova, Nidya, «El uso de recursos didácticos de la química para estudiantes, en los colegios académicos diurnos de los circuitos 09 y 11, San José, Costa Rica». *Revista Electrónica Educare*, vol. 20, 2016: 29-52.
- Chamizo, José, *Habilidades de pensamiento científico. Los diagramas heurísticos*. Ciudad de México: Universidad Autónoma de México, 2017.
- Chang, Raymond. (2002). *Química*. México D.F.: Mc Graw-Hill
- Colella, Leonardo, «Igualdad y diversidad en la educación. Un abordaje desde el concepto de “emancipación intelectual” de Jacques Ranciere». *Fermentario*, vol. 1, 2014: 1-17.
- Colella, Leonardo, «Ranciere- El maestro ignorante: emancipación vs. Explicación P3». [Vídeo]. <https://youtu.be/wBO86trzi-A>, (21 de diciembre de 2020).
- Echeverry, Alba. «El pensamiento científico en cuanto a la Observación, Indagación e Hipótesis». Tesis de pregrado. Corporación Universitaria Minuto de Dios, 2018

- Etxanis, M. y Santos, T. «Unidad didáctica para el estudio de los gases: combinación de una propuesta constructivista con el uso de las tecnologías de la información y la comunicación». *VII Congreso Enseñanza de las Ciencias*, 2005.
- Figueredo, Giovanni. y Sepúlveda, Luz. «Habilidades de pensamiento científico de los estudiantes de grado sexto de las instituciones San Antonio de Ráquira y Técnica Agrícola de Paipa del Departamento de Boyacá». Tesis de maestría. Universidad Santo Tomás, 2018.
- Galiano, José. «Estrategias de enseñanza de la química en la formación inicial del profesorado». Tesis doctoral. Universidad Nacional de Educación a Distancia, 2014.
- Golombek, Diego. *Aprender y enseñar ciencias: del laboratorio al aula y viceversa*. Madrid: Santillana:2008.
- Hernández, Javiera. «Propuesta metodológica basada en la indagación científica para el desarrollo de habilidades de pensamiento científico en alumnos de 2º año medio, en la asignatura de Biología en la Unidad dinámica de poblaciones y comunidades en un establecimiento de la ciudad de Los Ángeles». Tesis de pregrado. Universidad de Concepción, 2017.
- Ranciere, Jacques, *El maestro ignorante*. Laertes: Barcelona, 2003.
- Ricoy Lorenzo, Carmen, «Contribución sobre los paradigmas de investigación». *Educação*, vol. 31, 2006: 11-22.
- Sánchez Flores, Fabio, «Fundamentos epistémicos de la investigación cualitativa y cuantitativa: consensos y disensos». *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, vol 13, 2019: 102-122.
- Sandoval, M., Mandolesi, M. y Cura, R. (2013). «Estrategias didácticas para la enseñanza de la química en la educación superior». *Educación y Educadores*, 16 (1), 126-138.
- Tarapuez, Edison. «Propuesta didáctica para la enseñanza de los fundamentos teóricos de los gases (ecuación de estado de los gases ideales, ley de Boyle, ley de Charles y Gay-Lussac) a través del

(ABP) aprendizaje basado en problemas con estudiantes de la I.E. Javiera Londoño, Medellín- Antioquia». Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia, 2020.

Triana, Mauricio. «Propuesta experimental aplicada al aula para la enseñanza del tema de gases». Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia, 2012.

Zimmerman, Corinne, «The development of scientific thinking skills in elementary and middle school». *Developmental Review*

CAPÍTULO 4.

OXÍGENO, OXIDACIÓN, COMBUSTIÓN: UNA TRIADA COMPLEJA

Quira Alejandra Sanabria Rojas¹
Rubinsten Hernández Barbosa²

Introducción

Las palabras expresan el pensamiento, y ello es fundamental para la enseñanza de la química, ya que el lenguaje es el principal medio de consolidación y divulgación de un sistema teórico^{3,4}. En el caso de la química, este se ha ido configurando en el tiempo, el cual supera la vida de las personas. Son constructos producto de las interpretaciones que hacen los especialistas y que van enriqueciéndose a medida que se constituyen los argumentos que permiten explicar un problema, situación o fenómeno de interés⁵. Por lo anterior, hablar en el aula de química es reinterpretar el mundo de las ideas desde los sistemas teóricos que le caracterizan, es una manera de observar el mundo en distintos niveles (macro, meso, micro). En este caso, el fenómeno de análisis

-
- 1 Doctora en Educación, Magíster en Docencia de la Química, Especialista en Docencia Universitaria, Licenciada en Química, Integrante del Grupo de Investigación MICRAM. Docente del programa de Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Correo electrónico: quira.sanabria@uptc.edu.co
 - 2 Doctor en Educación, Magíster en Didáctica de las Ciencias, Magíster en Biología, Especialista en Lenguaje y Pedagogía de Proyectos, Licenciado en Biología y Química, Integrante del Grupo de Investigación MICRAM. Docente del programa de Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Correo electrónico: rubinsten.hernandez@uptc.edu.co
 - 3 W. Brock, Historia de la Química. Alianza Editorial, 1992.
 - 4 A. Dieguez Lucena, «Los compromisos del realismo científico, *Contrastes*, 1998: <http://dx.doi.org/10.24310/Contrastescontrastes.v0i0.1539>
 - 5 Agustín Aduríz Bravo, A. *Una introducción a la Naturaleza de las ciencias: la epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica, 2005.

es la combustión, el cual condujo a la construcción de una manera de interpretar el cambio de los materiales desde la teoría de la oxidación³, cuya explicación poco tiene que ver con el término «oxígeno», planteado para la denominación de un elemento constitutivo del aire. En parte se vincula con el concepto de «óxido», fenómeno que históricamente es importante en el estudio y explicación de la calcinación de metales.

En la enseñanza de la química la interpretación del discurso de los estudiantes es relevante, ya que, a través de este, se puede identificar la manera como usan los términos a la hora de construir argumentos científicos para explicar fenómenos. El problema y su delimitación es el centro de desarrollo del conocimiento científico, puesto que este da cuenta de la profundidad y el sentido de uso de los sistemas conceptuales que se han construido y que, en este caso, son de origen empírico y teórico. Y como ya se dijo, asociados a la combustión, ya sea de materiales orgánicos como la parafina de una vela o el gas de un encendedor. Experimentos tradicionalmente usados por el profesorado para exponer transformaciones químicas en presencia del elemento Oxígeno.

La importancia del estudio de las dinámicas de enseñanza de la química, como eje fundamental de la didáctica específica, se centran en el valor que se otorga a los conceptos estructuradores del sistema teórico^{6, 7, 2, 8}, toda vez que por su valor explicativo y predictivo han de ser comprendidos, reproducidos y aplicados con eficiencia en la solución de problemas propios del campo disciplinar.

Los conceptos de interés hacen parte de la circulación del saber químico producto de los siglos XVIII, XIX y XX, los cuales agrupan distintos tipos de representación científica —icónica, lingüística, simbólica⁹— que se mueve desde el nivel macroscópico al nivel molar-molecular. Esta

6 Agustín Aduríz Bravo, «Algunas características clave de los modelos científicos relevantes para la educación química», *Educación Química*, 23, 2012: 248-256. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0187893X2012000600002&lng=es&nrm=iso

7 José Antonio Chamizo, «Filosofía de la química: sobre el método y los modelos», *Educación Química*, 2009: 6-11.

8 E. Nagel (2006). «Modelos de explicación científica», en *La estructura de la ciencia. Problemas de la lógica de la investigación científica*, Barcelona: Paidós, 2006, 35-50.

9 Quira Sanabria, Royman Pérez y Rómulo Gallego, «Modelos sobre las Disoluciones Electrolíticas en la Formación Inicial de Profesores». *Formación Universitaria*, 2009: 41-52.

representación tiene distintos orígenes, como las explicaciones empíricas y estructuralistas basadas en los experimentos y la observación directa, mediada o no por el uso de instrumentos^{10, 6, 11}. Los sistemas teóricos que explican la combustión se basan en el modelo mecanicista del mundo, los cuales se encuentran frecuentemente en las explicaciones elaboradas por los estudiantes, por su fácil recuerdo, que pueden complejizarse en la elaboración de argumentos más robustos sostenidos en representaciones ubicadas en el último nivel —eléctrico—, para su explicación. Este nivel de explicación se caracteriza por la modelación matemática como principal medio para establecer las relaciones entre las dimensiones que conforman el fenómeno¹¹. En este nivel es donde con frecuencia hay mayor dificultad en la comprensión del fenómeno de estudio por parte de los estudiantes y en la explicación de este por parte del profesorado.

A continuación, se replica la observación de una vela (figuras 4.1) que sobre el fenómeno de la combustión usó Crookes en la edición del libro de Faraday₁₂, *La historia química de una vela*, y en donde las imágenes cobran relevancia a la hora de describir los fenómenos observables, los cuales coinciden con el primer nivel de representación e interpretación macroscópica del mismo (figuras 4.2).

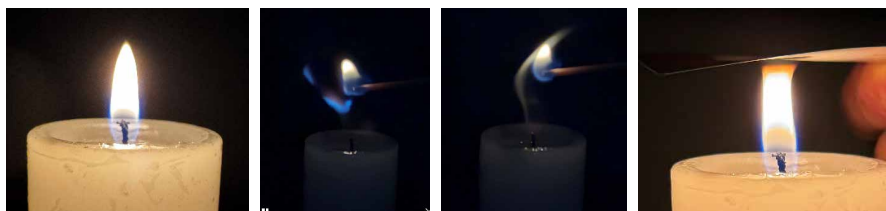


Figura 4.1. Representación de la combustión de una vela.

Fuente: elaboración propia.

10 A. Chalmers, *¿Qué es esa cosa llamada ciencia? una valoración de la naturaleza y el estatuto de la ciencia y sus métodos* (5 ed.). Colombia: SigloXXI Editores, 1987.

11 P. Nelson, «Teaching Chemistry Progressively: from substances, to atoms, and molecules, to electrons and nuclei». *Chemistry education: research and practice in Europe*, 3(2),2002: 215-228.

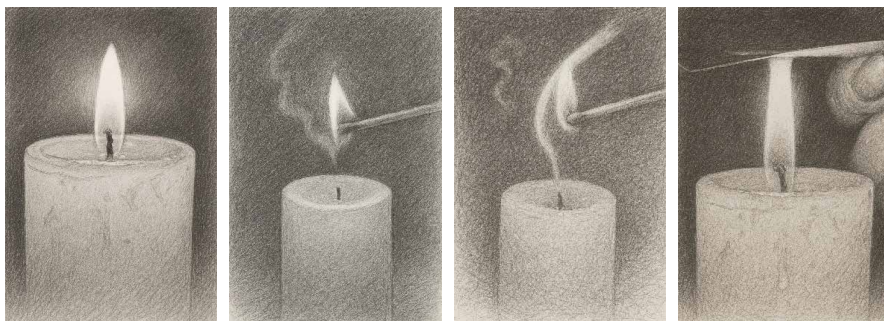


Figura 4.2. Representación macroscópica de la combustión de una vela.

Fuente: dibujos generados con OpenAI(2025) a partir de la figura 4.1

En este texto primero se aborda una reconstrucción historiográfica diacrónica de los conceptos en juego; la oxidación, los óxidos y el oxígeno asociada a la combustión como fenómeno y fuente de experimentos cruciales^{12,13} sostenido en las tres categorías de representación propuestas por Peter Nelson¹¹, y el uso de fuentes primarias y secundarias de valor histórico y teórico, en clave de la naturaleza de la ciencia como línea de investigación en filosofía e historia de las ciencias, desde la que se interpretan las categorías epistémicas que se operativizan en la construcción de los argumentos en ciencias naturales^{6,14}. Luego, un análisis de los productos seleccionados para este estudio sobre las formas y modos de uso del lenguaje. Y por último estarán las conclusiones y reflexiones de este ejercicio.

El trabajo tuvo como objetivo analizar la construcción de los argumentos que elaboran los estudiantes a la hora de explicar fenómenos de combustión, y a través de este discurso se rastrea el uso de los sistemas teóricos de interés.

12 I Lakatos y D. Ribes, (1975). «El papel de los experimentos cruciales en ciencia», *Teorema: Revista internacional de filosofía*, 5(3/4), 1975: 383-406. <https://www.jstor.org/stable/43045874>

13 Sugiere que hay experimentos con los que se aprende más, son experiencias que han sido registradas, adoptan un carácter normativo que tienen un enfoque puramente empírico al que se le puede escapar el núcleo del problema.

14 Rafael Amador Rodríguez y Agustín Aduríz, «Afirmaciones epistemológicas con “alta carga teórica” que pueden tener incidencia en la didáctica de las ciencias: un estudio comparativo». *Ciênc. Educasao*, 20(2), 2014: 433-447.

Un Marco de Interpretación

La naturaleza del conocimiento científico ha sido caracterizada de acuerdo con los estudios sobre cómo se ha construido el saber disciplinar, en el entendido que el saber epistemológico sobre las corrientes filosóficas del pensamiento, como la racionalista y empirista, han orientado los destinos de las comunidades y se caracterizó como estructuralismo. Toda vez que favoreció la consolidación de rutas metodológicas de trabajo expresadas en métodos, que por su origen se denominaron científicos, como herencia proveniente del Círculo de Viena, con exponentes de la metodología adoptada por Popper, Lakatos, Khun^{6,4,15}. Esta trayectoria investigativa ubica a la actividad científica como su centro, que va más allá de lo meramente instrumental, experimental o teórico. A cambio entreteje los problemas, las preguntas que orientan los estudios con los sistemas teóricos expresados como formas de representación lingüística, icónica o matemática⁹. La existencia a través del tiempo de los sistemas teóricos sugiere explicaciones válidas y aceptadas por las comunidades, es decir, se trata de elementos que se articulan complementariamente entre sí¹⁶, unos de origen epistémico, como los procesos y los productos aceptados por las comunidades, y otros de origen cultural, provenientes de la trayectoria académica de los especialistas y de su propia experiencia de vida, las cuales se imbrican para construir significados¹⁷.

Estos significados, desde la tradición didáctica para la enseñanza de las ciencias naturales, aboga por la importancia de los conceptos estructurantes, que están contruidos desde los conceptos fundantes y los experimentos cruciales con base en los que se han elaborado los libros de texto usados en la enseñanza^{18,19} y les sirven a los estudiantes para

15 Álvaro Márquez Fernández, «De espaldas a las ciencias: incertidumbres filosóficas». *Revista de Filosofía* (77), 2014: 7-18.

16 José Antonio Acevedo Díaz, «¿Naturaleza de la ciencia o naturaleza de las ciencias?». *Iberoamérica divulga*, 2018: 1-3.

17 J. Bruner, «Realidad mental y mundos posibles. Los actos de la imaginación que dan sentido a la experiencia», Barcelona, España: Gedisa Editorial, 1996. http://libroesoterico.com/biblioteca/Proyeccion_Astral/Bruner%20Jerome%20-%20Realidad-Mental-y-Mundos-Posibles.pdf

18 Alicia Camilloni et al., *Corrientes Didácticas Contemporáneas*. Buenos Aires: Paidós, 2014.

19 J. Sardá, A. Sanmartí y N Sanmartí, «Enseñar a argumentar científicamente: un reto de la clase de ciencias», *Enseñanza de las Ciencias*, 18(3), 2000: 405-422

familiarizar, interpretar, comprender, explicar y argumentar sobre las preguntas de interés alrededor de los fenómenos de estudio.

La preocupación por la comprensión y uso de los sistemas teóricos es de interés para el profesorado de ciencias desde hace más de cuarenta años. En el caso particular del desarrollo teórico en química, su enseñanza es el centro desde el siglo XIX³ que, junto con los dilemas del lenguaje, de la interpretación experimental, de la validación teórica siguen vigentes. Cada grupo de estudiantes para el profesorado presenta el mismo reto: enseñarles lo mejor posible la disciplina para nutrir las comunidades de especialistas^{20,13}. Las estrategias de trabajo escolar son abundantes, al punto en que se han ido construyendo tejidos diversos entre las posturas de pensamiento cotidiano y el conocimiento científico enseñado.

Los sistemas teóricos plantean que los elementos constitutivos que se enseñan en una disciplina como la química es una red de representaciones lingüísticas, icónicas y simbólicas⁹, cuyos orígenes varían de acuerdo con el interés de las comunidades de especialistas, los acuerdos y desacuerdos entre estas. En definitiva, se trata de los lazos que se cruzan entre teorías rivales o complementarias. La cuestión es que, en química, la mayoría de los sistemas teóricos no son antagónicos entre sí, son complementarios. Todo evento experimental es susceptible de tener por lo menos tres niveles de explicación teórica^{21, 11}. El primero, de carácter macroscópico, del que parte el interés de estudio, es descriptivo y se construye a partir de la experiencia concreta. El segundo nivel es interpretativo, el propósito es la elaboración de explicaciones que permitan comprender el fenómeno de estudio, ya sea para transformarlo o para usar lo que se conoce de él en la interpretación y control de un problema semejante, las representaciones que se usan complementan las expresiones lingüísticas con representaciones matemáticas —que comparan por equivalencia o por relación inversa el comportamiento de variables, transformaciones lineales— entre otras. El tercer nivel, el explicativo, corresponde al micromundo, en el que la existencia de la materia, que lo constituye todo, se comporta según el modelo de descon-

20 T. Khun. *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica, 1993.

21 Boris Fernando Candela y Robinson. «¿Por qué es difícil aprender química en la educación secundaria?». En *Aprendiendo a enseñar química*, Cali: Programa Editorial Universidad del Valle, 2017, 47-57.

tinuidad (todo lo que existe se conforma de partículas). La idea atomista y energetista del universo explica su permanencia o su transformación con respecto al tiempo²². Las representaciones del mundo material que se adoptan aquí para la enseñanza de la química se alinean con la propuesta de Peter Nelson¹¹, considerando una ruta complementaria de los niveles macroscópico (1), nivel atómico-molecular (2) y finalmente, el nivel electrónico-nuclear (3) y no de urgencia por alcanzar el último nivel de representación. Precisamente para robustecer la comprensión de los fenómenos al usar la teoría conocida y admitida como válida en la interpretación de fenómenos químicos.

El abordaje histórico de los tres conceptos —oxidación, óxido y oxígeno— permite ejemplificar cómo se ubican las categorías epistémicas de teoría y representación, en concordancia con los niveles de representación propuestos por Peter Nelson¹¹, lo que se complementó incluyendo experimentos (denominados cruciales) que favorecieron la evidencia para la ratificación de la teoría. La relevancia en la construcción argumentativa en química radica en el sentido y complejidad en que se usen los distintos tipos de representaciones que se han construido a través del tiempo para interpretar un fenómeno^{6,22,8,11}. Un modelo matemático sin anclaje en la realidad observable carece de sentido, un fenómeno sin delimitación para su estudio se convierte en un problema insondable. La observación sistemática comienza en el nivel macroscópico y se complejiza la interpretación en el nivel intermedio, atómico-molecular¹⁰, porque exige compromisos filosóficos, específicamente el referido a la aceptación de existencia de las entidades de la materia: los átomos y las moléculas¹⁶.

La siguiente imagen es un ejemplo del primer nivel de representación y el tránsito hacia el segundo nivel de representación de Peter Nelson¹¹, en donde el discurso cobra importancia para ampliar la descripción empírica del fenómeno y consolidar un argumento dentro del marco de la teoría vigente. En este caso, la teoría de oxidación de Lavoisier.

22 A. Moreno González, «Atomismo versus energetismo. Controversia científica a finales del siglo XIX». *Enseñanza de las ciencias*, 24(3), 2006: 411-428.

1	8	
	Oxygen.	Oxygen, 88.9
Hydrogen.		Hydrogen, . . . 11.1
	9	Water, 100.0

Figura 4.3. Representación de la combustión¹²

I had better, perhaps, tell you now how we get this oxygen abundantly, having shewn you how we can separate it from the water. Oxygen, as you will immediately imagine, exists in the atmosphere; for how should the candle burn to produce water without it? [..]¹²

La energía, como una expresión de esta existencia, condujo a seguir planteando la presencia de partículas subatómicas que se han explicado en el nivel electrónico y nuclear²³. Las comprensiones que se elaboran a este nivel no son más rigurosas por acudir con mayor frecuencia a representaciones matemáticas, son reinterpretaciones del fenómeno de estudio en el que se establecen relaciones entre variables a la luz del comportamiento macroscópico. En este caso, el Oxígeno como elemento es una comprensión de este tipo, así como los óxidos de metales conocidos cuya composición depende del elemento mencionado. Sin embargo, hablar de la oxidación como un fenómeno, que permite la clasificación de sustancias desde su comportamiento químico, requiere no sólo de la observación directa y sistemática sino de hacer uso de otras teorías que permiten justificar su existencia.

