

LAS REPRESENTACIONES SEMIOTICAS EN LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA.
A PROPÓSITO DE LA LEY DE BOYLE

CLAUDIA MARCELA LÓPEZ BENAVIDES

UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE HUMANIDADES
MAESTRIA EN FILOSOFIA
SANTIAGO DE CALI
2024

LAS REPRESENTACIONES SEMIOTICAS EN LA ENSEÑANZA DE LA QUIMICA. A
PROPÓSITO DE LA LEY DE BOYLE

CLAUDIA MARCELA LÓPEZ BENAVIDES

Trabajo de grado realizado para optar por el título de Magíster en Filosofía

Director de Trabajo de Grado: Omar Diaz Saldaña

UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE HUMANIDADES
MAESTRIA EN FILOSOFIA
SANTIAGO DE CALI
2024

AGRADECIMIENTOS

Hay tanto que agradecer que las palabras se quedan cortas ante tantas oportunidades de la vida.

A mi padre y madre por sus esfuerzos invaluable en demostrarme que la educación es el mejor camino para superarnos cada día. A mi hermana y sobrino por ser un motor en mi existencia. A mi esposo por ser mi apoyo, mi faro en la oscuridad, cuando sentía que ya no daba más al escribir mi trabajo de grado. A cada una de las personas, familia, amigos que con sus palabras de aliento siempre estuvieron presentes en el avance de la maestría.

A la Universidad del Valle, mi *alma mater*, al Departamento de filosofía, a la Maestría en Filosofía por abrirme las puertas para cumplir una meta de mi proyecto de vida.

A mis profesores: Omar Diaz Saldaña (director de trabajo de grado), por no darse por vencido conmigo; al profesor Luis Humberto Hernández M. y al profesor William González V., que con sus enseñanzas y correcciones en los seminarios aportaron al mejoramiento continuo de mi trabajo. A mis compañeros y compañeras del seminario de investigación por todos sus aportes en la construcción del presente trabajo.

A los estudiantes que hicieron parte de esta investigación, sin su disposición no hubiese sido posible concluirla.

Tabla de contenido

Introducción	1
CAPÍTULO 1.....	2
CAPÍTULO 2.....	31
CAPITULO 3.....	45
CAPITULO 4.....	63
Bibliografía completa	81
APENDICE.....	87

Lista de Ilustraciones

Ilustración No. 1. Nivel Macroscópico Reacción limón + Bicarbonato de sodio	51
Ilustración No. 2. Nivel submicroscópico de una reacción ácido-baseBicarbonato de sodio.....	52

Lista de Gráficas

Gráfica No. 1. Porcentaje respuestas pregunta 1	66
Gráfica No. 2.Porcentaje respuesta pregunta 2	67
Gráfica No. 3. Porcentaje Resultado pregunta 3.....	68
Gráfica No. 4. Porcentaje Resultado pregunta 7.....	69
Gráfica No. 5. Porcentaje Resultado pregunta 8.....	70
Gráfica No. 6. Porcentaje Resultado pregunta 9.....	70
Gráfica No. 7. Porcentaje Resultado pregunta 10	71
Gráfica No. 8. Porcentaje Resultado pregunta 14	73
Gráfica No 9. Porcentaje Resultado pregunta 15	73
Gráfica No 10. Porcentaje Resultado pregunta 19	74

Resumen

Abordar el tema de las representaciones semióticas en el proceso educativo, nos permite reflexionar sobre las maneras de fortalecer en el estudiante diversas capacidades cognitivas y abstractas. Por esta razón, este trabajo de investigación ofrece un análisis de las representaciones semióticas que se presentan en la enseñanza-aprendizaje de la Ley de Boyle en química. El presente trabajo se desarrolla a través de cuatro capítulos que brindan el soporte teórico y pedagógico sobre las representaciones semióticas; concluyendo con el análisis de la aplicación de una prueba de conocimiento que permitió analizar los niveles de representación y las apropiaciones de los estudiantes a través de los registros semióticos de la ley de Boyle.

Palabras claves: Representaciones semióticas, registro semiótico, enseñanza de la química, ley de Boyle.

Introducción

El cuestionamiento acerca de los procesos educativos puede realizarse desde diversas disciplinas, pero en este trabajo lo haremos desde la filosofía, disciplina que nos permite reflexionar sobre conceptos fundamentales en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales, a partir de la cual se puede construir una perspectiva crítica y propositiva. Se trata de abordar el concepto de representación semiótica y algunas de sus implicaciones en el proceso educativo.

Abordar el tema de las representaciones semióticas en el proceso educativo, nos permite reflexionar sobre las maneras de fortalecer en el estudiante diversas capacidades cognitivas y abstractas. Por esta razón, este trabajo de investigación ofrece un análisis de las representaciones semióticas que se presentan en la enseñanza-aprendizaje de la Ley de Boyle en química, a través de los siguientes cuatro capítulos: en el capítulo primero se presenta una aproximación al problema de la enseñanza y el aprendizaje en las ciencias naturales, desde una perspectiva filosófica, más específicamente a partir del concepto de representación simbólica y de algunas ideas que propone, al respecto, Ernst Cassirer. En el segundo capítulo se aborda el tema de las representaciones semióticas que, siguiendo la definición de Duval (2017) consisten en un sistema de signos que pueden tomar diferentes

significaciones de acuerdo a quien las utiliza. Esta definición nos permite entender que sobre un objeto o concepto se pueden ofrecer distintas representaciones que le posibilitan al sujeto comprender su significación mediante una representación que le lleva a interiorizar y apropiar el conocimiento. En el capítulo tres, se aborda el tema de las representaciones semióticas en las ciencias y, en particular, en la química, para culminar en el capítulo cuatro que aborda el tema específico de la ley de Boyle. En este último capítulo, vamos a considerar algunas representaciones que tienen que ver con la Ley de Boyle de los gases ideales. Para lograr este objetivo nos apoyaremos en una prueba, que hemos denominado como “Prueba de conocimiento. Gases ideales. Ley de Boyle”, y que fue aplicada a 68 estudiantes, de dos instituciones oficiales, una ubicada en la ciudad Santiago de Cali y la otra en la ciudad de Pereira. El análisis cualitativo y cuantitativo de esta prueba, nos permitirá avanzar en la comprensión de las representaciones gráficas, geométricas y algebraicas empleadas en el estudio de la ley de Boyle de los gases ideales.

CAPÍTULO 1

LA REPRESENTACIÓN Y LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS. UNA APROXIMACIÓN

En este capítulo ofreceremos, primero, una presentación del problema de la enseñanza y el aprendizaje en las ciencias naturales; segundo, abordaremos el concepto de representación simbólica desde una perspectiva filosófica, especialmente en el planteamiento de Cassirer y; tercero, trataremos lo relacionado al conocimiento científico y pedagógico de las ciencias.

Enseñanza y aprendizaje en las ciencias naturales

Mientras la *enseñanza* trata de los procesos que permiten identificar estrategias que el profesor puede utilizar al interior del aula o a través de medios virtuales; el *aprendizaje* se

refiere a los procesos que permiten que los estudiantes comprendan lo aprendido en una experiencia educativa.

En el entendimiento de la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia es importante conocer los principales enfoques que se han propuesto para pensar estos procesos. Ya que:

“Parece que la adquisición del conocimiento científico, lejos de ser un producto espontáneo y natural de nuestra interacción con el mundo de los objetos, es una laboriosa construcción social, o mejor aún re-construcción, que sólo podrá alcanzarse mediante una enseñanza eficaz que sepa afrontar las dificultades que ese aprendizaje plantea.” (Pozo, 1998, p. 265).

El autor señala que la adquisición de conocimiento científico no está limitada a una relación espontánea y natural con el mundo, sino que hace parte de un constructo social que abarca las relaciones que existen entre los diferentes agentes que actúan en los procesos educativos. Por esta razón, en primer lugar, haremos unas breves consideraciones generales sobre la enseñanza y el aprendizaje, para luego abordar algunos de los modelos más relevantes del aprendizaje en las ciencias.