A continuación, se replica la explicación de Faraday sobre el «poder del Oxígeno» en la combustión.

[..] you will see that whatever can burn in air, can burn with a far greater intensity in oxygen, leading you to think that perhaps the atmosphere itself owes all its power of combustion to this gas [..]

Thus far we have tested this power of oxygen, and the high combustion it produces by means of other substances. We must now, for a little while longer, look at it as respects the hydrogen. You know, when we allowed the oxygen and the hydrogen derived from the water to mix and burn together, we had a little explosion[...]¹²

En este texto las representaciones matemáticas son escasas, por ejemplo, las ecuaciones químicas también están descritas lingüísticamente.

Aproximación Histórica

La historia de la química es esencial, como las otras historias de las ciencias, por mostrar que el éxito reconocido de esta es el producto de la reflexión de un colectivo de especialistas, alrededor de problemas relevantes asociados a la composición e interacción de las sustancias, explicación necesaria para comprender problemas más complejos, como la conservación de la salud, de aumentar la calidad de vida, la disponibilidad de alimentos, entre otros. Así como plantearse preguntas para enfrentar la oscuridad, comprender la muerte y la vida, la diversidad de formas de los objetos, la permanencia o la modificación de estos.

Desde esta perspectiva, la historia de la química no solo ha de tener presente los hitos conocidos, adicionalmente ha de considerar los problemas que le dieron origen, los acuerdos, desacuerdos y tensiones teóricas. Su importancia radica en el valor que tiene su enseñanza, como elemento reflexivo sobre la explicación ingenua de ser un conocimiento sistematizado con base en su avance permanente en la consolidación de una profesión. Para este capítulo se asume una historia para la comprensión teórica de un producto del que la mayoría de las veces, durante su enseñanza, se desconoce su trayectoria de construcción, a cambio se reconoce, valida y enseña su importancia en la conformación de la teoría²³.

Se plantea a continuación la organización de datos históricos sobre los conceptos de interés, oxígeno, óxido, y oxidación, en concordancia con la explicación de los tres niveles de representación propuestos por Peter Nelson¹¹, los cuales se han complementado incluyendo experimentos asociados, resaltando el nombre de los equipos humanos que

23 H. Kragh, *Introducción a la historia de la ciencia*. Madrid: Crítica, 2007

hicieron contribuciones, y planteando preguntas vinculadas al tipo de explicaciones que ofrecen las teorías asociadas. Es conocido el uso de modelos, analogías y metáforas por parte de expertos e investigadores para comunicar sus teorías y suposiciones, esto indica que es el resultado de comunicar el mundo de las ideas. En este sentido, los conceptos lingüísticos están conectados mayoritariamente a los fenómenos por ser las palabras la base de explicación de las condiciones que delimitan el comportamiento de estudio. Al vincularse entre sí, el tipo de comprensión puede o no usar imágenes, que complejizan la explicación; el sentido semiótico del discurso se hace más evidente²⁴.

En cuanto al valor predictivo de las explicaciones, los datos e información proveniente de los experimentos son la base empírica relevante, la validación de las suposiciones que conducen a representaciones matemáticas aportan la predicción como uno de los elementos más valiosos de las teorías en química, de modo que la matematización de los fenómenos son como las palabras y las imágenes un lazo de conexión entre el fenómeno y la teoría. Basado en lo anterior, en las siguientes tablas (4.1, 4.2, y 4.3) se describe la forma de representación que se fue construyendo a lo largo del tiempo sobre los conceptos antes mencionados y que son fundamentales en el aprendizaje de la química general: elemento, compuesto y reacción, los cuales se visualizan en concordancia con el descubrimiento del elemento Oxígeno, la conformación de los compuestos a los que da origen al reaccionar con metales, en un fenómeno ampliamente estudiado como la combustión y la calcinación, que dieron origen a la primera teoría en química, la oxidación, a partir del estudio de la solubilidad de los óxidos y la clasificación de compuestos denominados álcalis y ácidos.

Esta presentación acoge la teoría de la historia sostenida en una reconstrucción diacrónica²⁴, que permite, en consonancia con los niveles de representación en química adoptados^{22,8,11}, planear y hacer seguimiento de problemas relevantes en la transformación de materiales en un curso de química básica.

²⁴ Andrés Raviolo, «Modelos, analogías y metáforas en la enseñanza de la química», *Educación Química*, 2009, 55-60.

Nivel 1. Macroscópico

Solo el nivel uno se puede observar fácilmente¹¹, por tanto, se puede describir. Agrupa los eventos teóricos y experimentales de los conceptos vinculados en un importante número de fenómenos estudiados en química. Dada la potencia explicativa de este nivel, que permite la afirmación de una ciencia experimental, se convierte en paso obligado en la enseñanza de la química estructural de primeros cursos en secundaria y universidad. La organización de la entidad atómica y molecular se evidencia en las abundantes publicaciones sobre la química desarrollada en Europa.

Al respecto se retoma la explicación publicada por Faraday¹² cuando concluye sus observaciones sobre el fenómeno de la combustión y de la respiración humana.

They are both waiting, but they will start into activity at different degrees of heat, or under different conditions. By applying a heated wire to them, we shall see which will start first [touching the gun-cotton with the hot iron]. You see the gun-cotton has gone off, but not even the hottest part of the wire is now hot enough to fire the gunpowder. How beautifully that shews you the difference in the degree in which bodies act in this way! In the one case the substance will wait any time until the associated bodies are made active by heat; but in the other, as in the process of respiration, it waits no time. In the lungs, as soon as the air enters, it unites with the carbon; even in the lowest temperature which the body can bear short of being frozen, the action begins at once, producing the carbonic acid of respiration: and so, all things go on fitly and properly. Thus, you see the analogy between respiration and combustion is rendered still more beautiful and striking [...]¹²

Tipo de Modelo	Oxígeno-Elemento	Óxido -Compuestos	Oxidación Teoría	Pregunta(S)
Lingüístico	Aire, aire fijo, aire vital ²⁵ , Calórico ²⁶ , se absorbe en los fenómenos de cal-cinación y respiración. Su presencia es indispensable en la formación de ácidos, está en presencia del Azote.	Resultado de la combusti-bilidad de las sustancias, calcinación de metales. Todos los cuerpos adquieren peso por la combustión y la calci-nación (óxido metálico)	La materia (observable) desaparece por acción del fuego -modelo mecánico de la materia ²⁷ . Explicación en el 'Tratado elemental de la química' ²⁸ , Expansibi-lidad de Turgot ²⁹ afinidad de las sustancias para man-tenerse juntas, principio ácido u oxígeno ³⁰ .	¿Por qué ciertas sus-tancias reaccionan/ cambian al entrar en contacto con los ácidos y los álcali? ¿Cómo determinar la pureza del agua? ¿Por qué los animales requieren de aire vital para vivir? ¿Cómo respiran los seres vivos?
	Oxígeno, aire puro, formador de áci-dos, formado por materia del calor	-SXVII- por la volatilidad esencial. Reducción de sustancias metálicas.		
	Organización de los elementos en una serie electroquímica del oxígeno al potasio, los metales electropositivos formaban en combinación con el oxígeno, óxidos (básicos) como lo demostró la electrólisis. La carga residual de electricidad le permitía hidratarse y formar sales complejas ³¹ .	Reducción de la madera (cales y ácido). M+ ₂ O== MO+ X+O- = XO-		

25 J. Priestley, «Considerations on the doctrine of phlogiston and the decomposition of water». *Summary of reasons*, 1775.

26 C. Scheele, (1785) «Mémoires de Chymie», *Tirés de mémoires de l'académie Royale des sciences de Stockholm*, 1785.

27 Inés Pellón González. *Un químico ilustrado Lavoisier*. España: NIVOLA libros y ediciones S.L, 2002.

28 A. L. Lavoisier, *Traité Elementaire de Chimie*, (1789).

29 Francowiak, R., «Sur un air de Chimie dans l'Encyclopédie». *Reserches sur Diderot et sur l' Encyclopedié*, 2009, <https://doi.org/10.4000/rde.4558>

30 C. Bertollet, *Researches into the latex of chemical affinity*. London, 1804. <https://archive.org/details/b30793102/page/18/mode/2up>

Iconico	Descomposición del calórico, cuantificación del calórico Laplace.	Pasar vapor de agua a través de un hierro caliente.	Liebig (1834) introdujo la convención de subíndices conocida. Los símbolos químicos usados por Bergman, representaron los cambios de afinidad en una descomposición doble. Con un esquema de ⁶ esquinas ³ y representación de Faraday ¹²	¿Cómo se produce el calor? ¿El calor es materia o energía?
Simbolico	Los químicos asumieron un sistema arbitrario de pesos elementales, sin comprometerse con los átomos físicos, la explicación del peso relativo corresponde con la adopción de la existencia de los átomos químicos. El cálculo de los pesos atómicos es de origen empírico y no teórico. Duma calcula el peso a partir de las densidades de los vapores, asumiendo que los elementos que se combinan son polivalentes.	Representación lingüística de las reacciones: cal +flogisto →metal calcinado fósforo+ fuego→ácido cales+ agua→ácidos-ecuaciones algebraicas de Lavoisier 1789. Usó balances ponderales y mediciones gravimétricas, introdujo a sus ecuaciones la idea de calor, cantidad de masa y fuerza repulsiva.	Ley de Lavoisier. Posteriormente denominada Ley de conservación de la materia, porque ya se aplicaba desde la antigua Grecia, la difundieron Mariotte, Boyle y Pascal. “[...] Nada se crea en las operaciones del arte ni en las de la naturaleza, y puede establecerse como principio que en toda operación hay una cantidad igual de materia antes y después de la operación. sobre este principio se funda todo el arte de hacer experimentos en química	¿Por qué el ácido de fósforo pesa más que el fósforo antes de la combustión?

Tabla 4.1. Caracterización nivel lingüístico conceptos Oxígeno-Óxido-Oxidación

Nivel 2. Atómico-Molecular

Este nivel tiene que ser inferido a partir de la observación que se hace en el nivel uno¹¹. La explicación sobre la combustión, solo tiene sentido cuando se toma como referente la descripción del fenómeno ampliamente conocido por las personas desde la experiencia empírica-macroscópica. Se admite que la transformación de los materiales se debe a que las sustancias en reacción (preferiblemente de origen orgánico) disminuyen de peso sin razón aparente. A diferencia de la calcinación de metales, donde las sustancias en reacción aumentan de peso sin razón aparente, mediadas por un fenómeno no menos complejo de explicar; el fuego, que puso en entredicho su condición de elemento aristotélico. Las transformaciones de los materiales expuestos en el nivel uno, exigen la explicación de este cambio, que, debido a la trayectoria y adopción del pensamiento cartesiano, solo es posible ser argumentado en una relación de causa-efecto, tal como lo había planteado el trabajo sobre la comprensión mecanicista del universo. En la tabla 4.3 se presentan las explicaciones relacionadas con este nivel.

Tipo de Modelo	Oxígeno-Elemento	Oxido -Compuestos	Oxidación Teoría	Pregunta(S)
Lingüístico	Se asume el principio de oxígeno, como oxígeno sustancia simple, cuya función es ser engendradora de ácido.	«Deberíamos reconocer una mano invisible que maneja la balanza en la formación de compuestos. Un compuesto es una sustancia a la cual la naturaleza le asigna relaciones fijas, [entre las masas] es decir un ser que proviene de la balanza» ³¹ . Las sustancias conformadas por dos elementos tendrán nombre doble (origen nomenclatura tradicional) ³¹ .	Los compuestos de oxígeno inician su nombre con la expresión ácido, los demás álcali (mineral, vegetal y volátil). El ácido muriático junto con la manganesa, genera un gas, que al mezclar con agua genera una disolución con propiedades acidas menores al ácido clorhídrico. La teoría de enlace polar basada en la explicación del fenómeno de tautomería justificó la existencia de los compuestos ácidos y básicos dependiendo de las baja dieléctricas (análisis empírico) y representación estructural molecular, justificó la existencia de enlaces vectoriales (Thompson), añadiendo una flecha a la línea del enlace Na→Cl esto no explicaba de dónde provenían los electrones. Lewis explicará en términos de ganancia y pérdida el rastro de existencia de un electrón ³ .	¿Cómo disminuir la confusión teórica basada en las formas de comunicación de los resultados y reflexiones filosóficas, como experimentales cuando se explica el origen de los compuestos? ¿Toda transformación material es una reacción química y por tanto, produce compuestos?

³¹ P. Gutiérrez Bueno, *Método de la nueva nomenclatura química* de M.M. Morveau, Lavoisier, Bertholet y Fourcroy. Fundación Ciencias de la Salud Monte Carmelo, 1994.

Tipo de Modelo	Óxígeno-Elemento	Oxido -Compuestos	Oxidación Teoría	Pregunta(S)
Icónico	Las sustancias se conforman de partículas que ‘flotan’, se distinguen entre sí por su forma, tamaño y movimiento continuo (materialismo ingenuo). Los corpúsculos pequeños, sólidos e indivisibles	La tendencia de las partículas es mantenerse cerca unas de otras, no lo consiguen porque el fuego los agita perpetuamente (Boerhaave), rozan entre sí como materia sutil (Descartes). La presencia de cuerpos impenetrables de materia	Álcalis, cuerpos sumamente porosos donde penetran las pías de los ácidos originando las sales neutras. Los ácidos tenían pías agudas que ejercen sensación picante sobre la piel (no se conocían los ácidos fuertes). Ver imágenes ²⁸ .	¿Cómo es el mecanismo/comportamiento de las sustancias? ¿Qué las mantiene ‘intactas’ o qué las hace cambiar?
	(materia y movimiento) (Gassendi, Boyle, Aristóteles) un elemento es el componente fundamental de la materia. operan fuerzas de atracción que mantienen unidas a las partículas (Newton).	puede estar compuestos, de materia sólida, no perceptible por los sentidos. (atomismo mecanicista de Lomonosov). Los átomos homogéneos conforman los elementos, los átomos heterogéneos conforman los compuestos (Higgins).		

Tipo de Modelo	Oxígeno-Elemento	Oxido -Compuestos	Oxidación Teoría	Pregunta(S)
Simbólico	Oxígeno (O) azufre (S) hidrógeno (I) nitrógeno (P). Representó mejor que sus antecesores las reacciones químicas (Higgins) usando la norma de 'mayor simplicidad' sus ideas sobre la composición de los óxidos de nitrógeno son precursoras de la ley de proporciones múltiples, usó resultados volumétricos y gravimétricos, sin mostrar cómo lo desarrolló²⁸. Ley de Ritcher.	Modelo de átomo de Dalton 1807. Existencia de 55 sustancias simples. Uso de símbolos para los elementos y escritura de moléculas (Higgins). Ley de Henry: la presión externa no influye en la solubilidad de un sólido o un líquido en una disolución, pero tiene importancia en la solubilidad de los gases, siempre y cuando no reaccionen con el disolvente²⁸. Dalton trabaja a la par en la composición de los óxidos y la solubilidad de sustancias en agua.	Leyes ponderales en química: 1) Ley de conservación de la masa (Lavoisier), 2) Ley de las proporciones recíprocas o de los pesos de combinación (Ritcher) 3) Ley de las proporciones constantes o definidas (Proust) 4) Ley de las proporciones múltiples (Dalton)²⁸. Tompson, Hyde y Wollaston demuestran que los ácidos se combinan con el hidróxido potásico con el hidróxido de estroncio para formar dos tipos de sales, distintas a las sales neutras (sales básicas). Emerge el concepto de síntesis química, que desarrolla la teoría atómica, fundamentado en los átomos, los cuales no cambian durante una reacción. $4HCl + MnO_2 \leftrightarrow MnCl_2 + Cl_2 + H_2O$	¿Cómo determinar que una sustancia simple no se puede descomponer más? ¿Qué determina la transformación de materiales? ¿Cómo es el mecanismo que produce álcalis, ácidos, óxidos? ¿Por qué hay sustancias que se disuelven en el agua, pero no pierden sus propiedades?

Tipo de Modelo	Oxígeno-Elemento	Oxido-Compuestos	Oxidación Teoría	Pregunta(S)
	Relación ponderal, dos elementos A y B se combinan separadamente con una cantidad determinada de un tercero C para formar compuestos diferentes $(A/B)_x(A/C)$ es la misma con la que ellos se combinan entre sí para originar un solo compuesto, o para dar origen a otra serie de combinaciones (Aplicación de la ley de conservación de la masa y la ley de proporciones constantes). Dalton resuelve la composición del agua, suponiendo que es un compuesto binario constituido por oxígeno e hidrógeno⁴⁶.			

Tabla 4.2 Agrupación eventos históricos nivel atómico-molecular para Oxígeno, óxido y oxidación.

Fuente: elaboración propia.

El trabajo recogido en la tabla 4.2 representa los aportes de la segunda mitad del siglo XIX y la primera del siglo XX, sobre la explicación de la transformación de la materia, a partir de fenómenos ampliamente conocidos como la combustión de la madera, la respiración animal y humana, la formación de compuestos en el sector de la farmacia y la metalurgia. Se privilegia un saber causa-efecto, condicionado por los comportamientos del mundo conocido desde la física clásica, el saber empírico con réplica. Estas explicaciones favorecieron la comprensión de fenómenos que no hacían parte de la cotidianidad con buenos resultados, de tal modo que amplió la predicción, se acercaba estas explicaciones a la meta del Círculo de Viena, alcanzar una ciencia unificada, esta perspectiva universal del sistema teórico garantizó el éxito de la Química estructural del siglo XIX ^{32,3,10,4.}

Nivel 3. Electrónico-Nuclear

Como se trata de explicaciones sobre fenómenos conocidos por la comunidad de especialistas, la base de comprensión de este nivel requiere de procesos de inferencia sobre el comportamiento del fenómeno desde el nivel uno¹¹. Esta referencia le da el sentido a las explicaciones que se articulan desde el lenguaje y las representaciones, de modo que las explicaciones teóricas no tienen sentido a menos que se articule con las observaciones directas y sistemáticas del fenómeno. Solo dentro de la delimitación del problema-pregunta-fenómeno a interpretar, toda representación cobra su máxima capacidad explicativa. La teorización es la meta de la actividad científica en tanto que es el núcleo del trabajo de investigación en las ciencias, no es solo el experimento como respuesta de éxito metodológico, instrumental y técnico, es consolidar un dispositivo con alta potencia predictiva, que sea robusto teóricamente a la hora de generar explicaciones a las preguntas que emergen para comprender el comportamiento del mundo.

En este punto, la historia de la química es la construcción sistemática del conocimiento sobre el comportamiento de las sustancias, cada aproximación teórica es valiosa en el contexto que nace, es relevante en tanto que es una explicación de una pregunta, o un grupo de ellas.

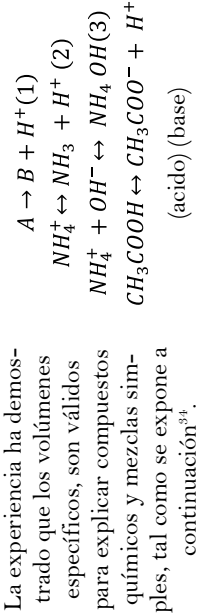
32 M. P. Banchetti Robino, (2017). «Il neoplatonismo Nell' ontologia chimica di Jan Batipsta Van Helmont». En A. Muni, *Platone Nel Pensiero Moderno e Contemporaneo*, Limina Mentis, 2017,1-26.

Enseñar estas explicaciones muestra el valor que mantienen como componente constitutivo de los sistemas teóricos que han hecho exitoso este campo del conocimiento. El aumento de las representaciones de la modelación matemática en el siglo XX, indica el grado de abstracción de las teorías, de cómo las preguntas no han cambiado, más bien han cambiado las explicaciones y, sobre todo, el tipo de problemas que puede resolver, ratificando la capacidad predictiva que tanto atrae del campo de las ciencias experimentales. La tabla 4.3 sintetiza los aspectos teóricos relevantes sobre el nivel 3 de representación de los fenómenos ya mencionados.