Teniendo en cuenta que la enseñanza de las ciencias se ve constantemente relacionada con el aprendizaje, una de las principales tareas del profesor es encontrar estrategias para construir conocimiento, teniendo en cuenta que:

“No existen “buenas” o “malas” formas de enseñar, sino adecuadas o no a unas metas y a unas condiciones dadas, por lo que debe ser cada profesor quién asuma la responsabilidad del [modelo] educativo que más se adecue a su concepción del aprendizaje de la ciencia.” (Pozo, 1998, p. 266).

En este sentido, el profesor debe buscar una mejora constante de los procesos educativos. Por ello, se debe tener en cuenta las metas generales que se plantean en la enseñanza de la ciencia, para que sea abordada de una manera responsable, pues no sólo se trata de transmitir conocimientos sobre las ciencias a los estudiantes, sino que se debe tener en cuenta las implicaciones didácticas y curriculares que se dan en los procesos de producción y apropiación de conocimiento. (Castro y Ramírez, 2013)

La enseñanza de las ciencias requiere de criterios que le permitan encausar lo que el conocimiento implica, para poder ser comprendido por quien lo aprende. Pozo (1998), presenta cuatro fundamentos que ayudan a poner un norte a la enseñanza de las ciencias, estos son:

- “I) Los supuestos epistemológicos y la concepción de aprendizaje subyacente al enfoque y las metas que éste se propone,
- II) los criterios de selección y organización de los contenidos,
- III) las actividades de enseñanza y evaluación en que se basa, para concluir analizando
- IV) las dificultades más previsibles que, [...] se derivan de la aplicación de ese enfoque tanto para los profesores como para los alumnos”. (p. 267)

Los anteriores criterios nos permiten descubrir cómo el profesor concibe la enseñanza y el aprendizaje desde el modelo elegido, tema que trataremos más adelante. De este modo, se derivan los siguientes criterios, pues del modelo elegido por el docente se realiza la selección y organización de los contenidos, las actividades a realizar, así como el proceso de la evaluación. Y el cuarto criterio, que hace referencia a las dificultades tanto para estudiantes como profesores, en muchas situaciones no se le otorga la suficiente importancia, señalando falta de espacio y tiempo, olvidando que pueden resultar imprevistos, pues se requiere de análisis, apropiación y acción. Identificar las dificultades de los estudiantes, permite generar estrategias de enseñanza que respondan a las metas propuestas, esto teniendo en cuenta que pueden resultar imprevistos, para los cuales debe estar preparado el docente.

“Con mucha frecuencia las metas de los profesores —enseñar los conceptos y principios básicos de la ciencia— quedan reducidas en la mente de los estudiantes al recuerdo de ciertos hechos y sucesos chocantes o anecdóticos. Es necesario hacer partícipes a los alumnos de las metas, o si se prefiere de la función educativa, de la enseñanza de la ciencia.” (Pozo, 1998, p. 267).

Se recalca el hecho de que los profesores centran la enseñanza en los contenidos que se puedan impartir (química, física, biología, geología, etc.), pero el problema se encuentra en la forma cómo el profesor presenta y da a conocer estos contenidos, ya que, en la gran mayoría de casos, no considera el conocimiento del que parte el estudiante. Como señala Ausubel (1986) en el epígrafe de su obra sobre el aprendizaje significativo: “Si tuviese que reducir toda la psicología educativa a un solo principio, enunciaría este: El factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe. Averígüese esto y enséñese consecuentemente”. Por lo general, a los maestros se les facilita impartir un contenido y no considerar los saberes de sus estudiantes, para tomarlos como un punto de partida. Sin duda, aunque se trata de una labor difícil, lograrlo nos permitiría que el proceso de enseñanza se llevara a cabo en un diálogo constante con los estudiantes; y evitar que se limitara a la transmisión de contenidos, como si los estudiantes fueran una *tabula rasa*. En este sentido el estudio de los modelos sobre la enseñanza nos permite orientarnos en el desarrollo de un proceso educativo.

Al respecto el conductismo considera que el estímulo-respuesta es el factor predominante en el aprendizaje, pues el profesor ofrece ciertos “premios” al estudiante, produciendo en este último una respuesta, ya que:

“la probabilidad de un comportamiento depende de la clase o frecuencia del refuerzo”.
(Skinner, 1975, p. 67).

Este tipo de aprendizaje se relaciona con la capacidad que el ser humano tiene para dar respuesta ante ciertas acciones. En este sentido, el aprendizaje depende del estímulo que le brinde el profesor al estudiante para que logre aprender, lo que supone un tipo de aprendizaje memorístico.

En este mismo sentido, el modelo de enseñanza en ciencias, que se denomina *tradicional*, sostiene que el profesor es un proveedor de conocimientos ya elaborados, listos para consumirse.

“Se cree necesario que los alumnos visualicen a la escuela como una parte significativa en su vida, para así comprender el significado de lo que están estudiando. Los niños/as de hoy en

día son más conscientes del mundo que les rodea de lo que han sido las generaciones pasadas. Por ello, la escuela no se puede construir sobre cómo era antes, independientemente si ese modelo funcionaba o no, ya que era una perspectiva diferente y los niños/as de generaciones anteriores respondían a patrones culturales y sociales que los que se viven actualmente.” (Galvan y Siado, 2021, p. 963)

Las anteriores líneas nos indican cómo a nivel de la enseñanza el modelo tradicional es inadecuado, aunque se reconoce que sigue presente en las aulas de clases. En este modelo la meta de la enseñanza es una educación científica que llene la mente de los estudiantes de los conocimientos típicos de la ciencia y excluye a quienes no sean capaces de seguir el discurso científico. Pero, además, se establece una relación de jerarquía entre el profesor y el alumno, que no permite un flujo afectivo, positivo en el proceso del alumno. Así mismo, el contenido que se tiene en cuenta para el desarrollo de la enseñanza es el avalado por la comunidad científica, es decir que todo aquello que se enseña se considera una verdad absoluta y no hay espacio para tener en cuenta otros aspectos de la realidad, impidiendo que en el aula de clase se fomente el espíritu crítico. En este sentido, se trata de un modelo en el que:

“Si la ciencia transmite un saber verdadero, avalado por las autoridades académicas, el profesor es su portavoz y su función es presentar a los alumnos los productos del conocimiento científico de la forma más rigurosa y comprensible posible. El verbo que define la actividad profesional de muchos profesores es aún hoy explicar la ciencia a sus alumnos; y el que define lo que hacen sus alumnos suele ser copiar y repetir.” (Pozo, 1998, p. 270)

Este modelo no permite un aprendizaje significativo, porque, fomenta patrones de repetición, generando muy poca comprensión. La evaluación de este tipo de enseñanza consiste en que el estudiante mejor calificado es aquel que repite lo que el profesor le enseñó; por ello la evaluación es memorística y no formativa. Finalmente, en este modelo de enseñanza no se considera los conocimientos previos o las dificultades que puedan tener los estudiantes en el momento de aprender, ya que no se tiene en cuenta los conocimientos que se producen fuera del aula.