Tipo de Modelo	Oxígeno -Elemento	Oxido - Compuestos	Oxidación Teoría	Pregunta(S)
Lingüístico	Para Dalton (Newtoniano) la materia está formada por átomos caracterizados por su masa. Para Gay Lussac (cartesiano) la propiedad de las sustancias (su masa) no es importante excepto el volumen que ocupa. En 1807 se comprueba la ley de las proporciones múltiples, con numerosos óxidos, sales, ácidos (Berzelius). Brodie dirime la confusión usando la relación matemática $x+y = xy$ basada en la teoría de conjuntos vigente 1877.	Se mantienen las expresiones conocidas.	Basada en la teoría de Arrhenius, los ácidos y bases son sustancias que se pueden separar en iones de hidrógeno e hidroxilo en solución. Se defiende la idea de que el compuesto A es un ácido si se descompone parcial o totalmente. Michaelis sugiere que una base es una molécula eléctricamente neutra, que puede unirse a un ion de hidrógeno y cargarse positivamente. Posteriormente se explicó como un ion hidroxilo constituyente de las bases incluso en soluciones no acuosas ³³ .	¿Toda calcinación de metales produce los óxidos respectivos? ¿Por qué se producen óxidos en la combustión de compuestos orgánicos?

33 J. Bronsted, *Some Remarks on the Concept of Acids and Bases*. Recueil des Travaux Chimiques des Pays-Bas Cheamteams, 1923.

Tipo de Modelo	Oxígeno -Elemento	Oxido - Compuestos	Oxidación Teoría	Pregunta(S)
Iconico	Se mantiene la representación conocida de Lavoisier.	Se mantiene la representación de Dalton con los aportes hechos por Berzelius. Es la explicación conocida sobre las moléculas que constituyen compuestos.	La naturaleza eléctrica de la molécula es práctica cuando se requiere clasificar los diferentes equilibrios según la carga. El esquema de la ecuación muestra una simetría que es esencial en la nueva representación, aunque siga expresando un comportamiento recíproco entre ácidos y bases. No hay una medida lógica de la fuerza, la neutralidad es un concepto arbitrario. En principio el agua no es neutral, los equilibrios ácido-base y oxidación-reducción, son análogos.	¿Cómo se produce la transferencia de electrones entre los átomos -moléculas en una reacción?



Simbólico

34 J. Loschmidt, «On the Size of the Air Molecules». *Proceedings of the Academy of Science of Vienna*, 1865

Tipo de Modelo	Oxígeno -Elemento	Oxido - Compuestos			Oxidación Teoría	Pregunta(S)								
Simbólico	La mayoría de los elementos conocidos tienen carácter polar .algunos compuestos requieren tratamiento especial por su condición homopolar, sobre todo compuestos originados del carbono, el arreglo espacial de los electrones permitió resolver la estructura del diamante, fundamentado en los modelos atómicos conocidos (Dalton), la disociación electrolítica de Helmholtz, la separación molecular coincide con el número de valencia que pasa de un componente a otro, se supone el paso de un electrón a otro átomo, la carga positiva sigue en el núcleo (hipótesis de Van Den Broek)³⁵.	<table> <tr> <th>N Content</th> <th>O Content</th> </tr> <tr> <td>Nitric oxide NO2</td> <td>30.45 % 69.55 % d=1.50</td> </tr> <tr> <td>Nitrous oxide N2O</td> <td>65.45 % 34.15 % d=1.30</td> </tr> <tr> <td>Air</td> <td>77 % 23 % d=1.224</td> </tr> </table>			N Content	O Content	Nitric oxide NO2	30.45 % 69.55 % d=1.50	Nitrous oxide N2O	65.45 % 34.15 % d=1.30	Air	77 % 23 % d=1.224	La teoría de Arrhenius explica valores anormalmente grandes de presión osmótica, punto de congelación, entre otros. La teoría de van 't Hoff de las leyes de los gases ideales permite el cálculo cuantitativo de la presión osmótica de soluciones diluidas, porque se justifica con base en el comportamiento termodinámico³⁶.	¿Cómo explicar la formación de bases y ácidos a partir de la oxidación?
		N Content	O Content											
		Nitric oxide NO2	30.45 % 69.55 % d=1.50											
		Nitrous oxide N2O	65.45 % 34.15 % d=1.30											
		Air	77 % 23 % d=1.224											
	Loschmidt on Molecular Size (chemteam.info)													

Tabla 4.3 Agrupación eventos históricos nivel electrónico-nuclear para Oxígeno, óxido y oxidación.

Fuente: elaboración propia.

³⁵ W Kossel, *Molecule Formation as a Question of Atomic Structure*. Annalen der Physik, 1916.
³⁶ P. Debye and E. Hückel, *On the theory of electrolytes. I. freezing point depression and related phenomena*. Physikalische Zeitschrift, 1923.

Los aspectos expuestos en la tabla anterior sirven para identificar las características de los argumentos usados por el estudiantado cuando utilizan las teorías de referencia aprendidas en actividades de formación o por consulta en los libros de texto. En el tema que nos ocupa, es la teoría de la oxidación la protagonista, la cual es ampliamente confundida cuando se enseña con las representaciones sobre los óxidos, y la interpretación del fenómeno como un sistema de disoluciones y las reacciones que allí se presentan.

Metodología

Este es un estudio cualitativo, exploratorio, cuya población de interés son los estudiantes de Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental que han cursado las asignaturas asociadas a la formación en química general. Para ello, se plantearon dos momentos de trabajo: el primero a modo de diagnóstico, el segundo como un momento complementario de la primera parte. Considerando que la población elegida tiene conocimientos suficientes para seleccionar y organizar información para construir explicaciones sólidas con respecto a la pregunta que se plantea, ya sea por la construcción teórica resultado de cursar la carrera o por una consulta sistemática de información en fuentes confiables.

Para este análisis de construcción de argumentos, se tuvo en cuenta el uso de modelos, metáforas y analogías²⁵ por parte de los estudiantes para la elaboración de sus explicaciones en torno a un fenómeno que permite la discusión en los aspectos teóricos referidos: la combustión y la calcinación.

El trabajo desarrollado siguió la ruta metodológica que se representa a continuación.

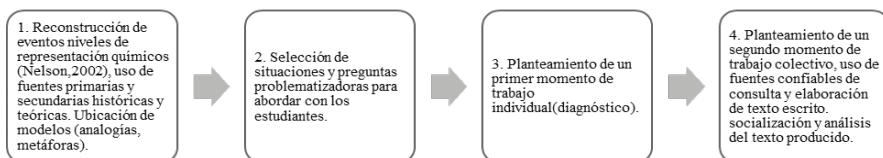


Figura 4.4 Proceso metodológico de construcción de textos explicativos.

Fuente: elaboración propia.

Por lo anterior, plantear el trabajo en el aula desde esta misma lógica, supone al grupo de estudiantes como un análogo de la comunidad de especialistas³⁷, quienes coinciden en las preguntas y marcos de interpretación conocidos, difiriendo al final en la construcción de explicaciones razonables desde la ciencia normal²¹. Los argumentos que construyen los estudiantes se leen a través de la propuesta de clasificación de modelos^{7,23} que se agrupan en la siguiente matriz por aportar descriptores relevantes en el análisis de la información.

MODELO	TIPO
Interpretativo	Simbólico, material, analógico, metafórico.
Descriptivo	Icónico y lingüístico

Tabla 4.4. Categorización de modelos para análisis de información

Fuente: elaboración propia.

La información recogida por medios escritos considera el argumento como la principal expresión de interpretación de fenómenos, los cuales se delimitan a través de afirmaciones y preguntas. Por ejemplo, las usadas en los resultados de este capítulo: explica el fenómeno de combustión de la parafina de una vela. ¿Qué fase/estado debe tener la parafina para que combustione?, ¿a qué se debe que la ecuación que representa una combustión tenga los mismos productos?, ¿cómo se explica que haya combustiones incompletas? Si en una combustión parcial el monóxido de carbono entra en contacto con el agua, ¿este reacciona?, explica la formación de la lluvia ácida.

Se solicitó a los estudiantes usar todo tipo de información que considerara relevante. A continuación, se presentan los resultados de este ejercicio.

³⁷ Para el trabajo desarrollado el número de participantes no es relevante, toda vez que, al emular un grupo de especialistas, este se configura con dos personas o más. Lo que es significativo es mantener una discusión con el otro, quien es un par, con el que se comparte los mismos intereses. El saber es un producto social, y solo existe cuando se divulga y resuelve problemas en común.

Resultados y Discusión

Desde las perspectivas de trabajo de la historia de la química, como un referente disciplinar en la formación docente²³ los documentos disponibles sobre las publicaciones originales dan sentido al trabajo de análisis de la construcción del discurso especializado en las actividades de enseñanza, considerando que el pensamiento que se fortalece, de acuerdo con la trayectoria de origen del saber químico, privilegia fundamentalmente ejercicios de análisis causal, en la medida que las preguntas que posiblemente dirigieron el trabajo de las comunidades de especialistas se fundamentan en la corriente cartesiana, al basarse en comprender los fenómenos observables como la combustión o la calcinación. Una de las situaciones frecuentes en la enseñanza es que se trabajan sistemas teóricos que se convierten en cajas negras, todos saben para qué sirven, no cómo funcionan. A medida que el grupo fue elaborando explicaciones sobre el comportamiento y constitución de la materia, se pasó de una condición de poco interés a una condición de alto grado de participación.

En la tabla 4.5 se presentan las transcripciones de los productos de los estudiantes participantes.

E1	E2	E3
Para que se dé la combustión de una vela necesario que la parafina se encuentre en estado líquido. Para que entre en contacto con el oxígeno y sea calentada, esta libera energía en forma de luz y calor. El oxígeno con el cual entra en contacto se encuentra en el aire. Y se da una combustión completa del tipo $C_nH_{2+n} + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O + E$ En caso de darse una combustión incompleta sería $C_nH_{2+n} + O_2 \rightarrow CO + CO_2 + H_2O + E$	Combustión de una vela $C_nH_{2n+2} + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O + E$ Combustión parcial $C_nH_{2+2n} + O_2 \rightarrow CO + CO_2 + H_2O$ La parafina se compone de tres materiales orgánicos. La lluvia ácida se produce cuando Agua (vapor del ambiente) y dióxido de nitrógeno entran en contacto. $H_2O + NO_2 \rightarrow HNO_3$	El proceso de combustión de una vela que está compuesta de parafina requiere de la presencia de oxígeno del aire para producir la llama, produciéndose dióxido de carbono y agua. En esta reacción de combustión lo que realmente arde es el pabito, la parafina primero se calienta y cambia de sólido a líquido, luego se evapora; ya en forma gaseosa se combina con el oxígeno del aire, experimenta una reacción química. En la que se desprende mucha energía en forma de calor, dando como resultado la llama. $C_nH_{2+n} + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O + E$

Tabla 4.5 Momento 1. Diagnóstico

Como se evidencia en los tres ejemplos seleccionados, los estudiantes acuden al uso de terminología propia de los actos de habla cotidiano, las expresiones de interés emergen en ellos, sin que necesariamente aporten a la comprensión del fenómeno. Si bien la escritura no expone gran complejidad, toda vez que elaboran sus explicaciones sin acudir a ninguna fuente complementaria, solo usan lo que su recuerdo del sistema teórico les proporciona. Esta condición valida lo mencionado por Nelson³⁸ sobre la importancia del recuerdo de lo observado de un fenómeno, lo que impacta a través de los sentidos. Sin una buena construcción de esta representación macroscópica, las elaboraciones teóricas se vuelven más dispendiosas y difíciles de lograr.

A continuación, se exponen tres ejemplos de elaboraciones hechas posteriormente a la consulta sistematizada sobre los fenómenos mencionados desarrollada por los mismos estudiantes de la tabla anterior.

³⁸ P. Nelson, «Teaching Chemistry Progressively: from substances, to atoms, and molecules, to electrons and nuclei». *Chemistry education: research and practice in Europe*, 3(2),2002: 215-228.

E1	E 2	E3
En primer lugar, la vela está compuesta de parafina ($C_{25}H_{52}$) es un hidrógeno saturado, en segundo lugar, la vela cuenta con un pabito de fibras de algodón, estas funcionan como un sistema capilar, donde se hace posible que un líquido ascienda. Es así que cuando se enciende la vela el pabito comienza a quemarse, porque el algodón se oxida con el Oxígeno del aire y produce CO_2 y H_2O siendo una reacción de combustión exotérmica de la siguiente manera: $Algodón + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O + calor(E)$ El calor que genera esta combustión del pabito derrite la parafina, esta al estar en estado líquido asciende por el pabito hasta la punta, donde es la zona de combustión de la llama y allí también se oxida. $C_{25}H_{52} + 36O_2 \rightarrow 25 CO_2 + 26 H_2O + E$	La combustión es el conjunto de procesos físico-químicos en los que un combustible (parafina/C_nH_{2n+2}, donde $n \equiv$ de 18 a 35) se oxiden presencia de un elemento comburente «un comburente es un compuesto o sustancia que provoca o favorece la combustión, el cual se combina con un combustible bajo determinados condiciones de presión y temperatura» (generalmente O_2 atmosférico), desprendiendo luz y calor en forma de llama, junto a otros productos químicos resultantes de la reacción. Ecuación Combustible (CaHb) C_nH_{2n+2} parafina $C_aH_{b+n}O_2 \rightarrow a.CO_2 + b.H_2O + calor$ la oxidación del carbono resulta en la formación de CO_2, conocido gas de efecto invernadero para el que existen límites de emisión a la atmósfera. Dado que, la cantidad de CO_2, emitido aumenta con la concentración del carbono en el combustible.	El proceso de combustión de una vela que está compuesta de parafina requiere de la presencia de oxígeno del aire para producir la llama. Produciéndose dióxido de carbono y agua. En esta reacción de combustión lo que realmente arde es el pabito, la parafina primero se calienta y cambia de sólido a líquido, luego se evapora; ya en forma gaseosa se combina con el oxígeno del aire, experimenta una reacción química. En la que se desprende mucha energía en forma de calor, dando como resultado la llama. $C_nH_{2n+2} + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O + E$ Combustión Incompleta si no hay suficiente suministro de oxígeno, la combustión puede generar monóxido de carbono (CO) y además generar menos energía, y más contaminantes como humo y carbón.

E1	E 2	E3
No es una reacción reversible. Se dice que la llama de la vela se encuentra en estado plasmático. Cuando la reacción tiene poco O_2 o poca E, se pueden formar otros productos como CO y C $C_{25}H_{52} + O_2 \rightarrow CO_2 + C + CO + H_2O$ En este caso, como el carbón no está en fase gaseosa se forman pequeñas partículas microscópicas que es el 'humo' que se observa cuando se apaga la vela. Por otra parte, la lluvia ácida se da cuando en vez de precipitarse el agua en la atmósfera, lo hacen diversos ácidos orgánicos. Producto de la reacción química entre algunos tipos de óxidos gaseosos presentes en ellas y el vapor de agua condensada en las nubes. Por lo general son diluciones en agua de ácido carbónico, ácido nítrico, ácido sulfúrico o ácido sulfuroso.	En términos generales, cuando una vela está encendida hay combustión, un tipo de reacción química en donde el oxígeno del aire (O_2) reacciona con la parafina y produce dióxido de carbono (CO_2) y vapor de agua (H_2O). Cuando no hay oxígeno suficiente en el aire la vela se apaga y no hay más combustión. «La vela encendida consume el oxígeno del aire dentro del vaso hasta que cuando éste se agota, la vela se apaga». En la ecuación química, se observa que la reacción entre la parafina en estado sólido (sus partículas se encuentran agrupadas entre sí) y el oxígeno contenido en el aire (un gas) y agua (gaseoso). De esta manera, en la reacción se consume un gas, el oxígeno que forma parte del aire, producen dióxido de carbono obtenido en toda combustión. En este caso la combustión es completa dado que existe una reacción dónde hay suficiente oxígeno, produce dióxido de carbono y agua. Para ello, al efectuarse desprende calor, es decir, es exotérmica. aunque no todos los combustibles producen luz. Para que ocurra una combustión es necesario un material combustible, un comburente, una llama que inicie la reacción.	La lluvia ácida es causada por una reacción química que comienza cuando compuestos tales como el nitrógeno salen al aire. Estos gases pueden alcanzar niveles muy altos en la atmósfera, en donde se mezclan y reaccionan con agua, oxígeno, y otras sustancias químicas formando más contaminantes ácidos. Los óxidos de azufre (SO_2) Los óxidos de nitrógeno (NO_x) son los principales compuestos precursores de la lluvia ácida, sin embargo, en este fenómeno participan otros compuestos de cloro, amoníaco y compuestos orgánicos volátiles. Estos compuestos son oxidados para convertirse en formas más reactivas con el agua (siendo hidrolizada) produciéndose así ácidos fuertes como el ácido sulfúrico y el ácido nítrico.

E1	E2	E3
	El comburente es la sustancia que permite la combustión, es decir, lo que hace arder una sustancia, por ejemplo, el oxígeno que se combina con el combustible produciendo otro compuesto. El combustible es la sustancia que se quema o arde y aporta la energía. por ejemplo, cuando se quema papel, el combustible es la celulosa de que está hecho. Seguido a esto, una vela podría dar esta explicación puesto que al estar compuesto de carbono e hidrógeno(hidrocarburo), por ejemplo, el octadecano formado por 18 átomos de carbono. La reacción es $\text{alcano} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ $2\text{C}_{18}\text{H}_{38} + 550\text{O}_{2(g)} \rightarrow 36\text{CO}_{2(g)} + 38\text{H}_2\text{O}(g)$ La reacción se produce cuando se logra una combustión completa, la llama depende de la naturaleza del gas combustible y de la proporción combustible-comburente, la llama de un mechero Bunsen con su virola completamente azul y el aire entra constantemente lo que hace que la mezcla sea rica en oxígeno. Hay que recordar que siempre que se quema un hidrocarburo, se desprende dióxido de carbono y agua. por tanto, lo que se quema son los hidrocarburos de la vela, que en general son excelentes combustibles y representan la fuente de energía más utilizada.	

E1	E 2	E3
	Combustión parcial $C_nH_{n(s)} + O_{2(g)} \rightarrow O_{2(g)} + CO_{2(g)} + CO(g)$ Con relación al a combustión parcial, no se liberó agua, puesto que no existe un proceso catalizador, como lo es el calor para acelerar el proceso, por ende, al entrar en contacto la parafina con el oxígeno molecular O_2, se desprende y resulta como producto gases como el monóxido de carbono, el dióxido de carbono y el oxígeno molecular. La lluvia ácida Está sustancia no es estrictamente ácida, sino que son diversas discusiones en agua de ácido carbónico, ácido sulfúrico ácido sulfuroso, ácido nítrico dependiendo de los contaminantes. $SO_2 + OH \rightarrow HOSO_2 + H_2O + SO_3$	

Tabla 4.6 Momento 2. consolidación teórica y trabajo colectivo

Como se nota en los tres ejemplos de la tabla 4.6, el discurso es más cuidadoso, se incluyen más elementos descriptivos y representaciones analógicas y simbólicas que en el primer ejercicio. Sin embargo, no se muestran elementos que indiquen una interpretación desde el nivel tres de representación.

Teniendo en cuenta lo anterior, se logró determinar que en la primera etapa de diagnóstico se establece que el discurso elaborado por los participantes es fundamentalmente descriptivo con una riqueza en el uso de los modelos icónicos y lingüísticos, y con menor grado el uso de modelos analógicos, metafóricos y simbólicos, que sugiere solo el alcance del nivel dos de representación atómico-molecular. La siguiente tabla sintetiza el análisis de la información.

Modelo Estudiante	INTERPRETATIVO	DESCRIPTIVO	FASE
E1	La narración expone la presencia de ecuaciones de primer grado como representación del fenómeno propuesto, lo cual indica que hay comprensiones del nivel 2 atómico-molecular, aunque no haya una construcción relevante que indique el alcance de la comprensión del fenómeno.	La narración que el estudiante elabora usa fundamentalmente representaciones lingüísticas propias del nivel 1, macroscópico y adicionalmente algunas expresiones del nivel 2, atómico-molecular. La interpretación hecha expone la existencia de una materia elaborada por átomos.	DIAGNÓSTICA
	La narración expone la presencia de ecuaciones de primer grado que se complementan con las descripciones lingüísticas robusteciendo la explicación inicial, mejora la presentación del nivel de interpretación atómico-molecular. Se logran identificar representaciones del nivel tres electrónico -nuclear en algunas representaciones lingüísticas.	Se mejora el nivel de narración descriptivo, hay presencia de analogías, muestra representaciones propias del campo de la química provenientes del S.XVII y S.XVIII.	TRABAJO COLECTIVO
	Existe la presencia de representaciones simbólicas sobre la reacción, como un fenómeno de transformación. Aunque no se alcance el nivel de interpretación del fenómeno.	Es débil la descripción, hay más presencia de lenguaje cotidiano que de lenguaje especializado.	DIAGNÓSTICA
E2	El discurso analógico y metafórico se identifica claramente, esta mejora significativamente la interpretación del fenómeno, aunque no se supere el nivel dos de representación atómico-molecular.	La narración se robustece en la descripción lingüística mostrando el alcance de los tres niveles de representación, aunque los modelos simbólicos expongan solo el alcance del nivel atómico-molecular y solo lingüísticamente el nivel electrónico-nuclear.	TRABAJO COLECTIVO

Modelo Estudiante	INTERPRETATIVO	DESCRIPTIVO	FASE
E3	La interpretación del fenómeno es sólida, el uso de analogías es escaso, sin embargo, al combinarse la representación simbólica de las ecuaciones con la descripción del fenómeno se alcanza el nivel macrosópico y atómico-molecular parcialmente.	La narración hace uso de representaciones icónicas y lingüísticas que muestran claramente el alcance y articulación entre el nivel macrosópico y atómico molecular planteado en el fenómeno conocido.	DIAGNÓSTICA
	Hace uso de analogías en la descripción del fenómeno, se alcanza el nivel atómico-molecular en la interpretación del fenómeno.	Se mejora el nivel de narración descriptivo, muestra representaciones propias del campo de la química provenientes del S.XVII y S.XVIII. Aunque discursivamente se evidencian fracturas en el uso del lenguaje cotidiano que hace difícil la lectura.	