Otro modelo sobre la enseñanza de las ciencias naturales es el de *enseñanza por descubrimiento*. Como su nombre lo indica busca orientar al estudiante a realizar descubrimientos de su entorno, puesto que se asume que:

“El aprendizaje por descubrimiento conserva una relación directa con el aprendizaje significativo, ya que, para lograr una consolidación del material aprendido, el estudiante debe descubrirlo durante el proceso. Este tipo de aprendizaje podría describirse como la tarea de solucionar un laberinto, para lograr llegar a la meta; se debe descubrir el camino que lo vaya guiando.” (Cañaveral, Nieto y Vaca, 2020, p.26)

Este modelo, como se describe en la cita anterior, permite un acercamiento a la ciencia, en el que los estudiantes investiguen, descubran y, si es posible, creen a partir de sus propias realidades. De este modo, la enseñanza en ciencias facilita el descubrimiento. Este método tiene como meta de enseñanza llevar a los estudiantes a “pensar como científicos”. Sin embargo, este modelo no permite una autonomía completa del estudiante, ya que el profesor sigue siendo el que guía las actividades y los contenidos propuestos. En este caso, los contenidos se establecen a partir de experimentos ya dados, algo que no se aleja mucho del modelo tradicional. Así mismo, los contenidos no dejan de ser disciplinares y encausados al seguimiento del método científico, una forma general de abordar la ciencia. Sin embargo, este se diferencia del modelo tradicional, porque invita a los estudiantes a investigar, pues “no se trata de hacer de los alumnos pasivos receptores de información sino investigadores activos de la naturaleza”. (Pozo, 1998, p. 275)

En esta propuesta las actividades de enseñanza y evaluación deben ser organizadas de tal modo que fomenten la investigación. Para lograr este objetivo se inicia con una pregunta problematizadora que invite al estudiante a indagar y buscar respuestas desde sus saberes y con el apoyo del profesor. Obteniendo así resultados que puedan ser comparados, sustentados, replanteados y que, finalmente, lleve a los estudiantes a sacar una conclusión que sea lo que conceptualmente se propone. En este caso, si bien la enseñanza permite aclarar muchas de las dificultades de aprendizaje que puedan tener los estudiantes, también genera otras que se presentan al intentar dar respuesta como científicos a los problemas

propuestos. Es por ello que este modelo se limita a ciertos estudiantes que cumplan con las capacidades científicas exigidas en las actividades.

Otro modelo en la enseñanza de las ciencias es el de la *enseñanza expositiva*, que se centra en el significado de los conceptos de la ciencia. En este caso, las actitudes y procedimientos quedan a un lado, dando más valor a todo el aspecto conceptual de la ciencia. Sólo se busca una asimilación del conocimiento que sea compatible con lo propuesto por la educación científica, acercándose a posiciones positivistas y empiristas, es decir, a todos los pasos del método científico, teniendo en cuenta que ambas posiciones valoran la observación y la experiencia como fuentes fundamentales de conocimiento, aunque el positivismo se enfoca más en la aplicación de métodos científicos estrictos y en la verificación empírica, mientras que el empirismo abarca una gama más amplia de experiencias sensoriales como base del conocimiento. Las “posiciones positivistas y empiristas” priorizan la observación, la experiencia y la evidencia empírica como bases para adquirir y validar el conocimiento.

Esto exige que los estudiantes a los que se enseña requieran de un determinado nivel cognitivo y conceptual, lo que supone una dificultad para este enfoque. En este mismo sentido, lo que se pretende con los contenidos a enseñar es que correspondan a las estructuras propias de las disciplinas científicas. Las actividades que se proponen deben llevar a un aprendizaje progresivo, que vaya desde lo específico a lo general. En este caso el profesor será quién dirija y suministre la explicación de los conceptos. Sin embargo,

“Los conocimientos son los medios transmisibles (por imitación, iniciación, comunicación, etc.) pero no necesariamente explicables, de controlar una situación y obtener de ella un cierto resultado conforme a una expectativa y a una exigencia social. El saber es el producto cultural de una institución que tiene por objeto identificar, analizar y organizar los conocimientos a fin de facilitar su comunicación.” (Contreras, 2016, p. 131)

Se trata de considerar un espacio para tener en cuenta los aprendizajes previos y las dificultades que puedan tener los estudiantes. De este modo, con este modelo se va avanzando y acercando a lo que podría ser un cambio de paradigma de la enseñanza de la ciencia. Esto nos permite ver que en algunos casos este tipo de modelo aporta y tiene en

cuenta aspectos que los dos modelos anteriores no contemplan, pero también se aleja de una enseñanza que permita una reflexión y apropiación sobre lo que se aprende.

Otro modelo que intenta superar las deficiencias de los ya señalados, es el de *enseñanza por conflicto cognitivo*, que consiste en tener en cuenta las ideas y las dificultades de los estudiantes para confrontarlas con situaciones conflictivas, especialmente las que se derivan de la realidad de sus entornos inmediatos. En este sentido, se busca que el estudiante sea quién construya el conocimiento, tomando todas las estrategias posibles para ello. Así las ideas previas de los estudiantes son consideradas importantes porque a partir de allí se empieza un trabajo que involucra al profesor proponiéndole que encuentre las estrategias para lograr que sus estudiantes se motiven y a partir de la realidad puedan resolver problemas y acercarse al conocimiento científico. En cuanto a los contenidos podemos destacar:

“La necesidad de dotar a esos contenidos científicos de una cierta organización jerárquica, de forma que el currículo esté dirigido a cambiar los principios básicos en que se sustentan esas concepciones alternativas, que desempeñarían un papel similar a los paradigmas de KUHN (1962) o los programas de investigación de LAKATOS (1978) en la propia elaboración del conocimiento científico”. (Pozo, 1998, p. 287)¹

Se plantea otro enfoque de la enseñanza de las ciencias que puede ser denominado *investigación dirigida*, donde se considera que, además de realizarse un cambio conceptual, debe existir un cambio metodológico y de actitud para poder lograr una transformación en

¹ El término “paradigma” fue introducido por Thomas Kuhn en su libro *La estructura de las revoluciones científicas* en 1962. Kuhn define un paradigma como un “logro científico esencialmente colectivo que incluye ciertas leyes, teorías, aplicaciones y habilidades”, que define y guía a una comunidad científica en un cierto momento. Las revoluciones científicas ocurren cuando un paradigma es reemplazado por otro, un proceso que Kuhn denominó “cambio de paradigma”. Kuhn dijo: “Los paradigmas son logros científicos universalmente reconocidos que por un tiempo proporcionan a una comunidad científica modelos de problemas y soluciones”. Los programas de investigación fueron desarrollados por Imre Lakatos en su trabajo *La metodología de los programas de investigación científica*, publicado en 1978. Lakatos los define como “una heurística negativa, que protege un núcleo metafísico” de “hechos fijos de teorías fundamentales” y “heurística positiva, que guía y controla su modificación de las teorías periféricas”. También distingue entre programas de investigación científica progresivos y degenerativos; los primeros se caracterizan por predecir hechos nuevos, mientras los segundos por solo adaptarse a las anomalías.

la forma de pensar de los estudiantes y así realizar una construcción social, para no limitarse a un aspecto disciplinar. De este modo:

“Se asume que la investigación que los alumnos deben emular consiste ante todo en un laborioso proceso de construcción social de teorías y modelos, apoyado no sólo en ciertos recursos metodológicos sino también en el despliegue de actitudes que se alejan bastante de las que cotidianamente muestran los alumnos, por lo que la meta de esa investigación dirigida debe ser promover en los alumnos cambios no sólo en sus sistemas de conceptos sino también en sus procedimientos y actitudes (DUCHSL y GITOMER, 1991; GIL, 1994; GIL y CARRASCOSA, 1985; GIL y 1991)”. (Pozo, 1998, p. 294)

En este modelo el conocimiento científico se aleja del conocimiento cotidiano. Sin embargo, se sigue teniendo en cuenta las ideas que los estudiantes tienen desde el aspecto conceptual o disciplinar para que, partiendo de ahí, se pueda realizar la construcción de conocimientos. Para lograr esto último, es necesario reorganizar los contenidos de esta forma de enseñar, pasando a la proposición de problemas que lleven a un análisis del conocimiento propio de la disciplina estudiada. Sin embargo, este es un modelo que muy pocos profesores se arriesgan a asumir en la enseñanza, porque implica prepararse como investigador y convertir a sus estudiantes en investigadores.

Por último, está el modelo de enseñanza de las ciencias en el que se propone una *explicación y contrastación de modelos*, que se acerca a una enseñanza de contexto, donde:

“La educación científica debe ser que el alumno conozca la existencia de diversos modelos alternativos en la interpretación y comprensión de la naturaleza y que la exposición y contrastación de esos modelos le ayudará no sólo a comprender mejor los fenómenos estudiados sino sobre todo la naturaleza del conocimiento científico elaborado para interpretarlos”. (Pozo, 1998, p. 300)

Este modelo integra a los otros, porque propone que el profesor guíe al estudiante en la búsqueda de la mejor forma de apropiarse y construir el conocimiento científico; no sólo a partir de lo que se explica, sino también a partir de la comparación entre sus saberes cotidianos y el contenido disciplinar que el profesor explica, y con todo esto tejer una red de

conocimiento. Pero para alcanzar este objetivo el docente debe conocer las realidades del estudiante, para así poder crear estrategias y actividades que los lleve a apropiarse del saber disciplinar. El docente debe realizar caracterizaciones de sus estudiantes, que, sin duda, es un trabajo dispendioso, por lo que se necesita contar con un equipo de docentes y el apoyo de otros profesionales, como psicólogos, por ejemplo. Una estrategia de esta naturaleza facilita el actuar al interior del aula, permitiéndole al docente plantear estrategias que incluyan el conocimiento cotidiano para aprovecharlo en el aprendizaje del conocimiento científico. Por ejemplo, un estudiante que demuestra deficiencias en el proceso de aprendizaje, y que sea remitido al psicólogo, con el ánimo de buscar una explicación a este problema, puede estar atravesando conflictos en su entorno familiar y social, que explican sus problemas de aprendizaje.

El aprendizaje cobra valor en cuanto se tienen en cuenta las dificultades de los estudiantes, de tal manera que el contexto es un factor fundamental para llevar a cabo la apropiación del conocimiento. En el estudiante existirá una motivación vinculada a su realidad inmediata, ya que esto le permite solucionar problemas, por ello el aprendizaje se puede ver asociado con un constructo social, ya que no se ofrece sólo a partir del profesor y lo que enseña, sino también del papel activo del estudiante como generador de nuevos conocimientos, reforzando o planteándose ideas que no estén de acuerdo con la realidad y su relación con la educación científica.

En el aprendizaje no sólo se tiene en cuenta las relaciones que pueda establecer el estudiante, sino la comunicación que se da entre pares, el uso de signos y símbolos para comprenderse; incluso las tendencias del momento pueden convertirse en un modo de aprendizaje y apropiación del conocimiento. Esto lo podemos ver hoy, en el aumento del uso de los videojuegos entre niños y adolescente, que en algunos casos brindan herramientas para la enseñanza. Por ejemplo, el juego “free fire”, que los docentes podrían considerar una distracción para los estudiantes, puede convertirse en una ayuda de trabajo en el aula, pues en el caso de la enseñanza sobre el tema de los ecosistemas, algunos estudiantes asociaron este contenido disciplinar con los recorridos que se realizan en este juego. Los docentes deberían contemplar estas alternativas para mejorar la comprensión de los estudiantes sobre ciertos temas. Este tipo de situaciones, lleva a pensar que el estudiante sí construye conocimiento, pero quizás no como el que quiere el docente, sino a partir de sus propias

experiencias. Por ello es necesario pensar en una relación horizontal entre profesores y estudiantes que no se limite, por parte del profesor, a proporcionar conocimientos a los estudiantes, sino que permita construir un espacio dialógico, reflexivo y crítico mediado por los actores principales de la educación: el maestro y el estudiante. De este modo:

“Los cambios en la enseñanza de las ciencias naturales, responden a las necesidades actuales de la sociedad, en donde las personas deben poseer ciertas competencias científicas y, además, poder desarrollar habilidades lógicas de pensamiento; por ende, estar informados y capacitados, lo cual permite apropiarse de los nuevos contenidos de los diferentes campos conceptuales y comprender mejor la realidad. Es por ello que, el ciudadano de hoy, requiere una formación básica en ciencias si aspira a comprender su entorno y a participar en las decisiones sociales, pues la enseñanza de las ciencias es parte esencial de la formación de ese ciudadano”. (Castro y Ramírez, 2013, p. 35)

La enseñanza de la ciencia no se debe comprender sólo como la imposición de conocimientos, disciplinas o contenidos que una comunidad científica nos ha legado, sino también como una forma de contribuir a la construcción de personas íntegras, capaces de mirar un problema científico con todas sus implicaciones políticas, sociales, éticas y culturales. De esta manera el estudiante se puede convertir en un agente crítico frente a las consecuencias derivadas de una decisión no adecuada, en relación a una acción científica. En este punto, cobra interés, en la enseñanza de la ciencia, la relación Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS), aspecto que se vincula a la formación científica y a la formación de seres íntegros y responsables con su entorno.

En conclusión, la enseñanza y el aprendizaje en las ciencias naturales siempre van de la mano, promoviendo un constante cambio en todos los aspectos de los seres humanos que participan en estos procesos. La comprensión de la ciencia debe ser bidireccional, tanto del profesor, quién enseña-aprende; y el estudiante, quién aprende-enseña. Esto porque el profesor si bien tiene un conocimiento apropiado y adquirido a lo largo de su proceso de formación como docente, también aprende a partir de las experiencias que se generan al interior de aula, permitiéndose así mejorar sus estrategias de enseñanza. Así mismo, el estudiante aprende a partir de un proceso que le orienta a construir conocimientos desde su

propia realidad, pero también enseña, ya que en la medida en que el aprendizaje avanza, ayuda al profesor a identificar los procesos que no se adecuan a las ideas de sus estudiantes y sobre los cuales se pueden hacer modificaciones. Así mismo, el estudiante puede enseñar a su maestro desde las experiencias vividas a partir de su realidad, para apropiárselas a la enseñanza y el aprendizaje.

También, los modelos vistos y relacionados en el texto, nos permite comprender que no todo está dado y que en la actualidad a pesar de que existan avances importantes en todos los sentidos, se puede ver cómo se aplican enfoques que no permiten avanzar en la construcción de conocimiento, pero que en ocasiones se tornan necesarios para entrar a realizar confrontaciones entre la manera de enseñar y aprender y así poder progresar en nuevas formas de interiorizar el conocimiento científico.

El concepto de representación

La noción de representación está presente en distintos campos de estudio, en las humanidades, en las tecnologías, en las ciencias y en el arte, con consideraciones distintas en cada una de ellos orientándose a modos particulares de comprensión. En este sentido, es importante comprender en qué forma es interpretado el conocimiento. Generalmente, el ser humano, a través de sus sentidos o de sus diferentes formas de relacionarse con el mundo, percibe lo que este le ofrece y construye el conocimiento del mismo. Rico afirma que: “Conocer es una actividad intencional, dirigida a un estado de cosas que debe aprehenderse, que tiene como resultado lo que se denomina saber disponible intersubjetivo, organizado y estructurado mediante representaciones”. (2009, p. 4)

Lo anterior, permite afirmar que el conocimiento humano es una acción constante por la búsqueda de algo concreto que se presenta frente al sujeto; para llegar a ese conocimiento se requiere de una representación, aquella que se encuentra entre el sujeto y el objeto. Por lo general estas representaciones son las que se mantienen al conocer algo.

En la educación el concepto de representación aparece en autores como: Piaget, Vygotsky y Bruner, entre otros. De acuerdo con Yacuzzi y Borzi (2015), para Piaget (1981) la representación es una evocación que realiza el niño a partir de un indicio o de una señal de condicionamiento. Mientras que para Vygotsky (1979) el inicio de la representación en el desarrollo del ser humano se determina por factores sociales, es decir, las relaciones que los

sujetos establecen con su sociedad y de qué manera lo apropian e internalizan. En este sentido, para Piaget el uso de signos es necesario en el desarrollo del ser humano, mientras que para Vygotsky el uso de estos es necesario por las relaciones que se generan a nivel social y cultural.