Tabla 4.7 Resultados análisis de los documentos escritos por los estudiantes.

Como se identificó en la literatura de referencia, los estudiantes frente a la interpretación de fenómenos que le exijan articular su saber y tomar decisiones, exponen resultados poco elaborados. Una de las razones está relacionada con las estrategias usadas por el docente en el aula, que en la mayoría de las veces se limita a replicar la información de los libros de texto, dejando de lado el abordaje de problemas o preguntas como base de aprendizaje. Otro aspecto tiene que ver con las desconexiones teóricas entre el problema planteado y las fuentes de información usadas para sustentar las ideas y explicaciones, que se eligen como base de la enseñanza. Por el contrario, cuando los estudiantes trabajan mancomunadamente, seleccionan con mayor cuidado las fuentes de información, replantean las ideas iniciales y estas se robustecen porque logran articular mejor los sistemas teóricos reconocidos como propios.

Conclusiones

Este producto expone la importancia que tiene la reconstrucción histórica de los sistemas teóricos considerados relevantes en la enseñanza de la química, en consonancia con los niveles de representación de Nelson¹¹, toda vez que los conceptos estructurantes no emergen solos, o para aplicarse en un tipo de ejercicios, por el contrario, son las mejores explicaciones obtenidas sobre preguntas que se han planteado alrededor de comprender la naturaleza del mundo que nos rodea y de cómo este termina siendo explicado desde el mundo de las ideas.

En el caso de los conceptos de interés: Oxígeno, óxido y oxidación, estos se usan de distinta forma como se nota en las narraciones descriptivas elaboradas por los estudiantes participantes. Si bien ellos no tienen dominio alguno en técnicas de organización de información con fines de investigación documental que sugieran el uso de fuentes documentales para la investigación en historia de la química, usan información proveniente de los libros de texto con los cuales aprendieron, tal como lo expuso Khun²¹, adoptan sistemas teóricos reconocidos por las comunidades para afrontar el tipo de problema teórico y experimental planteado.

Este es parte de la ciencia normal, por lo tanto, las explicaciones se constituyen usando los modelos de representación conocidos, ya sean descriptivos o interpretativos, estos indican el grado de complejidad alcanzado en la interpretación del comportamiento de la materia en

consonancia con los niveles macroscópicos (en este caso la combustión de una vela y la lluvia ácida) y atómico-molecular, expresados en la terminología específica, las analogías, las representaciones simbólicas, que más allá de usar una ecuación, esta cobra sentido al interpretarla a la luz del comportamiento de las sustancias, comprendidas desde el modelo de discontinuidad de la materia. Emergen comprensiones importantes como la existencia de los gases, entre ellos el Oxígeno, el vapor de agua y el dióxido de Carbono, así como a las reacciones en condiciones distintas a la fase sólida, expresando tímidamente que se producen en medios acuosos y gaseosos.

De otra parte, se evidencia que es más enriquecedor el trabajo en un colectivo, sin que por ello no haya un aporte significativo desde la individualidad. La enseñanza de la química exige tener claro cómo se configura el sistema teórico en los tres niveles de representación, de modo que desde esta comprensión se puedan usar las preguntas, dilemas y problemáticas de orden teórico, instrumental e industrial para plantear retos al estudiantado que supere una idea ingenua de utilitarismo del sistema teórico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo Díaz, José Antonio. «¿Naturaleza de la ciencia o naturaleza de las ciencias?». *Iberoamérica divulga*, 2018: 1-3.
- Aduríz Bravo, Agustín. «Algunas características clave de los modelos científicos relevantes para la educación química», *Educación Química*, 23, 2012: 248-256. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0187893X2012000600002&lng=es&nrm=iso
- Aduríz Bravo, Agustín. *Una introducción a la Naturaleza de las ciencias: la epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica, 2005.
- Andrés Raviolo. «Modelos, analogías y metáforas en la enseñanza de la química», *Educación Química*, 2009, 55-60.
- Banchetti Robino M. P, (2017). «Il neoplatonismo Nell' ontología chimica di Jan Batipsta Van Helmont». En A. Muni, *Platone Nel Pensiero Moderno e Contemporaneo*, *Limina Mentis*, 2017,1-26.
- Bertollet, C. *Researches into the laws of chemical affinity*. London, 1804. <https://archive.org/details/b30795102/page/18/mode/2up>
- Brock, W., *Historia de la Química*. Alianza Editorial, 1992.
- Brønsted, J. *Some Remarks on the Concept of Acids and Bases*. *Recueil des Travaux Chimiques des Pays-Bas* Cheamteams, 1923.
- Bruner, J. «Realidad mental y mundos posibles. Los actos de la imaginación que dan sentido a la experiencia», Barcelona, España: Gedisa Editorial, 1996. http://libroesoterico.com/biblioteca/Proyeccion_Astral/Bruner%20Jerome%20-%20Realidad-Mental-y-Mundos-Posibles.pdf

- Bruner, J. «Realidad mental y mundos posibles. Los actos de la imaginación que dan sentido a la experiencia», Barcelona, España: Gedisa Editorial, 1996. http://libroesoterico.com/biblioteca/Proyeccion_Astral/Bruner%20Jerome%20-%20Realidad-Mental-y-Mundos-Posibles.pdf
- Camilloni, Alicia et al., *Corrientes Didácticas Contemporáneas*. Buenos Aires: Paidós, 2014.
- Candela, Boris Fernando y Robinson. «¿Por qué es difícil aprender química en la educación secundaria?». En *Aprendiendo a enseñar química*, Cali: Programa Editorial Universidad del Valle, 2017, 47-57.
- Chalmers, A., *¿Qué es esa cosa llamada ciencia? una valoración de la naturaleza y el estatuto de la ciencia y sus métodos (5 ed.)*. Colombia: SigloXXI Editores, 1987.
- Chamizo, José Antonio, «Filosofía de la química: sobre el método y los modelos», *Educación Química*, 2009: 6-11.
- Debye, P. and Hückel, E. On the theory of electrolytes. I freezing point depression and related phenomena. *Physikalische Zeitschrift*, 1923.
- Dieguez Lucena, A., «Los compromisos del realismo científico», *Contrastes*, 1998 <http://dx.doi.org/10.24310/Contrastescontrastes.v0i0.1539>
- Faraday, Michael, (1908). *The chemical history of candle. A course of lectures delivered before a juvenile audience and the Royal Institution*. London: Chatto & Windus, 1908. https://www.lab.twcu.ac.jp/~ando_k/faradayCandle.pdf
- Franckowiak, R., «Sur un air de Chimie dans l'Encyclopédie». *Reserches sur Diderot et sur l' Encyclopedié*, 2009, <https://doi.org/10.4000/rde.4558>
- González, Inés Pellón. *Un químico ilustrado Lavoisier*. España: NIVOLA libros y ediciones S.L, 2002.

- Gutiérrez Bueno, P. Método de la nueva nomenclatura química de M.M. Morveau, Lavoisier, Bertholet y Fourcroy. Fundación Ciencias de la Salud Monte Carmelo, 1994.
- Khun. T. La estructura de las revoluciones científicas. México: Fondo de Cultura Económica, 1993.
- Kossel, W. Molecule Formation as a Question of Atomic Structure. *Annalen der Physik*, 1916.
- Kragh, H. Introducción a la historia de la ciencia. Madrid: Crítica, 2007
- Lakatos, I y Ribes, D., (1975). «El papel de los experimentos cruciales en ciencia», *Teorema: Revista internacional de filosofía*, 5(3/4), 1975: 383-406. <https://www.jstor.org/stable/43045874>
- Lavoisier, A. L. *Traité Elementaire de Chimie*, (1789).
- Loschmidt, J. «On the Size of the Air Molecules». *Proceedings of the Academy of Science of Vienna*, 1865
- Márquez Fernández, Álvaro, «De espaldas a las ciencias: incertidumbres filosóficas». *Revista de Filosofía* (77), 2014: 7-18.
- Moreno González, A., «Atomismo versus energetismo. Controversia científica a finales del siglo XIX». *Enseñanza de las ciencias*, 24(3), 2006: 411-428.
- Nagel, E. (2006). «Modelos de explicación científica», en *La estructura de la ciencia. Problemas de la lógica de la investigación científica*, Barcelona: Paidós, 2006, 35-50.
- Nelson, P., «Teaching Chemistry Progressively: from substances, to atoms, and molecules, to electrons and nuclei». *Chemistry education: research and practice in Europe*, 3(2), 2002: 215-228.
- Priestley, J., «Considerations on the doctrine of phlogiston and the decomposition of water». *Summary of reasons*, 1775.
- Rodríguez, Rafael Amador y Aduríz, Agustín, «Afirmaciones epistemológicas con “alta carga teórica” que pueden tener incidencia

en la didáctica de las ciencias: un estudio comparativo». *Ciênc. Educasao*, 20(2), 2014: 433-447.

Sanabria, Quira, Pérez, Royman y Gallego, Rómulo, «Modelos sobre las Disoluciones Electrolíticas en la Formación Inicial de Profesores». *Formación Universitaria*, 2009: 41-52.

Sardá J., Sanmartí A. y Sanmartí, N. «Enseñar a argumentar científicamente: un reto de la clase de ciencias», *Enseñanza de las Ciencias*, 18(3), 2000: 405-422

Scheele, C. (1785) «*Memóires de Chymié*», *Tirés de memóires de l'academié Royalé des sciences de Stockholm*, 1785

CAPÍTULO 5.

LAS CURTIEMBRES, UNA CUESTIÓN SOCIO-CIENTÍFICA PARA ABORDAR CONCEPTOS QUÍMICOS

Nidia Milena García Barrero¹
Nidia Yaneth Torres Merchán²
Edgar Eduardo Vargas Aguilar³

Introducción

El curtido es un método ancestral que estabiliza la materia orgánica, inhibiendo sus procesos de descomposición mediante una serie de etapas en las que es necesario adicionar productos químicos tóxicos que tienen consecuencias ambientales significativas, en especial por los grandes volúmenes de agua con desechos orgánicos y químicos, que son vertidos a los cuerpos de agua⁴. Se constituye en un proceso de transformación de pieles de animales en cuero, como resultado de la estabilización de las fibras de colágeno de la piel con agentes curtientes, con el fin de evitar su descomposición. Esta industria llegó al departamento de Cundinamarca en Colombia, aproximadamente en los años 50. En este proceso, se emplean productos químicos como cloruro de

1 Licenciada en Ciencias Naturales y Educación Ambiental, Docente de la institución educativa Puerto Guadalupe, Puerto López- Meta. Correo electrónico: milenagarciabarrero@gmail.com

2 Doctora en Didácticas Específicas Ciencias Experimentales de la Universidad de Valencia España. Docente del programa de Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Correo electrónico: nidia.torres@uptc.edu.co

3 Doctor en Pedagogía y Didáctica (C), Magíster en Docencia de la Química, Licenciado en Ciencias Naturales y Educación Ambiental. Docente del programa de Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Correo electrónico: edgar.vargas01@uptc.edu.co

4 Neila Benítez Campo y Aceneth Perafán Cabrera, «Las curtiembres de El Cerrito (Valle del Cauca): una mirada en torno a su realidad socioeconómica y ambiental». *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 19(2), 2016: 457-466. <https://doi.org/10.31910/rudca.v19.n2.2016.100>

sodio, hidróxido de sodio, hipoclorito de sodio, agentes tenso activos, preparaciones enzimáticas, ácidos orgánicos tamponados, sulfúrico, clorhídrico, láctico, fórmico, bórico y mezclas de sales de amonio y cromo como las mas utilizadas⁵.

Durante el proceso de curtición del cuero, todos estos productos químicos de desecho, son vertidos en las fuentes de agua más cercanas, produciendo una contaminación altamente tóxica. Esto implica que las aguas residuales provenientes de las curtiembres presenten elevadas concentraciones de cromo, en forma de dicromato de potasio $K_2Cr_2O_7$ y sulfato de cromo $Cr_2(SO_4)_3$, que son tóxicos; estos compuestos requieren de alguna forma de tratamiento biológico que permita la eliminación mas segura².

El impacto ha sido evaluado por varios estudios; por ejemplo, un análisis sobre la calidad de agua y la contaminación ocasionada por curtiembres en el río Binlamdoune en Marruecos, concluyó que las concentraciones aproximadas de cromo en el río son de 0.048 mg/M; lo cual rebasa los valores establecidos para condiciones óptimas⁶. Por otro lado, un análisis de agua en el área de Pallavaram al sur de Chennai en la India, demostró que las tenerías utilizan un alto porcentaje de sulfato de amonio, cloruro de sodio, sulfato de sodio, sulfato de cromo lo que provoca alta concentración de iones en aguas subterráneas⁷.

Para el caso colombiano, un estudio realizado en el municipio de Villapinzón, da cuenta de que las concentraciones de oxígeno disuelto, turbiedad, sólidos disueltos y conductividad, se deben a la presencia en la zona de curtiembres que vierten sus productos de desecho a la fuente hídrica sin un tratamiento previo, por lo cual se evidencian

5 Alfonso Quijano, Carol Castillo e Iván Meléndez, «Potencial mutagénico y genotóxico de aguas residuales de la curtiembre tasajero en la ciudad de Cúcuta, norte de Santander, Colombia». *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 18 (1), 2015: 13 - 20

6 A, Essahale, M. Malki, I. Marín and M. Moumni, «Bacterial diversity in Fez tanneries and Morocco's Binlamdoune River, using 16S RNA gene-based fingerprinting». *Journal of Environmental Sciences*, 22 (12), 2009:1944–1953.

7 K. Ramesh, V. Thirumangai, «Impacts of Tanneries on Quality of Groundwater in Pallavaram, Chennai Metropolitan City». *Journal of Engineering Research and Applications*, 4(3), 2014: 63-70.

residuos de cromo⁸. También se ha encontrado que, al tomar el lixiviado sólido proveniente de las curtiembres, presenta diferentes tipos de bacterias, y que estas colonias están relacionadas con la presencia del cromo Hexavalente en el material. Las bacterias encontradas son: *Lactobacillus agilis*, *Penicillium sp.* y *Cladosporium sp.* Con este estudio se corrobora cómo las curtiembres, al realizar grandes descargas de cromo al ecosistema, entra en contacto con la materia orgánica donde sufre un proceso de oxidación a su forma más tóxica⁹.

Es por esto que las curtiembres se asumen como una situación controversial enmarcada dentro de las cuestiones socio científicas CSC, ya que es una industria que representa ingresos significativos, dada la notable demanda de cuero en el país. Sin embargo, por sus prácticas poco tecnificadas, afectan considerablemente los ríos donde vierten contaminantes, a saber: cromo, sulfuros, cloruros de sodio, hidrácidos de sodio, sales de amonio, hipoclorito de sodio, entre otras¹⁰. En el caso de Villapinzón, Cundinamarca, estas empresas, mayoritariamente familiares, trabajan artesanalmente y carecen de asesoramiento especializado en la parte ambiental que permita generar reflexiones sobre el impacto de sus acciones. Este tipo de situaciones pone en evidencia la necesidad de buscar nuevas alternativas para asumir conciencia sobre problemáticas ambientales¹¹.

La poca concientización por parte de todas las personas involucradas en esta industria y los efectos contaminantes que se evidencian no solo para los habitantes de la zona, sino también, para todas las personas que están ubicadas en las riveras del Río Bogotá, quien es el más afectado en estos procesos poco tecnificados[...]⁸

-
- 8 A. Suárez, C. García y M. Vaca, «Identificación y evaluación de la contaminación del agua por curtiembres en el municipio de Villapinzón». *Tecnura*. 16, 2012: 185 - 194.
 - 9 Y. Vásquez, J. Villamil, L. Sánchez y A. Lancheros, «Evaluación de un sistema de medio fijo como soporte para una película microbiana capaz de reducir Cr (VI) de lodos residuales de curtiembres». *NOVA - Publicación Científica en Ciencias Biomédicas*. 12(21), 2014: 57-66
 - 10 J. Díaz y C. Granada, «Efecto de las actividades antrópicas sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas del río Bogotá a lo largo del municipio de Villapinzón, Colombia». *Revista de la Facultad de Medicina*, 66 (1), 2018: 45-52. DOI: <http://dx.doi.org/10.15446/revfacmed.v66n1.59728>
 - 11 S. Martínez y J. Romero, «Revisión del estado actual de la industria de las curtiembres en sus procesos y productos: un análisis de su competitividad». *Rev.Fac.Cienc Econ*, XXVI (1), 2016: 122-123

En este sentido, este estudio busca articular la enseñanza de la química al proceso de las curtiembres, pues es bien sabido que la industria de las curtiembres presenta diferentes problemáticas socio-ambientales debido al vertimiento inadecuado de residuos químicos derivados del procesamiento del cuero, problemática que se ha venido agudizando en los últimos años¹². Esta problemática se constituye en CSC, asumidas como asuntos tecno-científicos controversiales para contextualizar la ciencia dentro del aula¹³, y permite orientar a los estudiantes en la comprensión de conceptos científicos. Se promueve una educación dialógica para la reflexión y argumentación, situación que facilita ver la ciencia como actividad humana que está influenciada por la cultura y la sociedad^{14, 15}.

Desde esta perspectiva, esta investigación buscó analizar el contenido de química inorgánica aprendido por los estudiantes de básica secundaria desde el abordaje de las curtiembres como CSC que permite abordar compuestos químicos tóxicos usados en esta industria, y de los cuales se puede analizar composición, reacción e impactos. Estos temas controversiales permiten que el estudiante pueda aprender conceptos científicos desde una perspectiva diferente, partiendo de problemáticas actuales¹⁶.

Las CSC mas utilizadas se relacionan con el tema de trasplantes trasplantes, proyecto genoma humano, procesos enzimáticos, fertilización in vitro, clonación, entre otros¹⁷. Sin embargo, en menor medida son estudiados la vinculación de temas de química con CSC. En este sentido con el propósito de fundamentar las intervenciones didácticas en la ciencia química se propone, verificar las intersecciones entre las cur-

12 Valenzuela, S, «Sin solución para las curtiembres», Valenzuela, S. (2014, Abril 24). Sin solución para las curtiembres. <https://www.elspectador.com/noticias/bogota/sin-solucion-curtiembres-articulo-488768> (Consultado el 25 de marzo de 2019)

13 L. Parga, F. Martínez. Discurso ético y ambiental sobre cuestiones sociocientíficas: Aportes para la formación del profesorado. Universidad Pedagógica Nacional: 2013

14 Jordi Solbes y Nidia Torres (2012). «Análisis de las competencias de pensamiento crítico desde el aborde de las cuestiones sociocientífica: un estudio en el ámbito universitario», *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*; No 26, 2012. <http://roderic.uv.es/handle/10550/25687>

15 Nidia Torres y Jordi Solbes, «Contribuciones de una intervención didáctica usando cuestiones sociocientíficas para desarrollar el pensamiento crítico». *Enseñanza de las Ciencias*, 34(2), 2016: 43-65.

16 D. Parga y G. Piñeros, «Enseñanza de la química desde contenidos contextualizados». *Educación química*, 29 (1), 2018: 55-64.10.22201/fq.18708404e.2018.1.63683.

tiembres y la enseñanza de la química, lo cual puede generar cuestiones complejas y controvertidas.

En general, la instrucción basada en CSC ha surgido como una forma efectiva para que los estudiantes contextualicen su aprendizaje científico dentro de un contexto social y político inmediato, lo cual las hace más relevante y atractivas para los estudiantes¹⁷.

De acuerdo con lo anterior, se plantea en este estudio la siguiente pregunta: ¿Cuál es el aprendizaje de contenido científico que se adquiere, desde el abordaje de las curtiembres como cuestión socio-científica?

Metodología

Esta investigación tiene como propósito orientar un aprendizaje contextualizado de conceptos químicos desde el uso de las curtiembres como CSC.

Participantes: El estudio se realizó con 13 estudiantes de una institución educativa, en Nobsa, Boyacá, Colombia, matriculados en el grado 10 del contexto educativo colombiano, quienes participaron de manera voluntaria. El desarrollo de la secuencia se efectuó en pandemia del COVID-19 entre agosto y noviembre de 2020. Se garantizó el anonimato de los participantes. Sus edades oscilaban entre 14 y 16 años de edad.

La investigación se dividió en los siguientes momentos:

Diagnóstico

Se realizó un cuestionario diagnóstico con la finalidad de conocer las bases conceptuales que tenían los estudiantes respecto a la problemática generada por las curtiembres, los agentes químicos que usan y sus procesos. Dichas preguntas estaban categorizadas de la siguiente manera: elementos conceptuales, procesos químicos e impactos ambientales.

A continuación, en la tabla 5.1, se presenta la estructura del cuestionario Diagnóstico.

17 N. García y L. Martínez (2014). «Alfabetización científica y tecnológica de jóvenes y adultos desde la discusión de las cuestiones socio-científicas». *Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación. Artículo 1510*, 2014, 1-13.

Nº	Pregunta	Categoría
1	¿Qué elementos químicos se usan en la elaboración de cuero para que no sufra procesos de descomposición?	Elementos conceptuales
2	¿Cuáles son las problemáticas medioambientales que presenta el río Bogotá en la actualidad?	Impactos medioambientales
3	¿Qué tipo de elementos químicos se usan para curtir el cuero?	Elementos conceptuales
4	¿Qué son las sales de cromo, ácidos clorhídrico y sulfúrico y qué efectos negativos tienen sobre la salud humana?	Elementos conceptuales
5	¿Cuáles son las problemáticas ambientales, enfermedades y salud pública que la industria de las curtiembres ha generado en el municipio de Villapinzón?	Impactos medioambientales
6	¿Qué es el cromo y para que se usa en la industria de las curtiembres?	Procesos químicos
7	¿Qué compuestos inorgánicos están involucrados en las curtiembres?	Elementos conceptuales
8	¿De qué manera el tratamiento que se le da al cuero modifica el pH de un ecosistema?	Impactos medioambientales
9	¿Qué conoce acerca de la química del cuero?	Procesos químicos

Tabla 5.1 Cuestionario Diagnóstico

Fuente: elaboración propia.

Diseño de secuencia didáctica y actividades de contextualización de contenidos

Se elaboró una secuencia didáctica con actividades dispuestas a realizar con el grupo muestra de la Institución educativa, y teniendo como núcleo central las curtiembres, articulado con la química inorgánica.

Sesión	Lección	Actividad
1. LAS CURTIEMBRES	1. ¿Cómo funcionan las curtiembres?	1. Conozcamos cómo funciona una curtiembre.
		2. Revisión bibliográfica de las curtiembres y sus implicaciones
		3. Visitemos la zona de estudio
2. QUÍMICA INORGÁNICA Y LAS CURTIEMBRES	2. Una mirada internacional	1. Detrás del lado brillante de la moda DW Documental
		2. Las curtiembres en el mundo
	1. Aprendamos química inorgánica a partir de las curtiembres	1. Leamos acerca del tema
	2. Expongamos nuestras ideas	1. Generemos debate
		2. Biotransformación de pelo residual- alternativa ecológica
3. QUÍMICA, CURTIEMBRES Y SOCIEDAD		3. Reacciones, fórmulas y procesos químicos
	3. ¡Experimentemos!	1. Muestreo de pH en muestras de agua.
	1. Contextualicemos el tema	1. Medios de comunicación VS Difusión independiente
		2. Noticia-Sin solución para las curtiembres
	2. Asumamos el tema	1. Juego de roles

Tabla 5.2 Contenido de la secuencia didáctica

Fuente: elaboración propia.

Desarrollo de Actividades

Se desarrollaron 10 sesiones virtuales por la plataforma de Google Meet para la aplicación de la secuencia didáctica, durante el año 2020. Esta aplicación se realizó en un aproximado de tres meses, contando con una hora y media semanal. Las sesiones fueron desarrolladas por la primera autora.

Resultados y Análisis

Teniendo en cuenta los momentos presentados previamente, a continuación, se da cuenta de los resultados.

Diagnóstico

El propósito del diagnóstico fue establecer los conocimientos previos de los estudiantes acerca de la industria de las curtiembres y los agentes químicos que se usan. En la tabla 3, se presentan las principales respuestas de los estudiantes, quienes expresan no conocer los agentes químicos que se usan para curtir la piel del animal ni sus procesos.

Nº de pregunta	Pregunta	Respuestas indicadas por los estudiantes	Estudiantes
1	¿Qué elementos químicos se usan en la elaboración de cuero para que no sufra procesos de descomposición?	Sales de cromo	N
		Sulfuros	N
		Taninos vegetales	MP
		Cloruro de sodio	N
		No responde	P
2	¿Qué tipo de elementos químicos se usan para curtir el cuero?	Sales de cromo	MP
		Taninos vegetales	MP
		Colorantes	N
		Algunos ácidos como el clorhídrico y el sulfúrico	N
3	¿Qué son las sales de cromo, ácidos clorhídrico y sulfúrico y qué efectos negativos tienen sobre la salud humana?	Compuestos químicos tóxicos	CT
		Químicos industriales	MP
		Elementos de la tabla periódica	N
4	¿Cuáles son las problemáticas ambientales, enfermedades y salud pública que la industria de las curtiembres ha generado en el municipio de Villapinzón?	Contaminación de aguas por vertimiento de aguas residuales	MP
		Enfermedades respiratorias y cutáneas	P
		Enfermedades por bacterias	N
		Pérdida de biodiversidad	N

5	¿Que conoce acerca de la química del cuero?	La transformación de la piel en cuero resistente	MP
		El uso de agentes químicos para reservar la piel	MP
		La desnaturalización de las fibras de colágeno para que estas perduren	MP
		La eliminación de impurezas, pelo y grasa mediante procesos especializados.	MP

Tabla 5.3 Cuestionario diagnóstico-datos. Se presentan las categorías al clasificar cada una de las respuestas de los estudiantes. Convenciones: Ninguno (N): 0, muy pocos (MP): -5, pocos (P): 8, casi todos (CT): +10, todos (T):16

Fuente: elaboración propia.

El planteamiento de estas preguntas describe tres criterios: elementos conceptuales, procesos químicos y problemas medioambientales. Al analizar el primer aspecto con las respuestas dadas por los estudiantes, se evidencia que conocen poco acerca de los compuestos químicos usados para tratar la piel del animal. Algunos por su poca familiaridad y otros porque desde las concepciones químicas no los identifican, varios de estos son usados de forma común, pero el desconocer su composición y nombre químico dificulta su reconocimiento, el cloruro de sodio (NaCl) nos da un ejemplo de esto. En cuanto a los procesos químicos, aunque reconocen haber escuchado de la industria, no saben acerca de los pasos que se deben llevar a cabo para curtir la piel. Por último, al hablar de los temas medioambientales, los estudiantes tienen nociones de la problemática que esta industria ha generado. Se hace notorio que varios de los estudiantes identifican la industria, no por la labor que realizan, sino por los problemas de contaminación que ha generado a lo largo de los años, nociones que fueron aclaradas con la aplicación de la secuencia didáctica.

A continuación, se presentan los resultados de la implementación de la secuencia didáctica; se describe en primer lugar el aprendizaje de conceptos y luego se da cuenta de cada una de las sesiones que consti-

tuyen la secuencia de actividades, tales como: las curtiembres; química inorgánica y las curtiembres; química, curtiembres y sociedad.

Aprendizaje de Contenido Científico

El aprendizaje de conceptos químicos aquí abordados, estuvo mediado por la comprensión que tienen los estudiantes acerca de cómo los agentes químicos, actúan en los procesos que se llevan a cabo para curtir la piel de un animal. De este modo, la identificación de cada compuesto químico no solo se limita a la memorización de características que lo conforman, sino que el estudiante empieza a comprender que estas propiedades tanto físicas y químicas tienen una función dentro del procesamiento del cuero, cumpliendo ciertos requerimientos para que pueda tratar y transformar la piel del animal a la vez que interactúa con la composición de la misma. Partiendo de esto, analizaremos el conocimiento adquirido por los estudiantes a partir del abordaje de las curtiembres en cada una de las sesiones.

Curtiembres y Ambiente

La comprensión que los estudiantes tienen acerca del daño medioambiental está dada por los actuales fenómenos naturales que se han venido presentando. Así, por ejemplo, los estudiantes reconocen que la industria de las curtiembres ha generado varias problemáticas ambientales a lo largo de los años y se ve reflejada por ejemplo en el deterioro del río Bogotá.

En esta tabla podemos observar los criterios a analizar de cada una de las respuestas dadas por los estudiantes y el número de estudiantes que tiene conocimiento acerca de la CSC.

Actividad	Pregunta	Respuestas indicadas por los estudiantes	Nº Estud.
Conozcamos cómo funciona una curtiembre	1. ¿Qué implicaciones negativas tienen los compuestos químicos para el ambiente y la salud humana?	Alteraciones físico-químicas del agua y ambiente.	4
		Afectaciones negativas a la salud de las personas	5
		Pérdida de especies	4
		Pérdida del recurso hídrico	4
	Total de estudiantes en la sesión 1		9

Leamos acerca del tema	2. ¿Por qué la contaminación de las aguas del rio Bogotá permite la proliferación de bacterias como la Escherichia coli, Enterococcus faecalis, Pseudomona aeruginosa?	Genera procesos de eutrofización donde la materia orgánica sirve de caldo de cultivo para bacterias	3
		Son vertidas a las aguas del rio materia fecal que contiene bacterias	2
		Las alteraciones de pH, beneficia la proliferación de algunas bacterias	0
		Total de estudiantes en la sesión 4	
Leamos acerca del tema	3. ¿A qué se deben las variaciones de oxígeno disuelto (OD) en las diferentes zonas muestreadas? ¿Qué ocasiona si hay mayor o menor concentración de este?	Indicador de vida en un ecosistema acuático	3
		OD fundamental para la vida de especies acuáticas	5
		OD dependiente de las concentraciones de químicos y desechos	2
		Variaciones de OD dependiendo de proliferación de bacterias	0
		Total de estudiantes en la sesión 4	

Tabla 5.4 Aprendizaje De Contenido Científico.

Fuente: elaboración propia

Los estudiantes hacen referencia a compuestos como ácidos sulfúrico y clorhídrico, cromo, sales de amonio, sulfuro de sodio, óxido de calcio, entre otros, son los más usados para el tratamiento del cuero dado que los ácidos permiten el procesos de limpieza y preparación de la piel mientras que las sales inorgánicas ayudan en procesos de deshidratación del cuero y evitan su degradación, siendo estos los más contaminantes para un ecosistema. A partir de ello, se les preguntó a los estudiantes: ¿qué implicaciones negativas tienen estos compuestos químicos para el ambiente y la salud humana? Para analizar las respuestas de los

estudiantes se dividió en dos componentes, el ambiental y la salud de las personas, es decir los trabajadores del cuero.

En el caso de las afectaciones ambientales los estudiantes tienen nociones acerca de cómo estos compuestos químicos alteran de alguna forma el ecosistema, por la contaminación de las fuentes hídricas, ya que los residuos de las curtiembres son desechados en ríos y escorrentías cercanas a las plantas de tratamiento o curtiembres. De igual manera, se sabe que las sales de cromo son altamente contaminantes y pueden ocasionar enfermedades como el cáncer a individuos que se alimenten de fuentes hídricas con presencia de este tipo de compuestos. Los estudiantes reconocen que los agentes químicos son tóxicos tanto para el ambiente como para la salud humana. Identifican que no solo hay afectaciones locales, sino que las implicaciones van más allá de eso, la acumulación y el mal manejo de estos residuos generan problemáticas que de algún modo replican a nivel global.

Si nos enfocamos en los problemas que genera la contaminación de las aguas, los procesos que se llevan allí, y su relación con los procesos biológicos y químicos, a partir del artículo realizado por Díaz y Granada se cuestionó⁷: ¿por qué la contaminación de las aguas del río Bogotá permite la proliferación de bacterias como la *Escherichia coli*, *Enterococcus faecalis*, *Pseudomona aeruginosa*, ¿cuándo son depositados los desechos de las curtiembres? En esta pregunta y como se observa en la T5.4-P7 (Tabla 5.4, pregunta 7), 3 estudiantes comprenden que la materia orgánica de desecho que se vierte al río genera procesos de eutrofización permitiendo la proliferación bacteriana, y 2 comprendieron que, según el artículo, una de las bacterias encontradas y que genera enfermedades en la salud, son provenientes de la materia fecal derivada de las aguas negras del municipio.

En este mismo artículo, se abordó un concepto químico que determina la vida de un ecosistema acuático. Por lo que se preguntó: ¿a qué se deben las variaciones de oxígeno disuelto en las diferentes zonas muestreadas? ¿Qué ocasiona que haya mayor o menor concentración de este? Al respecto, 3 estudiantes dicen que es un indicador de vida dentro de un ecosistema, y dos indican que las concentraciones del mismo dependen de los compuestos químicos que se encuentren en el agua. Un estudiante reconoce que la proliferación de bacterias depende

de las concentraciones de oxígeno disuelto. De ahí que se sigue viendo la necesidad de profundizar en conceptos científicos más amplios, pues la construcción debe ser constante^{18 7}.

Efectos que Tienen las Curtiembres Sobre el ADN

Los daños en la salud humana que puede generar una industria como las curtiembres, están dados en los compuestos químicos mal usados que provocan alteraciones a nivel celular. En este sentido, la divulgación de material científico en el que se ha realizado estos estudios es importante para analizar con los estudiantes cómo un compuesto químico actúa sobre un tejido vivo. Más específicamente dentro de la célula. De ahí que se registraron los siguientes datos.

Nº de actividad	Pregunta	Respuestas indicadas por los estudiantes	Nº Estud.
Revisión bibliográfica de las curtiembres y sus implicaciones	1. La lectura habla del cromo: Cr (III), Cr (VI). ¿Cuál es el daño que causa cada tipo? ¿Por qué ocasiona contaminación y perjuicios diferentes si todos son Cromo?	El cromo hexavalente es altamente toxico	9
		El cromo trivalente genera alteraciones genómicas	5
		Provoca algunas enfermedades y tipos de cáncer	8
		El cromo hexavalente entra al cuerpo y allí se convierte en cromo trivalente	3
		El cromo hexavalente entra a la célula por canales iónicos	0
		El cromo es usado en la industria por ser resistente a la corrosión	4
Revisión bibliográfica de las curtiembres y sus implicaciones	2. ¿Cuál es el mayor daño que genera el cromo en las células?	Una replicación anómala del ADN y por ende a la célula	10
		Replicación de celular anómalas crenado carcinógenos	7
		La célula necesita ciertas cantidades de cromo para sus funciones metabólicas	4

18 7. N. Díaz, y M. Jiménez, «Las controversias sociocientíficas: temáticas e importancia para la educación científica». *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 9(1), 2012: 54–70.

Revisión bibliográfica de las curtiembres y sus implicaciones	3. ¿Por qué el cromo altera la cadena de ADN?	El cromo trivalente genera un desplazamiento de bases nitrogenadas	1
		Al haber un desplazamiento de bases, la secuencia de ADN no será la misma y creará una anomalía en su estructura	5
		La replicación del ADN al no ser la correcta puede inducir a problemas de mutagenicidad.	6
Total de estudiantes en la sesión 2			10

Tabla 5.5 Aprendizaje de contenido científico.

Fuente: elaboración propia.

En esta tabla podemos observar los criterios a analizar de cada una de las respuestas dadas por los estudiantes y el número de estudiantes que tiene conocimiento acerca de esto.

Para conocer los efectos negativos que generan los compuestos químicos que se utilizan en la industria de las cortinas, se abordó una investigación donde se analizaron las consecuencias que esta industria ha tenido sobre la salud humana. A partir de la lectura, los estudiantes abordaron las principales afectaciones y alteraciones genéticas que puede tener el uso de cromo². Partiendo de ello, se pidió a los estudiantes analizar aquellos efectos que causa el cromo en sus diferentes valencias. Y se cuestionó: cuando la lectura habla del Cr (III), Cr (VI), ¿cuál es el daño que causa cada tipo? ¿Por qué ocasiona contaminación y perjuicios diferentes si todos son Cromo? Para analizar este cuestionamiento, y como observamos en la T5.5-P3, varios estudiantes identificaron que el cromo hexavalente Cr(VI) es altamente tóxico, 9 de ellos reconocen que estos dos tipos de cromo tienen algunas diferencias.

Un estudiante identificó que este tipo de elemento generará un daño genético, lo que conlleva a crear algún tipo de enfermedad. Esto debido a sus propiedades y características propias del elemento, resaltando las diferencias que existen entre los dos tipos de cromo. Por lo tanto, el interés es también que los estudiantes efectúen reflexiones sobre afectaciones e implicaciones que tiene este tipo de elemento dentro de las células.

Se demostró la modificación que hacen a la cadena de ADN, llevando a que se genere una posible mutación. Esta comprensión la hace otro estudiante al indicar que dentro de las células se generan algunas alteraciones estructurales. Comprendiendo que el cromo sufre cierta transformación para poder entrar en la célula, y que, a partir de ello, modifica la secuencia de bases nitrogenadas en la estructura del ADN.

Los estudiantes, a partir de la lectura, reconocen al cromo como un agente tóxico que provoca diversas afectaciones tanto en el ambiente como en el cuerpo humano, ya sea provocando contaminación o algunos tipos de enfermedades. Para ocho de los estudiantes, estos problemas empeoran dependiendo del tiempo de exposición que se tenga a este tipo de agentes.

De este mismo artículo se generaron dos cuestionamientos: ¿cuál es el mayor daño que genera el cromo en las células? y ¿por qué el cromo altera la cadena de ADN? De ahí que se buscó que el estudiante pudiera comprender cómo el cromo actúa sobre la célula y cuáles son sus efectos carcinógenos. Se obtuvo así que, por ejemplo, para un estudiante este tipo de alteraciones pueden generar con el tiempo algún tipo de cáncer, dependiendo la zona corporal expuesta. Acá observamos que se reconoce que la interacción que tiene el cromo con la célula generará una anomalía o una enfermedad más grave, relacionando las anomalías a nivel celular con algunos tipos de cáncer. Otro estudiante apoyó esto, mencionando la forma como actúa el cromo con relación a la secuencia de bases nitrogenadas, reconociendo que la alteración radica en la modificación y cambio de estas —timina, adenina, guanina y citosina—, finalizando con la modificación de la estructura natural del ADN.

En la tabla T5.5-P4 al hacer un balance, podemos ver que 10 estudiantes reconocen que el cromo genera una replicación anómala del ADN, a su vez, 7 de ellos mencionan que esta replicación genera mutagenicidad, por lo que un alto índice de personas expuestas al cromo proveniente de las curtiembres puede presentar diferentes tipos de cáncer. Se hace interesante notar como 5 estudiantes tienen claro que existe una anomalía por alteración en las bases nitrogenadas, aclarando que esta anomalía se da por desplazamiento y no por sustitución. Los estudiantes demuestran aspectos de genética y biología celular a partir de esta interacción que se da en el cuerpo, y partiendo de una concepción química. Respecto a

esto uno de los estudiantes menciona: «según la lectura realizada, para que el cromo entre a la célula, este debe atravesar unos canales iónicos los cuales permiten que la entrada sea facilitada». De ahí que surgiera la siguiente pregunta: ¿qué es un canal iónico? A lo que un estudiante respondió: «debe ser un canal por el que solo pueda entrar elementos que tengan iones». sin embargo, se evidencia una respuesta general como oportunidad para profundizar acerca de las interacciones iónicas.

Aprendiendo sobre Sustancias Químicas usadas en las Curtiembres

El proceso de curtido hace uso de numerosos compuestos químicos que son necesarios para curtir la piel del animal. De ahí que se pueda orientar a los estudiantes en este conocimiento y relacionarlo con su vida diaria. Los conceptos aquí adquiridos variaron en el número de estudiantes que los comprendieron con satisfacción.