Piaget considera que:

“la representación no constituye una capacidad innata ni una interiorización por copia de las experiencias con el medio. La adquisición de la representación implicará la reorganización de las categorías del estadio sensoriomotor, a partir de la función semiótica; momento descrito por Piaget como un “giro copernicano”, ya que supone el pasaje de la inteligencia sensoriomotriz basada en la acción efectuada sobre los objetos de la realidad, a la inteligencia entendida como representativa o pensamiento propiamente dicho, con el soporte del lenguaje y la imagen mental para la anticipación de la acción”. (Yacuzzi y Borzi, 2015, p. 1508)

La anterior cita nos indica que la representación, desde la perspectiva de Piaget, es una construcción que se da en el momento en que el ser humano realiza una transición entre las percepciones dadas por los sentidos ante el mundo tangible al pensamiento, que incluye una comunicación de lo que ocurre en la mente frente a la realidad. Según Piaget, un ejemplo de la representación corresponde al juego en los niños, que genera representaciones sobre su realidad que se evocan o expresan al jugar. En concordancia con Vigosky la imaginación y la creación, a través del arte, son formas de representación del niño. Vygostky afirma que:

“Los problemas de la comunicación y del desarrollo de los procesos de comprensión en la edad infantil a conducido a los investigadores a una conclusión totalmente distinta. Ha resultado que lo mismo que es imposible la comunicación sin signos, lo es también sin significado. Para

transmitir a otra persona cualquier sensación o contenido de la conciencia no hay otro camino que catalogar el contenido que se trasmite dentro de una clase determinada, de un determinado grupo de fenómenos, y eso exige necesariamente, como sabemos, una generalización.” (Vigotsky, 2021, p.8)

El autor muestra que la representación no sólo se da en lo que la realidad puede presentar como imagen mental, sino que se promueve cuando el individuo toma lo que el mundo exterior le presenta, sus interacciones y las apropia para sí, es decir las interioriza y es capaz de interpretarlas en distintos niveles. Estas representaciones son conocidas como representaciones externas (sistemas de signos) o lenguaje multimodal que son bastante utilizadas en las ciencias básicas, experimentales y naturales. Lo anterior lo sustenta Candela (2018) al afirmar que:

“En las últimas décadas los investigadores han llegado al acuerdo de que el aprendizaje de los conceptos y métodos de la ciencia vincula la comprensión y articulación de múltiples representaciones externas (MRE) o lenguaje multimodal [...] En este sentido, se les conceptualiza como la materialización del proceso de integración y combinación sinérgica de diversas formas semióticas (modos verbales, gráficos, numéricos, fílmicos, fotográficos y matemáticos), las cuales poseen en común una variedad de elementos epistémicos que son articulados con el propósito de comunicar un patrón conceptual”. (p. 107)

En este sentido, la representación son las diversas formas que se le puede dar a un concepto; esas diversas formas permiten realizar una organización del pensamiento sobre lo que se está aprendiendo. La representación no sólo se presenta en un plano social, sino que interactúa en la ciencia, pues esta utiliza la representación al intentar comprender el pensamiento humano (Duval, 1999). En este mismo sentido, no se puede comprender la ciencia si no se reconoce un objeto de representación. Por ello, la definición de representación que orienta el presente trabajo, y que nos servirá para el análisis de las representaciones en la educación y en la enseñanza de las ciencias naturales, la presenta como una noción, idea, imagen o pensamiento expresado, que se presenta en la mente desde las representaciones externas y es consciente. (Cantoral, et al. 2006)

Por lo anterior, al realizar un acercamiento a la noción de representación y sus diversas formas de mostrarse, hemos destacado el modo de representación semiótica, de gran utilidad en la ciencia, el cual ha sido mencionado en la primera parte de este capítulo.

Desde una perspectiva filosófica, el concepto de representación ha sido interpretado de diversas maneras. En el siguiente apartado abordaremos las consideraciones que hace

Cassirer de este concepto, que nos permitirá precisar más la forma en la que entendemos el concepto de representación en este trabajo.

La representación simbólica: un acercamiento a Cassirer

Para Cassirer el hombre es un animal simbólico, debido a que está constantemente comunicándose a través del lenguaje, proceso en el cual crea formas para expresarse en el marco de una cultura y una sociedad. En palabras de Cassirer:

“En lugar de definir al hombre como un animal racional lo definiremos como un animal simbólico. De este modo, podemos designar su diferencia específica y podemos comprender el nuevo camino abierto al hombre: el camino de la civilización.” (Cassirer, 2020, p. 60)

El hombre se distingue por su capacidad de crear y utilizar símbolos a través del lenguaje para dar sentido a su experiencia y comunicar. Este proceso simbólico transforma experiencias caóticas en un orden coherente, permitiendo una comprensión más profunda y estructurada de la realidad. Así mismo “la actividad simbólica del lenguaje está más cerca de la ciencia, que no nace de la experiencia externa, sino de una necesidad de poner orden en los datos sensibles, de otra manera caóticos, señalando algunos núcleos conceptuales que expresa en forma simbólica.” (2016, p. 8)

Esta caracterización del hombre como animal simbólico y racional, es importante para la comprensión de la representación y sus diversas formas de externalizarse. Considerar el lenguaje como actividad simbólica, permite reconocer que existen diversas formas de representar, al respecto Cassirer plantea:

“Expresión, presentación y significado. En la fase de la expresión, la mente da a sus experiencias un medio fisiognómico, y así surgen el mito y el arte, que se encuentran con el lenguaje: el enunciado. De este modo surge la nueva dimensión, la de la presentación. El enunciado se mueve hacia una objetivación mayor, en tres pasos: la mímica, en la onomatopeya y las interjecciones, muy fisiognómicas aún; la analogía, en la que las relaciones de los objetos son expresadas en las relaciones de los sentidos; y la simbólica, en la que aparece toda similaridad entre el lenguaje y los objetos. Esta última forma, la simbólica, hace

pasar al espíritu de lo fisiognómico a lo presentativo, y, así, al nivel del significado.” (2016, p. 10)

Estos tres conceptos la expresión, presentación y significado señalan cómo se puede considerar el proceso simbólico, mostrando que va desde el interior al exterior, es decir, lo que la mente pueda imaginar se pueda representar, pero ello no sólo implica un solo camino, sino que conduce a diferentes manifestaciones. En la expresión el ser humano crea un sinnúmero de interpretaciones, en donde, los sentidos intervienen al entrar en contacto con la realidad, dando estímulo al hombre, generando respuestas diversas. Estas llevan a los enunciados que, son las formas de representar, de manera general, convirtiéndose en representación simbólica de las cosas. Al respecto Cassirer enfatiza:

“En el símbolo, la cultura se revela en un objeto, el espíritu en la materia. Es como ver el futuro, desde el pasado, en el presente. Es una especie de adivino, o, mejor de profeta. Cada símbolo condensa toda la evolución cultural. El acto simbólico es libre; es el acto más humano. El símbolo representa de alguna manera todas las culturas.” (2016, p. 11)

El símbolo ha permitido que se materialicen los pensamientos, que puedan tener una forma concreta que les permita cobrar vida en la cultura y puedan ser reconocidos con el pasar del tiempo, así mismo como debatidos, objetados o confirmados. El símbolo se encarga de expresar, de una o muchas formas, lo que el enunciado, la expresión quiere decir.

Comprender el símbolo como parte del animal simbólico que constituye el hombre, también permite reconocer que el lenguaje ha sido el factor dominante que ha permitido la representación de las cosas, esto a partir de diversas formas:

“El poder de la forma lingüística no se agota en aquello que rinde como vehículo y medio del pensamiento lógico-discursivo. El lenguaje impregna ya la concepción y configuración “intuitivas” del mundo y en no menor escala participa también en la construcción del reino de los conceptos, en la estructuración de la percepción y en la de la intuición. También de esta estructuración depende que en el todo de la conciencia tenga lugar y se imponga ese miraje que hemos caracterizado como tránsito a la “representación”. Ya el mundo de la intuición está determinado esencialmente por el hecho de que sus elementos no tienen un carácter

meramente “presentativo” sino representativo, por el hecho de que no sólo “están ahí”, sino que están en una relación de referencia recíproca.” (Cassirer, 2017, p. 101)

El papel fundamental del lenguaje no solo como un medio de comunicación lógico-discursivo, sino también como una fuerza que moldea nuestra percepción intuitiva del mundo y la estructura conceptual. El lenguaje no se limita a ser simplemente un medio para expresar ideas de manera lógica y discursiva. Esta es la función más básica y reconocida del lenguaje: transmitir pensamientos de manera coherente y estructurada. Más allá de su función discursiva, el lenguaje influye profundamente en la manera cómo concebimos intuitivamente el mundo que nos rodea. Esto significa que las palabras y estructuras lingüísticas no solo describen la realidad, sino que también la moldean activamente al influir en la forma cómo la percibimos y entendemos. En cuanto a la reciprocidad, los elementos intuitivos y conceptuales están en constante interacción y referencia recíproca. Esto implica que el lenguaje no solo influye en la forma cómo entendemos las cosas, sino que también las cosas mismas y sus relaciones influyen en el desarrollo y evolución de nuestro lenguaje.

El lenguaje se puede ver expresado de diversas formas y, existen elementos como los símbolos, los signos y las fórmulas que ayudan a reforzar la representación. Las fórmulas, la simbolización y los signos están profundamente entrelazados en la estructura y la comunicación del conocimiento, especialmente en las ciencias y las matemáticas. Este vínculo se puede explorar desde varios ángulos filosóficos; aquí queremos significar la importancia que la simbolización juega en los procesos cognoscitivos orientados a la comprensión de la ciencia, al respecto se insiste en que:

“La actividad simbólica del lenguaje está más cerca de la ciencia, que no nace de la experiencia externa, sino de una necesidad de poner orden en los datos sensibles, de otra manera caóticos, señalando algunos núcleos conceptuales que expresa en forma simbólica.” (Cassirer, 2016, p. 8)

La semiótica, el estudio de los signos y los símbolos, proporciona un marco útil para comprender cómo las fórmulas y la simbolización funcionan como sistemas de signos. Los signos pueden ser íconos, que tienen similitud con el objeto; índices, que tienen una relación causal con el objeto; o símbolos, que tienen una relación convencional con el objeto (Pierce,

1897). En este punto hemos traído a colación estas precisiones que hace C. S. Pierce con el propósito de significar el papel de los signos y particularmente del símbolo; no es nuestro objetivo en este capítulo y en el trabajo en general avanzar en el estudio detallado de la semiótica, se trata simplemente de ver cómo nos ayuda a comprender el uso de la simbolización en la ciencia y particularmente en lo referente al estudio de los gases ideales en el marco del estudio de la química. Al respecto véase Charles Sander Pierce².

“Ya la simple fórmula química en la cual meramente se expresa el tipo de los átomos contenidos en una cierta molécula, así como su número, está llena de indicaciones sistemáticas fructíferas. Así, por ejemplo, cuando en ese lenguaje de fórmulas se expresaron ciertos compuestos de cloro, hidrógeno y oxígeno como Cl OH, Cl O3H, Cl O4H, ya en esta mera lista se planteó la pregunta por el “miembro faltante” de esa serie, por un compuesto Cl O2H que pudo ser también descubierto una vez que, por así decirlo, se había determinado previamente su lugar. Aquí resalta el valor cognoscitivo inherente a todo lenguaje científico metódicamente construido. Ese lenguaje no es nunca una mera denominación para algo dado y existente, sino una señal que apunta hacia un terreno nuevo y todavía inexplorado, conduciendo a un proceso de “interpolación” y “extrapolación”.” (Cassirer, 2020, p. 340)

Desde la perspectiva temática que estamos abordando en esta investigación no sobra señalar que la expresión $PV=nRT$ nos permite, desde el punto de vista de la lógica y el

² La conceptualización de índice, símbolo e ícono aparece en el artículo “La lógica de los relativos” de Charles Sanders Peirce, publicado en 1897. Sin embargo, su trabajo más conocido sobre este tema es “Sobre una nueva lista de categorías” de 1867, donde presenta por primera vez su teoría de los signos y distingue entre íconos, índices y símbolos.

En este artículo, Peirce define:

- Ícono: un signo que se asemeja a su objeto, como una imagen o una fotografía.
- Índice: un signo que tiene una conexión causal o física con su objeto, como una huella de pie o un termómetro.
- Símbolo: un signo que se relaciona con su objeto mediante una convención o regla, como una palabra o un símbolo matemático.

Esta clasificación de los signos es fundamental en la semiótica de Peirce y ha tenido un gran impacto en la filosofía, la lingüística y la teoría de la comunicación.

razonamiento, señalar que $PV/T=nR$ lo que significa que el producto de la presión por el volumen sobre la temperatura de un gas ideal siempre es una constante. Como veremos en el Capítulo 4 este es uno de los elementos importantes en la comprensión, por parte del estudiante, de la Ley de Boyle al indicar que podemos establecer una relación entre dos estados del gas ideal avanzando de esa manera en la solución de cualquiera de las variables que entran en juego. Esa última relación matemática nos orienta en la solución de problemas en los cuales fijamos una de las variables, de acuerdo al problema específico, para encontrar las otras variables. Esto muestra el potencial deductivo y de razonamiento que tiene la simbolización en la ciencia y que nos permite movernos no solo a nivel de las representaciones algebraicas sino también de otro tipo, verbigracia las geométricas.

Aquí puntualizamos la capacidad que tiene el lenguaje científico, particularmente en la forma de fórmulas químicas, no solo para describir lo conocido sino también para prever y descubrir lo desconocido. El lenguaje científico, a través de su estructura metódica y su capacidad para formular hipótesis y guiar la investigación, no solo describe lo que ya se sabe, sino que también es una herramienta fundamental para descubrir y explorar lo que aún no se conoce.

Desde una perspectiva epistemológica, que estudia la naturaleza y el alcance del conocimiento, las fórmulas y los símbolos son herramientas esenciales para la construcción y la comunicación del conocimiento, las fórmulas permiten la abstracción de conceptos para formular leyes generales. Esta capacidad de generalización es crucial para el avance científico, ya que permite aplicar principios generales a casos particulares.

En la filosofía de la ciencia, el uso de fórmulas y simbolización constituye un medio para lograr precisión y claridad en la comunicación científica. El lenguaje de la ciencia es un lenguaje formalizado donde las expresiones simbólicas actúan como un idioma universal que puede ser entendido y verificado independientemente de la lengua materna de los científicos. Esta formalización es esencial para la reproducibilidad y la validación de resultados científicos. La simbolización permite eliminar las ambigüedades comunes en el lenguaje natural, facilitando la comunicación clara y precisa de ideas complejas.

La filosofía analítica, con su énfasis en la lógica y la precisión del lenguaje ofrece valiosas perspectivas sobre la relación entre fórmulas, simbolización y signos. Las fórmulas

matemáticas y científicas son expresiones de esta claridad y rigor, que permiten a los científicos formular y probar hipótesis de manera precisa y lógica.

La hermenéutica, o la teoría de la interpretación, proporciona otra perspectiva sobre la simbolización y el uso de fórmulas. Desde un enfoque hermenéutico, el significado de una fórmula no es fijo y puede variar según el contexto de interpretación; contexto que posee su complejidad no solo desde la perspectiva del saber científico sino también teniendo en cuenta el contexto social y cultural. No sobra anotar que los procesos de enseñanza-aprendizaje se realizan en contextos muy particulares que es necesario tener en cuenta en su estudio. La simbolización en ciencia y matemática es, por tanto, un proceso dinámico en el que el significado de los símbolos puede evolucionar hacia nuevas interpretaciones y descubrimientos.