Nº de actividad	Pregunta	Respuestas indicadas por los estudiantes	Nº Estud.
Conozcamos cómo funciona una curtiembre	1. ¿Cuál es el propósito de usar agentes químicos en el cuero de un animal?	Uso de los químicos para modificar características	7
		Uso de los químicos para quitar impurezas	2
		Uso de los químicos para preservar la piel.	6
		Identificación de los elementos más usados	1
		Total de estudiantes en la sesión 1	9
Detrás del lado brillante de la moda DW Documental	2. ¿Cuál es el objetivo de agregar cloruro de sodio (Na+Cl-) a la piel de animal? ¿Qué simbolizan el (+) y el (-) en la formula?	El NaCl retarda procesos de descomposición y seca la piel	7
		Evita la proliferación bacterias en las pieles	7
		El NaCl forma iones por pérdida y ganancia de electrones	5
		El enlace que se forma en el cloruro de sodio es iónico	0

Detrás del lado brillante de la moda DW Documental	3. ¿Cuándo hablaban de colocar la piel en las hormigoneras con ácido sulfúrico con que finalidad lo hacen? ¿Qué caracteriza a ese agente químico?	Elimina restos de suciedad y elimina el pelo de la piel	7
		Presenta propiedades físicas como el mal olor	6
		Es corrosivo e inflamable	7
		El ácido sulfúrico prepara las pieles para ser curtidas más adelante	2
	Total de estudiantes en la sesión 3		11
Medios de comunicación VS Difusión independiente	4. Los ácidos, sulfúrico y clorhídrico son diferentes al fórmico y láctico. ¿En qué se diferencia estos dos grupos de compuestos químicos?	El ácido clorhídrico y sulfúrico son ácidos fuertes	2
		Los ácidos fórmico y láctico son ácidos débiles	2
		El ácido clorhídrico y sulfúrico son altamente tóxicos	3
		Los ácidos fórmico y láctico son compuestos orgánicos. En su estructura tienen carbonos.	6
		El ácido clorhídrico y sulfúrico son compuestos inorgánicos	6
Medios de comunicación VS Difusión independiente	5. En el proceso de pelambre, se hace uso de agentes químicos como: óxido de calcio y sulfuro de sodio. ¿Este tipo de elementos qué características presentan para que puedan cumplir con su función dentro de las curtiembres?	Generan un hinchamiento a las fibras de colágeno	2
		Prepara las pieles para el curtido	3
		El óxido de calcio genera un aflojamiento del pelo de la piel gracias a sus iones OH	2
		El sulfuro de sodio ayuda a eliminar el pelo de la piel	3
	Total de estudiantes en la sesión 6		8

Tabla 5.6 Aprendizaje de contenido científico.

Fuente: elaboración propia

En esta tabla podemos observar los criterios a analizar de cada una de las respuestas dadas por los estudiantes y el número de estudiantes que tiene conocimiento acerca de esto.

Para examinar aquellos aportes conceptuales que tuvieron los participantes se realizaron varios cuestionamientos que dejan en evidencia el acercamiento al contenido científico, por ejemplo, cuando preguntamos cuál es el propósito de usar agentes químicos en el cuero de un animal, el estudiante fue capaz de comprender lo expuesto en el documental —*proceso de curtido, Discovery MAX*— y lo explicado en la sesión de clase, comprendiendo el objetivo y función de estos compuestos. Al analizar las respuestas que dieron los estudiantes podemos contemplar varios aspectos: la terminología que se usa y cómo la entienden. Por ejemplo, hacen referencia a las fibras de colágeno que presenta la piel. También comprenden que, si una piel llega directa del matadero, esta tendrá suciedad e impurezas que tendrán que ser removidas, por lo que creen es necesario aplicar algunos químicos para eliminarlas en algún proceso del curtido. Reconocen que una vez la piel esté sometida a estos procesos, esta va a cambiar en su terminado final, implicando el uso de varios compuestos químicos.

Uno de los compuestos químicos que se ven involucrados en la industria, es el cloruro de sodio. Fue a partir del documental *Detrás del lado brillante de la moda*, que se cuestionó al estudiante en lo siguiente: ¿cuál es el objetivo de agregar cloruro de sodio ($\text{Na}+\text{Cl}-$) a la piel de animal? y ¿qué simbolizan el (+) y el (-) en la fórmula? Con las respuestas dadas por los estudiantes notamos que 7 de ellos reconocen que el NaCl se usa para retardar procesos de descomposición, y los mismos 7 comprenden que este proceso se debe a que evita la proliferación de bacterias. En la T5.6-P5, podemos ver que algunos estudiantes identifican la sal como un retardador para la putrefacción de la piel, el estudiante comprende la función específica que se le da a este elemento, y sus características químicas que vendría siendo el de deshidratar. Por otro lado, la comprensión que tienen acerca de los iones que presenta este compuesto se evidencia, por ejemplo, reconocen la carga positiva como catión y la carga negativa como anión. Del mismo modo, uno de los estudiantes indica que esto es debido a la estructura de cada elemento, comprendiendo y teniendo clara la ley del octeto, existiendo una interacción entre los elementos que lo componen.

Por otro lado, se abordó la diferencia que existe entre los compuestos orgánicos y los inorgánicos. De ahí que, para verificar ello, se cuestionaron las diferencias entre varios ácidos usados para preparar la piel

del animal, siendo los ácidos sulfúrico y clorhídrico los más usados, a diferencia de los ácidos fórmico y láctico. Al respecto se preguntó: ¿En qué se diferencian estos dos grupos de compuestos químicos? De las respuestas dadas por los estudiantes identificamos que comprendieron con claridad que los dos primeros son compuestos inorgánicos, ya que en su estructura no se presentan átomos de carbono, mientras que los otros sí, y que estos a su vez presentan una notoria diferencia en el proceso de curtido.

También se logró entender que dentro de esta industria se usan ácidos inorgánicos, ya que su poder reductor de pH es más elevado, pero tienen implicaciones más graves y tóxicas sobre la salud de las personas. En el desarrollo de la clase, también indicaron que el ácido fórmico es producido de forma natural por algunos insectos y que el ácido láctico es producido y utilizado por el cuerpo humano. De esta comprensión es importante destacar que, aunque no profundizamos mucho en los compuestos orgánicos, sí es importante trabajarlos y poder relacionarlos con otros procesos industriales.

En estos mismos procesos de curtido, se hace uso de elementos que permiten penetrar más fácilmente las sales de cromo, de ahí que agentes tenso- activos cumplen una función específica dentro de la piel. Al respecto, 5 estudiantes dijeron que es necesario hacer uso de agentes tensoactivos para que las soluciones curtientes penetren fácilmente, disminuyendo la tensión superficial, T5.6-P10. Un estudiante complementó su respuesta y dijo que los compuestos tensoactivos están constituidos por una cabeza hidrófoba y unas colas hidrófilas, pero que este tipo de elementos, al entrar en contacto con el recurso hídrico, puede modificar su pH. Esto es relevante pues hace uso de esta analogía para comprender el concepto y construir estructuraciones representativas de la ciencia.

Uno de los compuestos más utilizados en el proceso de curtido es el ácido sulfúrico, pues cumple con la función de aflojar el pelo del animal y efectuar cambios en el pH de la piel, entre otros efectos. Durante la sesión de clase se socializaron los efectos que este conlleva, y cuál es el propósito de usarlo en el tratamiento del cuero, por lo que se preguntó: cuando hablaban de colocar la piel en las hormigoneras con ácido sulfúrico, ¿con qué finalidad lo hacen? ¿Qué caracteriza a ese agente químico? Para 7 estudiantes, este ácido elimina restos de pelo y

suciedad de la piel del animal, agregan que este presenta características fisicoquímicas como el mal olor que lo identifican y lo asemejan al olor a huevo podrido. Con respecto al proceso de curtido, 2 estudiantes saben que el añadir ácido sulfúrico en las hormigoneras prepara la piel para ser curtida con cromo, cambiando las propiedades químicas y físicas de la piel.

Cuando analizamos cómo el estudiante comprendió los procesos principales que se llevan a cabo dentro de las curtiembres, y cómo son utilizados los agentes químicos en cada uno de ellos, notamos que la apropiación de conceptos estuvo dada en la forma como interiorizó la problemática aquí planteada. Lo expuesto durante las sesiones de clase nos muestra que esta investigación logró alcances conceptuales por parte de los estudiantes, pero quedó claro que se necesita seguir trabajando para afianzar la comprensión de otros conceptos químicos. Es importante notar que la apropiación de conceptos alcanzados fue enriquecedora. Evidencia el compromiso por parte de los involucrados en este proceso y que se puede seguir abordando en aras de la integración disciplinar y la construcción social. Los aportes conceptuales lo podemos evidenciar en la siguiente gráfica.

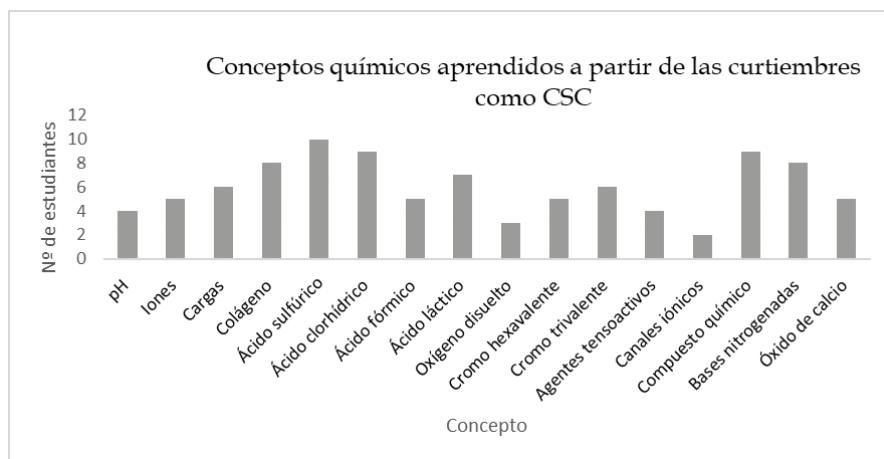


Figura 5.1 Conceptos químicos aprendidos por los estudiantes a partir de las curtiembres como CSC. Representa el número de estudiantes que aprendieron determinado concepto químico abordado dentro de la enseñanza contextualizada. Fuente: elaboración propia.

La gráfica nos muestra aquellos conceptos de la química que fueron comprendidos por los estudiantes, cada uno de estos varía en el número total de estudiantes que lo entendió con mayor claridad. Conceptos como ácido sulfúrico, ácido clorhídrico, compuesto químico y bases nitrogenadas, se comprendieron con mayor facilidad para los estudiantes porque fueron contextualizados desde una problemática social, es decir que los estudiantes están en la capacidad de identificar un ácido, sus características y sus propiedades físicas y químicas; de igual manera diferencian compuestos químicos de elementos y átomos y entienden que los compuestos se constituyen por los anteriormente mencionados.

Por otro lado, en conceptos como pH, canales iónicos y oxígeno disuelto, se observó mayor dificultad en su comprensión porque implica el establecimiento de relaciones de conceptos y se requiere profundidad con prácticas de laboratorio, dado que la teoría de dichos temas es un poco más compleja y los estudiantes entienden cuáles son y cómo funcionan. Sin embargo, se dificulta su comprensión, ya que es un poco más complejo contextualizar el contenido y acercar al estudiante a la comprensión de cómo es el funcionamiento real de estos mecanismos de transporte y transferencia de electrones a través de membranas, como ocurre en el tratamiento del cuero en las curtiembres.

Conclusiones

La prueba diagnóstica evidencia algunos vacíos conceptuales en cuanto a cómo la química se ve implicada dentro de algunos procesos industriales, en este caso el procesamiento del cuero. Aspecto determinante para entender las problemáticas ambientales y sociales que derivan de esto.

Se logró articular el uso de las Cuestiones Sociocientíficas (CSC) al aprendizaje de conceptos químicos desde la industria de las curtiembres. Situación que facilitó la comprensión de conceptos de la química inorgánica como: elemento químico, propiedades físicas y químicas, enlace, sales, iones, cationes, tensión superficial, compuesto químico, pH, ácidos y bases, hidrólisis, entre otros. Conceptos que indican de los efectos producidos por los agentes químicos usados en la industria de las curtiembres.

En segundo lugar, se comprendieron conceptos de biología como colágeno, proteínas, aminoácidos, estructura de la célula. Relacionados

principalmente con los problemas de salud pública generados por la industria.

Y, en tercer lugar, conceptos de genética que se abordaron a partir de la profundización en uno de los elementos más usados para curtir la piel, el cromo. De ahí que se abordaron otros como: estructura del ADN, alteración de bases nitrogenadas, replicación anómala, efectos carcinógenos, células cancerígenas. Por lo que el aporte de estas ideas posibilitó que el estudiante comprendiera cómo actúan en el ambiente y las personas.

Los estudiantes lograron comprender cómo los compuestos químicos usados en la industria de las curtiembres, pueden generar afectaciones en el ambiente como pérdida de especies, contaminación de las fuentes hídricas, proliferación de bacterias, alteración de variables fisicoquímicas de las aguas. Estos aportes fueron importantes en la medida que el estudiante se acercó e identificó cuáles eran las afectaciones si un recurso natural como el hídrico se ve afectado, todo desde una visión científica.

REFERENTES BIBLIOGRÁFICAS

- Benítez Campo, Neila y Perafán Cabrera, Aceneth, «Las curtiembres de El Cerrito (Valle del Cauca): una mirada en torno a su realidad socioeconómica y ambiental». *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 19(2), 2016: 457-466. <https://doi.org/10.31910/rudca.v19.n2.2016.100>
- Díaz J. y Granada C., «Efecto de las actividades antrópicas sobre las características fisicoquímicas y microbiológicas del río Bogotá a lo largo del municipio de Villapinzón, Colombia». *Revista de la Facultad de Medicina*, 66 (1), 2018: 45-52. DOI: <http://dx.doi.org/10.15446/revfacmed.v66n1.59728>
- Díaz, N. y Jiménez, M. «Las controversias sociocientíficas: temáticas e importancia para la educación científica». *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 9(1), 2012: 54-70.
- Essahale A., Malki, M., Marín I. and Moumni, M. «Bacterial diversity in Fez tanneries and Morocco's Binlamdoune River, using 16S RNA gene-based fingerprinting». *Journal of Environmental Sciences*, 22 (12), 2009:1944–1953.
- García, N. y Martínez, L. (2014), «Alfabetización científica y tecnológica de jóvenes y adultos desde la discusión de las cuestiones socio-científicas». *Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación. Artículo 1510*, 2014, 1-13.
- M. Ocelli, L. García y N. Valeiras, «La enseñanza de la biotecnología y sus controversias socio-científicas en la escuela secundaria: un estudio en la ciudad de Córdoba (Argentina)». *Tecné, episteme y didaxis: revista de la Facultad de Ciencia y Tecnología*, (43), 2018: 31-46.

- Martínez S. y Romero J, «Revisión del estado actual de la industria de las curtiembres en sus procesos y productos: un análisis de su competitividad». *Rev.Fac.Cienc Econ*, XXVI (1),2016: 122-123
- Moreno, D., Jandira, B. y Washington L., «La cuestión sociocientífica del Diagnóstico preimplantación genética (DPG) como posibilidad para una comprensión social de la ciencia por parte de futuros profesores». *Tecné Episteme y Didaxis*, 2014.
- Parga, D. y Piñeros G., «Enseñanza de la química desde contenidos contextualizados». *Educación química*, 29 (1), 2018: 55-64.10.22201/fq.18708404e.2018.1.63683.
- Parga, L. y Martínez F., Discurso ético y ambiental sobre cuestiones sociocientíficas: Aportes para la formación del profesorado. Universidad Pedagógica Nacional: 2013
- Quijano Alfonso, Castillo Carol y Meléndez Iván, «Potencial mutagénico y genotóxico de aguas residuales de la curtiembre tasajero en la ciudad de Cúcuta, norte de Santander, Colombia». *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 18 (1), 2015: 13 – 20
- Ramesh, K., Thirumangai, V., «Impacts of Tanneries on Quality of Groundwater in Pallavaram, Chennai Metropolitan City». *Journal of Engineering Research and Applications*, 4(3), 2014: 63-70.
- Solbes, Jordi y Torres, Nidia (2012), «Análisis de las competencias de pensamiento crítico desde el abordaje de las cuestiones sociocientíficas: un estudio en el ámbito universitario», *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*; No. 26, 2012. <http://roderic.uv.es/handle/10550/25687>
- Suárez, A., García, C. y Vaca, M., «Identificación y evaluación de la contaminación del agua por curtiembres en el municipio de Villapinzón». *Tecnura*. 16, 2012: 185 - 194.
- Torres, Nidia y Solbes, Jordi, «Contribuciones de una intervención didáctica usando cuestiones sociocientíficas para desarrollar el pensamiento crítico». *Enseñanza de las Ciencias*, 34(2), 2016: 43-65.

Valenzuela, S., «Sin solución para las curtiembres», Valenzuela, S. (2014, Abril 24). Sin solución para las curtiembres. <https://www.elespectador.com/noticias/bogota/sin-solucion-curtiembres-articulo-488768> (Consultado el 25 de marzo de 2019)

Vásquez, Y. Villamil, J., Sánchez, L. y Lancheros, A. «Evaluación de un sistema de medio fijo como soporte para una película microbiana capaz de reducir Cr (VI) de lodos residuales de curtiembres». *NOVA - Publicación Científica en Ciencias Biomédicas*. 12(21), 2014: 57-66

CAPÍTULO 6.

REFLEXIONES EN EL AULA SOBRE EL USO DE COLORANTES Y ADITIVOS EN LOS EMPAQUETADOS

José Miguel Motivar Fonseca¹

Yaneth Ximena Rojas Sotelo²

Angie Carolina Sosa Mesa³

Nidia Yaneth Torres Merchán⁴

Las formas de comer han evolucionado, alimentarnos saludablemente se ha perdido por la accesibilidad inmediata a los paquetes y a las comidas rápidas; no alcanzamos a reflexionar sobre las implicaciones que tiene este tipo de alimentos en nuestra salud. El comercio se ha encargado de producir, sin informar a la comunidad, sobre los riesgos y consecuencias que trae el consumo de estos productos. Así mismo, se cuestiona la falta de leyes que protejan la salud del ser humano, alejadas de un interés económico.

Los hábitos alimenticios cambian con el transcurrir la historia, y por consiguiente el alimentarnos saludablemente, es un hábito que hoy se ha deteriorado, ya sea por la accesibilidad a los paquetes o a las comi-

1 Licenciado en Ciencias Naturales y Educación Ambiental. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Correo electrónico: jmiguelfo@gmail.com

2 Licenciado en Ciencias Naturales y Educación Ambiental. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Profesional de apoyo proyecto Educación Ambiental y Participación Ciudadana en Corporación Autónoma Regional de Chivor – CORPO-CHIVOR. Correo electrónico: yeya525@hotmail.es

3 Licenciado en Ciencias Naturales y Educación Ambiental. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Docente de Ciencias Naturales en Gimnasio Pedagógico Garabatos (Tunja). Correo electrónico: karito.sosa37@gmail.com

4 Doctora en Didácticas Específicas Ciencias Experimentales de la Universidad de Valencia España. Docente del programa de Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Correo electrónico: nidia.torres@uptc.edu.co

das industriales⁵. Al respecto, varias críticas se han generado sobre la influencia de estos alimentos en la salud de las personas, y esto se ha convertido en una problemática mundial⁵. En la actualidad, los niños presentan obesidad desde muy pequeños y otras enfermedades como anorexia, ansiedad, alteraciones en el equilibrio normal de compuestos en el cuerpo, enfermedades crónicas no transmisibles, que se desarrollan a corto y largo plazo⁶.

Por lo anterior, es determinante la identificación de factores que intervienen de manera directa en nuestra alimentación, por ejemplo, la publicidad y su influencia en conductas y actitudes en los receptores de los anuncios, inciden en las decisiones de la compra de productos, sin que el consumidor sea consciente de la agresividad publicitaria. Este fenómeno es promovido por los medios de comunicación, lo que hace necesario una revisión cuidadosa sobre los colorantes y aditivos químicos de los paquetes, y sus implicaciones en la salud⁷.

Existen debilidades en procesos de toma de decisiones frente al consumo de alimentos empaquetados (galguerías) en adultos, y aún más en niños, por lo que en ocasiones se busca una conexión entre el capricho y placer del niño, sin pensar en las consecuencias. Este aspecto debe ser abordado en el aula, y puede darse desde los cambios relacionados con la alimentación donde se utilizan colorantes y aditivos artificiales como la acrilamida, tartrazina, glutamato de sodio, etc. Esta problemática se encuentra condicionada por la facilidad con la que se accede a estos productos industrializados, la falta de educación para planear una alimentación saludable, el bombardeo de medios de comunicación, etc.

La industria trata de condicionar a las personas, convirtiendo el consumo en un fenómeno que condiciona la manera de existir y estar en el mundo; por lo tanto, el consumo merece ser objeto de educación. La alimentación, está ligada al entorno social y al medio ambiente, es decir, a los correspondientes escenarios alimentarios que han sido contruidos

5 Luis Fernando Vélez y Beatriz Gracia. (2003). «La selección de los alimentos: una práctica compleja», *Colombia Médica*, 34 (2), 2003: 92-96.

6 Francisco Lamus, Clara Jaimes, Castilla Mónica, Juan Gabriel García, «Hacia una escuela saludable: una experiencia de integración de los agentes educativos en torno a la calidad de vida». *Educación y Educadores*, 6, 2003.

7 OMS, Consejo Ejecutivo, «Prevención integrada de las enfermedades no transmisibles», 2003.

y han evolucionado a través de la relación entre los individuos y la sociedad, por esta razón es imprescindible que la intención y acción individual participen en la elección del consumo alimentario, donde los hábitos alimentarios están siendo modulados universalmente por una oferta globalizada, lo que ha empobrecido la dieta¹.

Es necesario educar a los estudiantes en la escuela sobre una alimentación saludable, hecho que permite relacionar problemas del mundo con la ciencia, por tanto, se deben establecer relaciones entre los conocimientos científicos y los procesos cotidianos, para la toma de decisiones informadas, es importante promover una visión real de la ciencia y su relación con la sociedad⁸.

Un estudio sobre el conocimiento, actitudes, creencias y valores en los argumentos sobre un tema socio científico relacionado con los alimentos, afirma la necesidad de construir argumentos basados en el conocimiento⁹. También se ha puesto de manifiesto la necesidad de contextualizar la alimentación humana como parte del conocimiento escolar¹⁰. Así mismo se han identificado altos niveles de desnutrición crónica en un porcentaje alto en la población preescolar y escolar¹¹. Si bien la selección de alimentos es una práctica compleja porque está determinada por aspectos estructurales que establecen la oferta y el acceso a los alimentos⁶. Por ello, se hace necesario reconocer tradiciones culturales y reportes de salud pública para acceder a una alimentación saludable.

En las etiquetas de los empaquetados se encuentran componentes como la acrilamida, tartrazina, sodio, entre otros; estos pueden ser abordados en el aula para generar reflexiones sobre contenido escolar y toma de

8 Jordi Solbes, Nidia Torres, «Análisis de las competencias de pensamiento crítico desde el abordaje de las cuestiones socio científicas: un estudio en el ámbito universitario», *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 26, 2012: 247-269.

9 R.E. España, (2008), «Conocimiento, actitudes, creencias y valores en los argumentos sobre un tema socio-científico relacionado con alimentos». Tesis doctoral. Universidad de Málaga. Málaga.

10 M. Izquierdo, A. Gómez, S. Ramos, N. Bahamonde, P. Diaco, J. Maymi, R. Gutiérrez, M. Espinet, (2013). «Modelización del fenómeno de alimentación humana: de la mirada disciplinar a la multirreferencialidad» en *IX congreso Internacional sobre investigación en Didáctica de las ciencias*. Recuperado de http://congres.manners.es/congres_ciencia/gestio/creacioCD/cd/articulos/art_1009.pdf

11 M.S. Restrepo, «La alimentación y la nutrición escolar». Tesis de magíster. Universidad de Antioquia, 2003.

decisiones responsables. A manera de ejemplo, la tabla 6.1 presenta los principales colorantes y aditivos utilizados en los empaquetados.

COLORANTE-ADITIVOS	CONSECUENCIAS
Tartrazina (o amarillo 6)	Alergias, migrañas, hiperquinesis e insomnio en los niños
Amarillo crepúsculo (o amarillo oca)	Posibles lesiones renales a altas concentraciones.
Carmín de índigo (o indigotina)	Hiperactividad; intolerancia
BHA (Butil- hidroxianisol)	Cáncer en ratas de laboratorio y mutaciones en hámster. Daños al aparato digestivo de cerdos y monos, irritación a la piel, alergias, hiperactividad en humanos
TBHQ (Butil- hidroquinona terciaria)	Probablemente mutagénico y genotóxico
BHT (Hidroxitolusolbutilado)	Tumores cancerosos en ratas de laboratorio. Aumento de colesterol en la sangre, alergias, hemorragias y daños al hígado en altas concentraciones.
Nitrito sódico	Daños a la sangre. Cáncer.
Glutamato monosódico	Lesiones cerebrales en animales de laboratorio. Enfermedades neurológicas en humanos. Posible efecto neurotóxico.

Tabla 6.1. Componentes tóxicos en los empaquetados y sus consecuencias en la salud humana[†]

A pesar de que se describen los usos y consecuencias de los colorantes químicos utilizados en la industria agroalimentaria, difícilmente se han efectuado procesos de impacto que permitan modificar conductas alimenticias en el aula. En este sentido, este capítulo presenta una experiencia de aula que permite evidenciar el desarrollo de una secuencia didáctica donde se estudia el consumo de alimentos empaquetados o los conocidos coloquialmente como galguerías.

Metodología

El estudio se desarrolló en un contexto rural y otro urbano con estudiantes de dos Instituciones Educativas, y se desarrolló en los siguientes momentos: *Aplicación de cuestionarios* sobre alimentos empaquetados a estudiantes y padres de familia, con los resultados obtenidos del diagnóstico se procede al *diseño e implementación* de la secuencia didáctica.

El diagnóstico se desarrolló mediante cuestionarios que indagaban acerca de las consideraciones sobre el tema de *Alimentos empaquetados*, referido a: nutrición, alimentación, consumo de alimentos empaquetados e influencia de los medios de comunicación, aplicados a 69 estudiantes. La edad de los participantes se encuentra entre los 10 y 15 años de edad. Así mismo, participaron 23 padres de familia de la Institución rural y 22 padres de familia de una Institución urbana.

Con base en los resultados obtenidos y la revisión bibliográfica, se diseñó la secuencia didáctica, estructurada por cinco secciones que se subdividen en actividades llamadas misiones, y responden a tres objetivos (ver tabla 6.2).

SECCIÓN	OBJETIVOS		
	CONCEPTUALES	PROCEDIMENTALES	ACTITUDINALES
Primera Sección: Alimentación Ancestral	Constrastar la alimentación ancestral y la actual.	Establecer comparaciones entre alimentos ancestrales y alimentos comerciales.	Fomentar percepciones críticas frente al consumo de empaquetados en estudiantes de sexto y séptimo grado.
Segunda Sección: Colorantes y Aditivos Químicos de los Alimentos Empaquetados	Identificar las percepciones que tienen los estudiantes y confiabilidad de los alimentos naturales y no naturales.	Seleccionar los empaquetados que son consumidos con mayor frecuencia en estudiantes el grado sexto y séptimo.	
Tercera Sección: Educación para el Consumo	Reconocer y discutir las implicaciones de los alimentos empaquetados.	Diseñar actividades didácticas que permitan identificar las distintas percepciones que tienen los estudiantes de educación básica acerca del consumo de galguerías y productos industrializados.	Reflexionar sobre la importancia de la educación para la salud, donde la alimentación sea la medicina de la sociedad.
Cuarta Sección: la Realidad de los Empaquetados, luego de la Experimentación	Identificar los componentes de los empaquetados más consumidos por los estudiantes desde pequeñas experiencias prácticas.	Elaborar cuadros comparativos sobre características observadas en los alimentos empaquetados, según observaciones de las prácticas.	

Quinta Sección: Análisis de las Propagandas Publicitarias	Analizar las implicaciones científicas, éticas y sociales en relación a la comercialización de alimentos empaquetados.	Debatir sobre las concepciones que tienen los diferentes sectores del comercio, publicidad y consumidor sobre los componentes tóxicos y colorantes contenidos dentro de productos empaquetados.	Críticar las políticas alimenticias que existen sobre la producción, distribución y comercio de productos empaquetados.
--	--	---	---

Tabla 6.2 Objetivos planteados para cada una de las secciones que estructuran la secuencia didáctica

Fuente: elaboración propia.

En este capítulo se abordará lo relacionado con los resultados obtenidos en la segunda y cuarta sección del desarrollo de la secuencia didáctica, denominada: *Colorantes y aditivos químicos de los alimentos empaquetados y Conociendo la realidad tras los paquetes, a través de la experimentación*. Los estudiantes debían reconocer los colorantes utilizados en la industria agroalimentaria por medio de una revisión en los ingredientes de los alimentos empaquetados. Se utilizaron experiencias prácticas de laboratorio sencillas que permiten una asociación de causa-efecto, entre los aditivos y colorantes químicos con afectaciones en la salud.

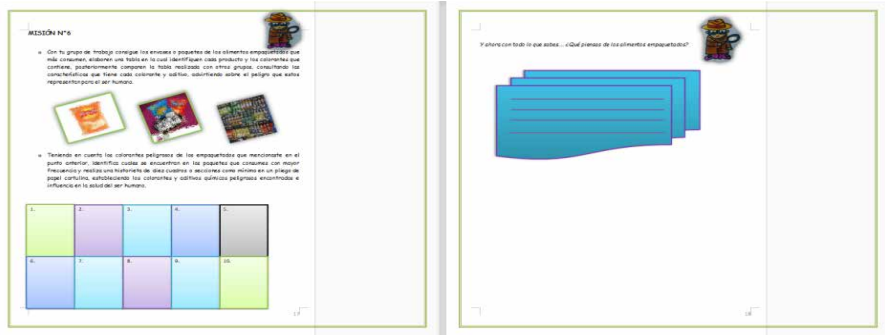


Figura 6.1 Actividades de la sección denominada Colorantes y aditivos químicos de los alimentos empaquetados.

Fuente: elaboración propia.

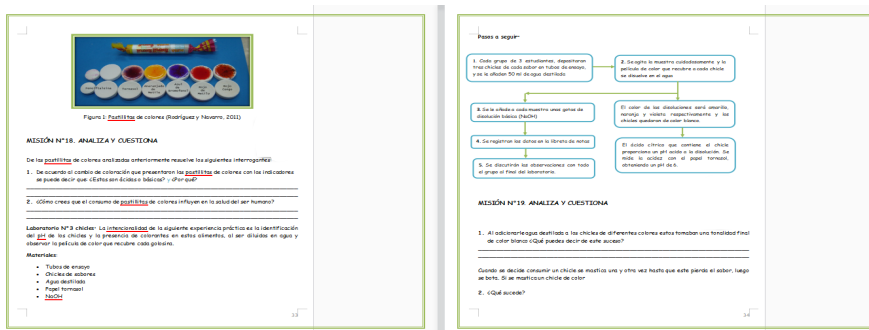


Figura 6.2 Actividades de la sección denominada conociendo la realidad tras los paquetes, a través de la experimentación.

Fuente propia.

Para la implementación de la secuencia didáctica en las dos Instituciones Educativas, se trabajó con grupos de tres integrantes. En la Institución Educativa Urbana las opiniones se identifican como GU, y en la Institución Educativa Rural, como GR. De igual forma los nombres de los participantes en la transcripción de los datos son ficticios respetando el anonimato. Para el tratamiento de los datos, se utilizaron unos criterios de exclusión e inclusión, basados en la asistencia y participación de los estudiantes del 75 % al 100 % de las actividades planeadas, razón por la cual solo se presentan los datos de once grupos, tanto de la Institución Educativa Rural como de la Institución Educativa Urbana.

Resultados y Análisis

Como se mencionó en la metodología, se presentan a continuación los resultados de dos sesiones de la secuencia de actividades:

Colorantes y Aditivos Químicos de los Alimentos Empaquetados

En el abordaje de esta sección, inicialmente se realizó una explicación acerca del uso y consecuencia de estos componentes encontrados en los empaquetados, para que los estudiantes identifiquen colorantes y aditivos químicos como tartrazina, acrilamida, glutamato de sodio, colorantes artificiales, saborizantes artificiales, grasas trans y azúcar refinada, a través de la revisión de los ingredientes de estos alimentos.

La síntesis de la información presentada a los estudiantes, se evidencia en la siguiente tabla:

¿QUÉ ES?	¿PARA QUÉ ES?	¿QUÉ CONSECUENCIAS TIENE EN EL CUERPO?
TARTRAZINA	Color amarillo o color naranja a los productos.	Desarrolla alergias.
ACRILAMIDA	Es un producto que se forma de llevar carbohidratos a altas temperaturas. Ejemplo: cuando se fritan papas.	Desarrolla cáncer en animales y daña el cerebro.
GLUTAMATO DE SODIO	Es un conservante para extraer el sabor.	Jaqueca. Altera los patrones del sueño. Problemas digestivos y respiratorios.
ENDULZANTES ARTIFICIALES	Se utiliza para darle el dulce a los alimentos, pero por menos calorías que el azúcar.	Está asociado a efectos secundarios tales como enfermedades cardíacas.
BHA y BHT	Para reutilizar el aceite.	Causa daño hepático y renal. Afecta el sistema circulatorio.
AZÚCAR REFINADA	Las personas consumen hasta media taza de azúcar al día, y el azúcar es adictivo.	Afecta el sistema inmune.
NITRITO Y NITRATO DE SODIO	Es un potenciador del sabor y da el color rojo a las carnes de las salchichas.	Obesidad, daño en cerebro y vejiga.
GRASAS TRANS	Son simplemente aceites en forma sólida para freír.	Elevan el colesterol.
COLORANTES ARTIFICIALES	Son derivados químicos.	Hiperactividad. Altera el sueño. La memoria. Causa alergias.

Tabla 6.3 Colorantes y aditivos químicos, presentes en los empaquetados

Fuente: elaboración propia.

Una vez revisada la información de los paquetes, se identificó que el primer componente químico que es señalado por los grupos de trabajo es la tartrazina o también llamada amarillo N°5 o N°6, mencionado en un 31 %, dado que este se encuentra en casi todos los alimentos

empaquetados, jugos de botella y dulces. Como ejemplo de lo anterior, se menciona el siguiente comentario:

G6R opina:

«Los empaquetados contienen colorantes como: tartrazina, acrilamida, colorantes artificiales y glutamato de sodio entre otras, de acuerdo a la información los empaquetados son muy peligrosos, debemos comer muchas más frutas y verduras o comidas saludables, debemos fijarnos en los ingredientes que tienen los empaquetados».

En consideración a la explicación realizada sobre los colorantes químicos, se mencionó que la acrilamida es un producto que se forma al exponer carbohidratos a temperaturas elevadas. De acuerdo con este concepto los estudiantes de las dos Instituciones Educativas, la identificaron en un 13 % en productos como galletas con crema y papas fritas. Como señala G13R, en la siguiente reflexión:

«No hay que comer muchos empaquetados, ya que pueden contener acrilamida, colorantes artificiales, azúcar refinada, cafeína, o si se comen escoger las más saludables sin tantos componentes químicos. Hay que comer frutas, verduras y no comer muchos que no consumir empaquetados porque contienen muchos colorantes, es por eso que es mejor traer las frutas de la casa como manzana, mango, plátanos y otras cosas más dulces, y no consumir chicles, ya que dañan nuestros dientes y hacen daño a nuestros cuerpos y da cáncer y gastritis y al colegio hay que traer comidas saludables».

Respecto al glutamato de sodio, los estudiantes señalan que este compuesto es usado para extraer el sabor. Este aditivo fue encontrado en alimentos empaquetados como De todito, papas, Doritos, Tostacos, Cheetos y Trocipollos, consumidos por los estudiantes en los descansos, y es asociado al desarrollo de enfermedades neurológicas en humanos. Así mismo, los estudiantes encuentran saborizantes artificiales en los empaquetados, un ejemplo de estos son el nitrato y el nitrito de sodio, usados en la industria agroalimentaria para colorear las carnes y darles un color rojo más intenso, provocando daños a la sangre y cáncer; seguido de las grasas trans, indicadas en un 9 % solo por los grupos de trabajo de la I.E.R, quienes manifiestan que las grasas aumentan el colesterol y propician el desarrollo de enfermedades.

Los estudiantes logran relacionar la presencia de colorantes y aditivos químicos en los empaquetados, con el desarrollo de enfermedades en el ser humano. Abordar estos temas, permite generar posturas críticas y cuestionar la información alrededor de la alimentación¹². Una vez efectuada la reflexión, los estudiantes dieron opiniones que fueron clasificadas en las siguientes categorías:

1. Presencia de sustancias perjudiciales a la salud: se encuentra relacionado con la cantidad de colorantes y aditivos químicos, presentes en los empaquetados.
2. Causas de enfermedades: respecto a las consecuencias en la salud, a causa del consumo de alimentos empaquetados.
3. Falta de responsabilidad social de las industrias.
4. Los comerciales incitan al consumo: opiniones acerca de la influencia de la publicidad en el comportamiento alimentario.
5. Necesidad de consumir frutas y verduras: comentarios que resaltan la importancia de volver a consumir alimentos saludables.
6. Información fundamentada a la comunidad: opiniones que enfatizan en la necesidad de informar sobre los colorantes y aditivos químicos en los empaquetados.

Los estudiantes coinciden en señalar que los alimentos empaquetados contienen muchos colorantes químicos que hacen daño al organismo, como menciona en las siguientes reflexiones el estudiante G1U:

«No todo lo que consumimos es saludable ya que también los empaquetados tienen ciertos colorantes, las personas de hoy en día ya no consumen demasiada fruta, ahora es solo empaquetados. A la industria ya no le importa la salud, sino el dinero y producción de los paquetes. La mayoría de las personas sufren mucho de salud ya que no tienen esa información necesaria de los empaquetados; ellos como tal producen y ocasionan demasiadas enfermedades, el cáncer es una de ellas. Así que es mejor disminuir el consumo de empaquetados y comidas rápidas».

¹² D. F. Moreno., N. Carvalho W. L. P., Carvalho, y L. F. Martínez, «A abordagem de uma questão sociocientífica na educação de adultos». *CTS e Educação Científica: Desafios Tendências e Resultados de Pesquisas*, 2011: 347- 371

Estos comentarios permiten evidenciar que los grupos realizan asociaciones de causa-efecto entre la alimentación y el consumo de enfermedades, como ya se ha mencionado anteriormente.

A modo general, los estudiantes relacionan los colorantes y aditivos químicos de los alimentos empaquetados que consumen a diario, con el desarrollo de enfermedades en los seres humanos, como lo describe la siguiente figura:

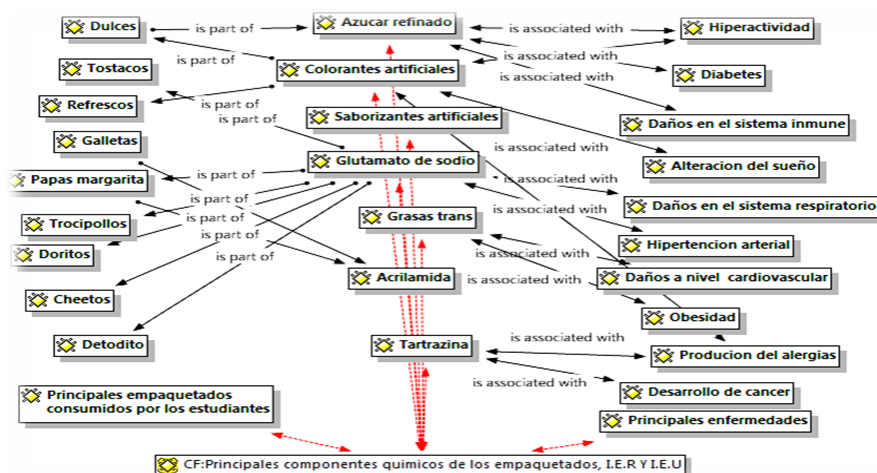


Figura 6.3 Principales componentes químicos de los alimentos empaquetados

Fuente: elaboración propia.



Figura 6.4 Estudiantes efectuando revisión de información de los empaquetados.

Producto de esta actividad los estudiantes identificaron los colorantes y aditivos químicos mencionados en los alimentos empaquetados:

- La acrilamida. Se encuentra en papas margarita y galletas.
- Los colorantes artificiales como la tartrazina y rojo allura N°40. Se presenta en dulces y refrescos.
- Los saborizantes artificiales como el glutamato de sodio. Se encuentran en de todito, cheetos, doritos, trocipollo, papas margarita y galletas.

Todos estos colorantes son asociados por los estudiantes con el desarrollo de enfermedades. En esta misma línea se ha demostrado que el cáncer, la diabetes, la hipertensión, la caries dental, los problemas de las arterias coronarias, derrames cerebrales, están parcialmente determinados por hábitos alimentarios inadecuados¹³.