Por otra parte, la relación entre fórmulas, simbolización y signos es compleja y multifacética. Las fórmulas sirven como símbolos que representan conceptos abstractos y relaciones generales, facilitando la comunicación precisa y la construcción del conocimiento en las ciencias. La simbolización permite la formalización del lenguaje científico, eliminando ambigüedades y permitiendo una comprensión y verificación universal. Como lo expresa Feynman:

$$F=G*(mm^1/r^2)$$

“Dije que la fuerza de gravedad entre dos objetos es proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa, y también que los cuerpos reaccionan a las fuerzas cambiando de velocidad, o de movimiento, en la dirección de la fuerza, en magnitud proporcional a la fuerza e inversamente proporcional a la masa. No hay duda de que esto son palabras y de que no he tenido ninguna necesidad de escribir la ecuación. Sin embargo, se trata de una descripción que tiene algo de matemático, y cabe preguntarse como algo así puede ser una ley fundamental.” (Feynman, 2000, p. 41)

En la enseñanza de las ciencias naturales es importante considerar la representación de los conceptos, leyes y teorías. Ciertamente la representación de las teorías presenta una mayor complejidad que la de los conceptos y las leyes; de manera particular en la física y la química que son disciplinas más matematizadas que, por ejemplo, la biología. Esto evidencia una relación muy estrecha con las matemáticas. En general las leyes se expresan

matemáticamente y de una forma algebraica. Además de la representación algebraica, también existen las representaciones geométricas, donde se establecen relaciones espaciales, en el plano o en el espacio cartesiano, entre las variables que entran en juego en la expresión de una ley. Ciertamente, esa relación entre variables, en la ciencia, se contrasta experimentalmente y eso nos lleva a tener datos que se expresan en la relación. Esto último hace referencia a otra forma de representación, en forma de tablas, donde se establece la relación funcional entre una o varias variables.

Desde el punto de vista cognitivo del proceso de aprendizaje de las ciencias se ha llamado la atención sobre la importancia de moverse entre las diferentes representaciones de una ley o un concepto insistiendo en la importancia que tiene para la comprensión, por parte del alumno, del tema que se esté abordando. En el Capítulo 4 se explicitará el problema de la representación y de la reversibilidad tomando como ejemplo la ley de Boyle, que puede ser expresada en el lenguaje natural, no simbólico, que constituye una representación en el lenguaje natural: *si la temperatura de cierta masa gaseosa se mantiene constante, el volumen de dicho gas será inversamente proporcional a la presión ejercida sobre él.*

En la reflexión filosófica sobre la ciencia se ha señalado cómo el lenguaje natural es insuficiente para la comprensión de las leyes, los conceptos y las teorías y, de manera general, para el entendimiento cuantitativo de la ciencia. En el tema de la estructura de los conceptos científicos se considera los conceptos clasificatorios, comparativos y métricos, los conceptos clasificatorios, como su nombre lo indica, tienen como objetivo fundamental clasificar y diferenciar los objetos del mundo y tienen su analogía con los sustantivos, tienen como función clasificar (esto es una mesa, esto es un perro, esta es una casa, etc.); los conceptos comparativos tienen como función relacionar, comparar las cosas y los objetos del mundo y tienen su analogía con los adjetivos (Juan es más alto que pedro, la casa es verde, etc.); los conceptos métricos no tienen analogía con el lenguaje natural son una construcción de lo humano, donde se le adjudica a cualquier cosa un número real.

El conocimiento pedagógico de las ciencias naturales y sus representaciones

En el ámbito de la ciencia se emplea la expresión “conocimiento pedagógico de la ciencia” (CPC), que se conceptualiza como “un sistema iterativo en el que se afecta mutuamente los siguientes elementos: formas de representar y formulas los tópicos

específicos para hacerlos comprensibles a los estudiantes” (Cadela y Viafara, 2014, p. 27) para dar a entender cómo la ciencia se da a conocer a través del proceso educativo. La ciencia utiliza una serie de tecnicismos para referirse a un tema en particular, los cuales deben ser representados de diferentes maneras para poder ser entendidos.

En el ámbito de la enseñanza de la ciencia se pueden distinguir dos clases de conocimiento: *conocimiento cotidiano o común* y *conocimiento científico*. El *conocimiento cotidiano* es aquel que las personas obtienen a través de la experiencia o de su práctica vivencial cotidiana, que les permite comprender ciertos fenómenos, por ejemplo, en el caso de una olla a presión, cualquier persona podría reconocer que existe un intercambio de calor y que por ello se produce una presión que la olla libera, poco a poco, a través de vapor; pero posiblemente no podrá reconocer que se trata de un fenómeno relacionado con la ley de los gases. Es aquí donde adquiere relevancia el conocimiento científico, que proviene de la comprensión de los fenómenos que ofrece la ciencia y que emplea un lenguaje técnico, que se puede expresar a través de representaciones. Aquí se expresa una relación entre el conocimiento cotidiano y el conocimiento científico acerca de un determinado fenómeno, que implica poseer la capacidad de pasar de un tipo de conocimiento al otro.

En el ámbito cotidiano, el lenguaje natural es una herramienta poderosa que permite a los individuos expresar una vasta gama de experiencias, emociones y observaciones de manera intuitiva y accesible. Sin embargo, esta misma característica que hace al lenguaje natural tan versátil también lo hace propenso a malentendidos y ambigüedades. Las palabras y las frases en el lenguaje natural a menudo llevan múltiples significados y connotaciones que pueden variar según el contexto y la interpretación personal.

El lenguaje científico, por otro lado, surge como una respuesta a la necesidad de claridad y precisión en la comunicación, especialmente en contextos donde los errores de interpretación pueden tener consecuencias significativas. Los científicos y académicos, al formalizar su lenguaje, buscan eliminar la ambigüedad y la vaguedad. Este proceso de formalización implica la adopción de terminología técnica específica y la estructura meticulosa de los argumentos, con el objetivo de transmitir ideas de manera inequívoca. Según Cassirer:

“El tránsito del concepto del lenguaje al concepto científico no consiste en una negación, en una simple inversión de los procesos espirituales en que se funda la formación del lenguaje, sino en una prosecución y en un incremento ideal de los mismos. La misma facultad espiritual básica que hace brotar los conceptos lingüísticos de los conceptos “intuitivos” da finalmente a los primeros la forma del concepto “científico”. Hemos visto cómo ya en el campo de la “concepción natural del mundo” impera la función de la representación. Sólo en virtud de ella pudo el mundo de los sentidos tomar la forma de un mundo de la “intuición” y de la “representación”.” (2020, p. 256)

Desde una perspectiva filosófica, esta transformación puede ser vista como un reflejo del ideal de la objetividad. Mientras que el lenguaje natural está intrínsecamente ligado a la perspectiva subjetiva del hablante, el lenguaje científico intenta alcanzar una forma de expresión que trascienda las percepciones individuales. La ciencia, en su búsqueda por descubrir verdades universales, requiere un medio de comunicación que minimice las interpretaciones erróneas y maximice la reproducibilidad y verificabilidad de sus afirmaciones.

Además, la transición al lenguaje científico también representa un compromiso con la lógica y el razonamiento. A medida que el lenguaje científico se estructura en torno a argumentos lógicos y evidencia empírica, se enfatiza la importancia de la coherencia interna y la justificación racional. Cada afirmación se respalda con datos concretos y se integra de manera coherente, dentro del marco teórico existente. Este énfasis en la lógica y la evidencia no solo fortalece la credibilidad del discurso científico, sino que también fomenta una cultura de escrutinio crítico y revisión por pares. La cuantificación es otro aspecto clave que distingue al lenguaje científico del lenguaje natural. En la vida cotidiana, las descripciones cualitativas son suficientes para la mayoría de las situaciones. Sin embargo, la ciencia demanda una precisión que solo puede ser alcanzada mediante la medición y la cuantificación. De acuerdo con Mosterín (2003):

“Cuando, por el contrario, carecemos de un concepto métrico para un ámbito que de momento sólo nos es dado cualitativamente, y de lo que se trata es de introducir por primera vez un concepto métrico que lo cuantifique, nos encontramos ante un problema de metrización.

Metrizar es introducir un concepto métrico donde no lo había. [...] El homomorfismo en que consiste la escala es como una traducción al lenguaje y al sistema matemático correspondiente del sistema empírico cualitativo inicial, que así queda cuantificado de alguna manera.” (p. 47 y p.49)

Al traducir observaciones cualitativas en datos cuantitativos, los científicos pueden analizar patrones, formular hipótesis verificables y realizar predicciones con un grado de exactitud que sería imposible en el lenguaje natural. El tránsito del lenguaje natural al lenguaje científico es un proceso que refleja el deseo humano de superar las limitaciones de la subjetividad y la ambigüedad en la búsqueda del conocimiento. Este cambio hacia una forma de comunicación más precisa, lógica y objetiva es fundamental para el avance de la ciencia y la comprensión humana del universo.