Como producto de la observación e identificación de los colorantes y aditivos químicos, los estudiantes coinciden en señalar en un 27 %, que los alimentos empaquetados contienen muchos colorantes químicos que hacen daño al organismo, e indican la importancia de consumir más frutas y verduras.

La Realidad Tras los Paquetes, a Través de la Experimentación

En esta sección se desarrollaron varios experimentos para determinar la cantidad de azúcar en las bebidas comerciales, utilizando el reactivo de Fehling e identificación del pH en las pastillas de colores, con el papel tornasol y la fenolftaleína, entre otros indicadores. Esta experiencia se desarrolló con productos que son consumidos por los estudiantes, con el fin de contextualizar el conocimiento científico en los estudiantes de dicha problemática.

En el desarrollo de esta sección se le pidió a cada grupo traer algunos materiales como: Cheetos, gaseosas, jugos Hit, mentas, dulces picantes, etc. A cada grupo se le hizo entrega de los procedimientos de cada uno de los experimentos y las correspondientes preguntas de reflexión planteadas para cada actividad.

13 J. Santibáñez, «Televisión y Consumo de Golosinas. Colectivo Andaluz para la Educación en Medios de Comunicación». *Huelga España*, 18, 2002: 179-186.

El orden de las experiencias se llevó a cabo de la siguiente manera: se realizó en primera instancia el experimento de laboratorio planteado, luego se propuso una pregunta acerca de lo observado, y posteriormente se pidió a los estudiantes relacionar los resultados con lo que sucedería en el cuerpo humano al consumir estos alimentos empaquetados.

Con los experimentos se pudo identificar el pH de estas sustancias con el uso del rojo Congo, rojo de metilo, fenolftaleína, entre otros indicadores. Al respecto, los estudiante señalan que las pastillas son los productos que más causan daño, (por su pH ácido), los chicles, la Coca-Cola y Cheetos, seguido de los dulces picantes. Consideraciones que se presentan con base en lo observado en cada una de las actividades experimentales.

Las pastillas de colores son relacionadas por los estudiantes con la subcategoría «peligrosos» de acuerdo al pH. Al tomar cada una de las pastillas, se les agregaba una gota de indicador y se observaba la tonalidad resultante, identificando de acuerdo al indicador y el viraje el pH.

Algunas opiniones refieren, por ejemplo: «la mayoría de las pastillas son ácidas, y pues como contienen un pH ácido hace que desde pequeños suframos de gastritis», y ocasiona, según G6U, «daño al estómago por sus colorantes y sabores». Lo anterior evidencia que los estudiantes asumen los ácidos como no saludables para el cuerpo. Sin embargo, se hizo la aclaración de que, al realizarse el proceso de digestión en el estómago, se encuentran jugos gástricos como el ácido clorhídrico, pero el consumo de alimentos ácidos en exceso acidifica aún más esta reacción química, lo que puede ocasionar el desarrollo de enfermedades como la gastritis, úlceras u otras enfermedades.

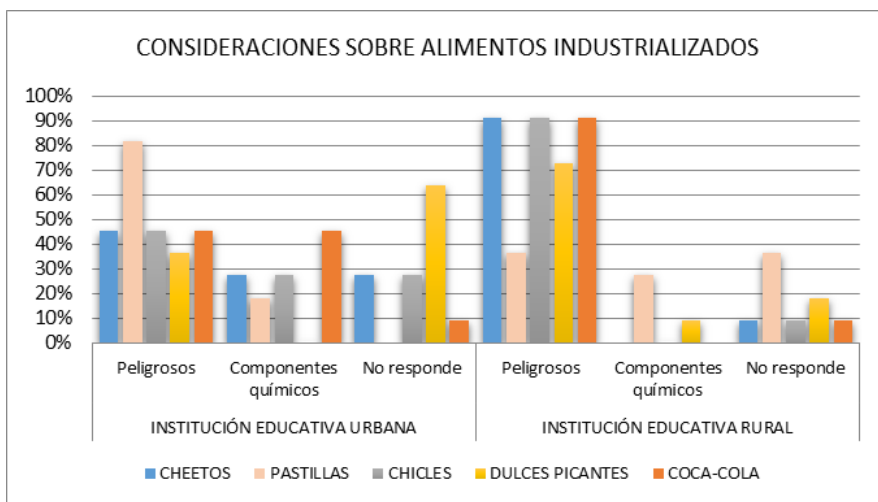


Figura 6.4 Consideraciones sobre los alimentos industrializados

Respecto a los Cheetos, los estudiantes señalan que estos representan mayor peligro, según G2R afirma: «(..) son derivados del petróleo. Producen cáncer, nos hace enfermar del estómago, esto puede llegar a causar la muerte». Así mismo, G10R afirma que «años más adelante esos Cheetos se pueden pegar en el estómago». Estas consideraciones fueron realizadas al observar cómo se quemaban los Cheetos, sin necesidad de colocar papel u otro material que permitiera la combustión, y el olor que se desprendió de la reacción mientras se calcinaba.



Figura 6.5 Actividades de experimentación.

En el desarrollo de estas actividades, se plantearon las siguientes preguntas:

¿Cuáles son los productos con mayor cantidad de químicos? Los estudiantes señalan que son las gaseosas, seguido de los jugos Hit. Esto coincide con la literatura, ya que contienen agua, azúcar, edulcorantes artificiales (aspartamo y sacarina), ácidos (fosfórico, cítrico, málico, tartárico), cafeína, colorantes, saborizantes, dióxido de carbono, conservantes y sodio.

Del mismo modo, se observó que los estudiantes a través de la revisión de los ingredientes de las bebidas comerciales, reconocen la presencia de colorantes y químicos que puede contener un producto; sin embargo, los siguen consumiendo debido a que la cultura alimentaria tiene un alto impacto en la sociedad¹⁴.

Con respecto a la segunda pregunta: *¿Cuál producto contiene la mayor cantidad de ingredientes naturales?*, los participantes señalan en su totalidad a los jugos Hit como las bebidas con mayor proporción de ingredientes naturales. Estos valores fueron suministrados por los estudiantes al hacer una comparación entre gaseosas (colombiana, Coca Cola y jugos Hit de mango, durazno).

Las bebidas de frutas contienen al menos un 10 % de sólidos solubles (se definen como todas aquellas sustancias que se presentan en estado sólido bajo condiciones normales) de la fruta que se declara¹⁵ y están elaboradas a base de agua, azúcar y aditivos.

También se encuentra que, al revisar los ingredientes de los jugos, los estudiantes asumen la pulpa de fruta señalada en el empaque como natural, debido a que los estudiantes toman posturas muy comunes, las cuales están influenciadas por los medios de comunicación¹¹.

14 S. A Sandoval, y M. J. Meléndez, *Cultura y seguridad alimentaria: enfoques conceptuales, contexto global y experiencias locales*. México, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C., Plaza y Valdés, 2008, 302 p.

15 R. Ávila y J. Bullón, (2013). «La concentración de jugos de fruta: Aspectos básicos de los procesos sin y con membranas». *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, 28(3), 2013, 65-75.

Con referencia al tercer interrogante: *¿cuál bebida presenta los niveles de azúcar más altos?*, los estudiantes señalan que las bebidas comerciales con alto contenido calórico son las gaseosas, con un valor de 77 %, seguido de los jugos Hit en un 18 %. Como ejemplo de lo anterior, G1R señala: «por su sabor y su presentación muestra que tienen poco azúcar, pero es dañosa y nos podemos enfermar».

En relación a la cantidad de azúcar, un estudio de Gran Bretaña descubrió que los jugos embotellados tienen más azúcar que la gaseosa. El diario Dayli Mail señala que 200 ml de gaseosa suele contener cinco cucharadas de azúcar, mientras que los jugos artificiales cuentan con ocho.

Respecto a la cuarta pregunta, *¿cómo influye el consumo indiscriminado de jugos artificiales y gaseosas en la salud del ser humano?*, el 54 % de los estudiantes señala que causan enfermedades. El grupo G7R afirma que «todas las reacciones químicas afectan nuestra salud y porque los productos obtenidos tienen ácidos y colorantes dañinos». Mientras que tan solo un 36 % menciona que realizan la escogencia de estos productos por su sabor y características organolépticas. Como ejemplo de lo anterior, el grupo G1R dice: «por su sabor y por su presentación nos muestra que son naturales, pero es dañoso y nos podemos enfermar».

La quinta pregunta fue: *¿qué recomendaciones darían ustedes a las personas que consumen gaseosas y jugos artificiales?* Los grupos de las dos Instituciones Educativas concuerdan en señalar que no deben consumir estos alimentos. Para los estudiantes es importante revisar los ingredientes de las bebidas comerciales, como ejemplo de lo anterior, el grupo G11R afirma: «Que miren la etiqueta a ver cuáles le hacen bien y cuales le hacen mal para él». Hecho que permite evidenciar que los grupos de trabajo relacionan lo aprendido en la sesiones anteriores y lo aplican en su contexto más inmediato al ver los ingredientes y poder determinar qué tan saludable es, y de la misma manera la cantidad de componentes químicos que presenta el producto. En nuestro ámbito, existe la necesidad de modelos educativos capaces de afrontar el tema del consumo en la educación en toda su dimensión¹⁶.

16 J. Castillejo, A., Colom, P., Alonso, T., Rodríguez, J., Sarramona, G. Vázquez, "Educación para el consumo", *UNED*, 14 (1), 2011:35-38.

En complemento de lo anterior, los estudiantes consideran a modo general que estas bebidas generan enfermedades y una serie de afecciones en la salud del ser humano.

Los estudiantes, durante el desarrollo de la mayoría de las secciones, presentan una fuerte asociación entre los empaquetados y las enfermedades. La secuencia de actividades también permitió identificar que los estudiantes no comprenden los conceptos de basicidad o acidez, sin embargo, identifican el pH de acuerdo al cambio de color que se presenta en la reacción al agregarle un indicador, hecho que fue innovador y sirvió de motivación en las actividades realizadas. Los estudiantes asumen a modo general para las dos Instituciones Educativas, que la acidez de un producto no es beneficioso para la salud del ser humano.

En relación al experimento de la urea, los estudiantes debían adicionar un dulce picante a un vaso de agua y tomar la temperatura para evidenciar la reacción que se desarrollaba, posteriormente se debía adicionar urea con el fin de evidenciar cambios en la reacción. Los estudiantes señalan en un 54 % que el consumo de estos productos causa enfermedades. *“Estos caramelos no tienen sabor dulce, y sus componentes principales son el regaliz y el cloruro de amonio (NH_4Cl), el cual le da el sabor picante”*. Los estudiantes indican que la reacción produce un enfriamiento, y esto sucede porque los caramelos contienen suficiente cantidad de cloruro de amonio que al reaccionar con la urea, produce una reacción endotérmica¹⁷.

En el experimento realizado con chicles de colores, los estudiantes señalan que estos son peligrosos para la salud en un 91 %, mientras que en la I.E.U. opinan que los chicles causan enfermedades con un valor de 45 %. G7U afirma: «pues si no hemos comido algo, antes de eso nos puede causar la gastritis».

Conclusiones

Una vez desarrollada la experiencia, es importante asumir que la educación para el consumo debe ser considerada de manera interdisciplinar, pues la principal fuente de información frente a los alimentos

17 J., Rodríguez, J. Navarro, «Aprendiendo química con golosinas», *Revista Eureka sobre la enseñanza y divulgación de las ciencias*, 8, 2011: 476-486.

empaquetados la constituyen los medios de comunicación, lo cual hace necesario educar al estudiantado sobre las influencias de la publicidad y utilizar esta temática como base de la discusión y aprendizaje dentro del aula de clase.

Es importante abordar el tema en el aula desde edades muy tempranas para consolidar argumentos fundamentados, pues fue evidente la falta de apropiación conceptual con los colorantes y aditivos abordados, en su mayoría se queda en una apreciación de que estos causan alguna enfermedad, pero se requiere seguir profundizando en los conceptos.

En relación a algunos conceptos como los de pH, los estudiantes no comprenden los conceptos de basicidad o acidez por ser muy complejos, sin embargo, identifican el pH de acuerdo al cambio de color que se presenta en la reacción. También asumen a modo general que la acidez de un producto no es beneficiosa para la salud del ser humano, aspecto que deber ser aclarado en procesos de conceptualización.

Los estudiantes hacen hincapié en la relación de causa-efecto de la alimentación y el desarrollo de enfermedades en los seres humanos, aspecto que promueve cuestionar la información, relacionar conceptos científicos y tomar posturas críticas.

Al realizar la implementación de la secuencia didáctica se pudo determinar que en general los estudiantes no presentan mayores conocimientos sobre los componentes químicos de los empaquetados o las consecuencias que puede traer el consumo de este tipo de productos, por lo que habitualmente los estudiantes realizan juicios de valor basados en creencias transmitidas por la familia o la sociedad en general. Por esta razón se hace necesario hacer procesos educativos sobre el consumo de los empaquetados donde el consumidor pueda tomar decisiones informadas. En esta misma línea la consecución de una alimentación saludable no es solo una decisión que deba dejarse en manos de la población, sino que debe ser abordada como un problema de salud pública, con una política de estado tendiente a educar, comunicar y empoderar a la comunidad de manera apropiada¹².

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ávila, R. y Bullón, J., «La concentración de jugos de fruta: Aspectos básicos de los procesos sin y con membrana». *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, 28(3), 2013, 65-75.
- Castillejo, J., Colom, P., Alonso, T., Rodríguez, J., Sarramona, G. «Educación para el consumo», *UNED*, 14 (1), 2011:35-38.
- España, R.E. (2008), «Conocimiento, actitudes, creencias y valores en los argumentos sobre un tema socio-científico relacionado con alimentos». Tesis doctoral. Universidad de Málaga. Málaga.
- Izquierdo, M., Gómez, A., Ramos, S., Bahamonde, N., Diaco, P., Maymi, J., Gutiérrez, R., Espinet, M., «Modelización del fenómeno de alimentación humana: de la mirada disciplinar a la multirreferencialidad», en *IX congreso Internacional sobre investigación en Didáctica de las ciencias*. Recuperado de: http://congres.manners.es/congres_ciencia/gestio/creacioCD/cd/articulos/art_1009.pdf
- Lamus, C., Castilla, M., García, J., «Hacia una escuela saludable: una experiencia de integración de los agentes educativos en torno a la calidad de vida». *Educación y Educadores*, 6, 2003.
- Moreno, D.F, Carvalho Carvalho, W. L. P. y Martínez, L. F. «A abordagem de uma questão sociocientífica na educação de adultos». *CTS e Educação Científica: Desafios Tendências e Resultados de Pesquisas*, 2011: 347- 371
- OMS, Consejo Ejecutivo, «Prevención integrada de las enfermedades no transmisibles», 2003.
- Restrepo, M.S. «La alimentación y la nutrición escolar». Tesis de magister. Universidad de Antioquia, 2003.

Rodríguez, J., Navarro, J., «Aprendiendo química con golosinas», *Revista Eureka sobre la enseñanza y divulgación de las ciencias*, 8, 2011: 476-486.

Sandoval, R.A y Meléndez, M. J., «Cultura y seguridad alimentaria: enfoques conceptuales, contexto global y experiencias locales. México», *Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C.*, Plaza y Valdés, 2008, 302 p.

Santibáñez, J., «Televisión y Consumo de Golosinas. Colectivo Andaluz Para la Educación en Medios de Comunicación». *Huelva España*, 18, 2002: 179-186.

Solbes, J., Torres, N., «Análisis de las competencias de pensamiento crítico desde el abordaje de las cuestiones socio científicas: un estudio en el ámbito universitario», *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 26, 2012: 247-269.

Vélez, L.F. y Gracia, B., «La selección de los alimentos: una práctica compleja», *Colombia Medica*, 34 (2), 2003: 92-96.

.

CONSIDERACIONES FINALES

El texto presentó la conceptualización e implementación de actividades de enseñanza para promover la comprensión de conceptos químicos en diferentes niveles educativos, destacando aspectos como los mencionados a continuación:

En el capítulo 1 se describieron los resultados de una intervención didáctica que abordó los conceptos de masa y peso en estudiantes de educación primaria. Gracias a esta investigación se logró identificar que los niños cuentan con conocimientos previos bastante arraigados a su vida cotidiana, aspecto que genera algunas limitaciones para emplear un lenguaje científico apropiado. Para contrarrestar esta situación, se recomienda involucrar la actividad experimental en la enseñanza de ciencias, puesto que facilita la comprensión de conceptos químicos y estimula la curiosidad y asombro por el mundo científico.

Por su parte, en el capítulo 2 se describieron los desafíos de la enseñanza del tema de orbitales atómicos por la falta de integración del lenguaje matemático, lo cual evidencia una desarticulación entre temas de físico-química y matemáticas; esto lleva a pensar en la necesidad de plantear estrategias que permita a los estudiantes una mayor visualización y manipulación espacial. Los autores indican que la realidad aumentada (RA) es un recurso que facilita el estudio de este tipo de contenidos y permite explorarlos de manera más cercana. Por lo anterior, se reconoce la necesidad de abordar en la escuela temas asociados a la química cuántica, ya que estos permiten conocer las propiedades de los átomos y su vinculación a los temas actuales.

Los proyectos basados en RA requieren una planificación cuidadosa y una preparación técnica, pero los beneficios pedagógicos superan estos desafíos. Los docentes pueden utilizar la RA para crear entornos de aprendizaje inmersivos que fomenten la exploración y el descubrimiento autónomo, desarrollando así habilidades críticas y creativas en los estudiantes. En resumen, se destaca la necesidad de adoptar tecnologías innovadoras en la educación como estrategias pedagógicas para mejorar

la calidad del aprendizaje y preparar a los estudiantes para un mundo cada vez más complejo y tecnológicamente avanzado.

Tanto el capítulo 2 como el capítulo 3, sugieren la necesidad de un cambio en el rol del docente, el cual debe pasar de ser un transmisor de información a un facilitador de propósitos y actividades claras para sus estudiantes. Por consiguiente, el rol del docente de ciencias naturales suscitado en estos capítulos, sugieren un docente que promueve la creatividad, estimula la manipulación de los estudiantes para su aprendizaje, conectan la teoría con la práctica, promueve el pensamiento crítico y en general, debe crear un entorno enriquecido para enfrentar problemas que impliquen el uso del conocimiento científico contextualizado.

En el capítulo 4 se realizó un análisis del discurso elaborado por los participantes, en relación a la triada: oxígeno, oxidación y combustión desde una perspectiva histórica; esto permitió llevar a los estudiantes a apreciar la evolución de las teorías científicas y entender mejor los conceptos a partir de su desarrollo. Es así que este capítulo suscita unas líneas de trabajo relacionadas con la integración de la Historia de la Ciencia en el Currículo, teniendo en cuenta que esto puede fomentar mayor interés y apreciación por las teorías científicas. De igual manera, es importante promover el desarrollo de habilidades argumentativas en los estudiantes para que puedan emplear diversas formas y modos de lenguaje que los lleven a construir argumentos científicos sólidos.

En los capítulos 5 y 6 se abordaron temáticas científicas de impacto social, relacionados con las curtiembres, así como de la identificación de colorantes y aditivos en los alimentos. Se logró una articulación de los conceptos con situaciones reales, una mayor participación dialógica y motivación de los estudiantes en el tema; sin embargo, los resultados muestran que se requiere continuar situando esta ciencia para lograr profundidad específica en el uso de los conceptos en la vida cotidiana. Al respecto se ha recomendado el uso de temas transversales desde el enfoque CTSA y las cuestiones socio-científicas (CSC) como alternativa para abordar problemas socioambientales, formación ciudadana y desarrollo de conciencia de su contexto, de manera que complementan los contenidos disciplinares. Lo descrito en estos capítulos muestra que, si bien uno de los desafíos de la enseñanza de esta disciplina está en

efectuar su contextualización, esta debe efectuarse de manera continua para lograr procesos de mayor complejidad conceptual.

Las diferentes investigaciones presentadas en este texto permitieron concluir que la contextualización y la articulación de los procesos del aula con escenarios investigativos amplían la comprensión conceptual de los estudiantes y forjan una verdadera formación integral de las ciencias. Dentro de los desafíos planteados, se evidencia la necesidad de establecer estrategias para que los estudiantes comprendan la historicidad de los conceptos y sus implicaciones en el mundo, así como abordar los problemas globales desde la experimentación y fundamentación argumentativa.



Este libro se terminó de imprimir
en el mes de agosto de 2025, en
Búhos Editores Ltda.
Tunja - Boyacá - Colombia