En este sentido, las representaciones se generan en una relación social, pues el conocimiento científico no surge *a priori*, se va construyendo de la relación con el medio. Sin embargo, Galagovsky citando a Jhonstone considera “que la mayoría de los conceptos que se utilizan en química no tienen un medio sencillo y directo de ser percibidos por vía sensible” (2003, p. 108); esto sucede con distintas disciplinas de la ciencia en las que la forma de expresar sus problemas es tan abstracta que es difícil para los estudiantes comprenderlos. A partir de ello adquiere importancia el tema de la alfabetización científica, que permite un acceso más amplio al conocimiento que producen las ciencias. Sin embargo, este propósito resulta difícil ya que depende de los niveles de complejidad de los problemas que aborda la ciencia.

Los científicos constituyen comunidades de especialistas en los diversos problemas asociados a las distintas disciplinas que componen la ciencia moderna. Por lo tanto, el acceso a estos problemas implica un nivel importante de especialización. Sin embargo, a nivel de los procesos de enseñanza-aprendizaje es importante plantearse el tipo de educación que deben recibir los jóvenes para poder desenvolverse en una sociedad que resulta cada vez más sofisticada a nivel científico y tecnológico.

En la actualidad las comunidades científicas están fragmentadas en círculos de expertos especializados, lo que impide que cualquiera que no esté especializado en un tema en particular tenga un acceso fácil a este tipo de conocimiento. Como bien lo advierte Kuhn:

“En ese sentido, las comunidades, desde luego, existen en muchos niveles. La más global es la comunidad de todos los científicos naturalistas. A un nivel apenas inferior, los principales grupos de científicos profesionales son comunidades: médicos, químicos, astrónomos, zoólogos y similares. Para estos grandes grupos, la pertenencia a una comunidad queda inmediatamente establecida, excepto en sus límites. Temas de la mayor dificultad, afiliación a las sociedades profesionales y publicaciones leídas son, por lo general, más que suficientes. Las técnicas similares también pueden aislar a los principales subgrupos: químicos orgánicos, quizás los químicos de las proteínas entre ellos, físicos especializados en transistores, radio astrónomos, etc.” (2004, p. 273)

En esta perspectiva, en el ámbito educativo se plantea el reto pedagógico de cómo permitirles a los estudiantes el acceso a la comprensión de un número importante de temas que hacen parte de las diversas especializaciones con las que cuenta la ciencia en la actualidad.

Como consecuencia, las diversas ciencias han desarrollado lenguajes específicos a las múltiples especializaciones en las que se ha fragmentado el conocimiento. Esto supone el desarrollo de representaciones propias a cada especialidad, por ejemplo, en matemáticas es usual emplear ecuaciones, gráficas expresadas a través de números o su combinación con letras; mientras que en la química se han desarrollado determinadas representaciones para la expresión de átomos, moléculas, procesos, entre otros. Aunque también sucede que algunas representaciones son compartidas por varias disciplinas.

En el marco de lo que se ha denominado “conocimiento pedagógico de la ciencia” (CPC), que hace referencia a la forma en la que, a través de una modalidad pedagógica, se logra comprender cómo se debe organizar, representar, adaptar y exponer un tema o contenido a las habilidades y capacidades de los estudiantes. Los diferentes tecnicismos que emplea la ciencia para referirse a un tema en particular, que se expresan a través de diversas representaciones, deben tratarse de tal forma que puedan ser transmitidos y entendidos por los aprendices. En este sentido, también se puede afirmar que las ideas, los conocimientos y el sistema de creencias que tienen los docentes influyen en lo que sus estudiantes construyen. Para Rassetto:

“La importancia de analizar las concepciones de los maestros sobre la ciencia se puede vincular con, al menos, tres aspectos diferentes. En primer lugar, trabajar sobre el eje curricular, es decir, cómo se “leen” los Contenidos Básicos Comunes, qué incidencia se le otorga en los nuevos diseños curriculares a las Ciencias Naturales, qué lugar se les asigna a las disciplinas en la configuración del área de Ciencias Naturales, la forma y los criterios para su intervención en la planificación de las clases, y los procesos que fundamentan la selección y organización del contenido a enseñar. En segundo lugar, se considera como eje la enseñanza, interesando el enfoque u orientación de los contenidos enseñados, la implementación de estrategias didácticas y la selección de textos. En tercer lugar, el eje es epistemológico, involucrando la concepción de aprendizaje y el lugar otorgado a las Ciencias Naturales en la construcción del conocimiento.” (Et al., 1999, p. 6)

Es importante reconocer cómo la educación ve el conocimiento y como lo trasmite, pues de ello dependen las ideas apropiadas o erradas sobre las ciencias naturales. Por ejemplo, cuándo se les pregunta a los estudiantes cómo está constituido el sistema digestivo, se observa que en su gran mayoría tienen conocimiento de que la comida ingresa por un orificio, llamado boca, luego pasa por un tractor largo y es desechada; pero en muchas ocasiones no conciben el sistema digestivo como un complejo de órganos que son necesarios para que se produzca la transformación de los alimentos. En estos aspectos las distintas formas de representar la ciencia a través del lenguaje, son la manera como el docente logra en un proceso que el aprendizaje sea significativo, que se ancle en la estructura cognitiva del estudiante, en el propósito de construir un conocimiento científico. Pues la representación permite,

“La integración de los nuevos conocimientos, la interpretación de la realidad y la orientación de las conductas y las relaciones sociales. Según Moscovici, las representaciones guían el pensamiento y actúan como un sistema de clasificación de lo desconocido; hacen referencia tanto al producto como al proceso de la construcción mental de la realidad. Tienen una faz figurativa que es el aspecto de imagen; y una faz simbólica o significante; ambas caras, símbolo y significado, son inseparables.” (Rassetto, et al, 1999, p. 6)

Finalmente es importante señalar cómo la representación permite la construcción del conocimiento, como menciona el autor la imagen, el símbolo y el significado trabajan en conjunto, relación dialéctica en el proceso de conocimiento del ser humano.

Referencias bibliográficas

- Benvenuto, R. M. (2018). Analogy and symbol: key concepts for the joint between nature and freedom in Kant's Kritik der Urteilkraft. En *Signos filosóficos*, 20(40), 88-115.
- Candela, B. (2018). *El lenguaje y las múltiples representaciones externas: Estrategias de pensamiento en el aprendizaje de ciencias*. Cali: Editorial Universidad del Valle.
- Cantoral, R., Lezama, J., Farfán, R. M., & Sierra, G. M. (2006). Socioepistemología y representación: algunos ejemplos. En *RELIME. Revista latinoamericana de investigación en matemática educativa*, 9(1), 83-102.
- Cañaveral Bermúdez, L. J., Nieto Dionicio, A. S., & Vaca Ocampo, J. H. (2020). El aprendizaje significativo en las principales obras de David Ausubel: lectura desde la pedagogía. En [http://repository.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/12251/El aprendizaje significativo en las principales obras de David Ausubel lectura desde la pedagogia.pdf?sequence=5](http://repository.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/12251/El_aprendizaje_significativo_en_las_principales_obras_de_David_Ausubel_lectura_desde_la_pedagogia.pdf?sequence=5)
- Cassirer, E. (2016). *Filosofía de las formas simbólicas, I: el lenguaje*. México: Fondo de cultura económica.
- Cassirer, E. (2020). *Filosofía de las formas simbólicas, III: fenomenología del pensamiento*. México: Fondo de cultura económica.
- Castro, A. C., & Ramírez, R. R. (2013). Enseñanza de las ciencias naturales para el desarrollo de competencias científicas. En *Amazonia investiga*, 2(3), 30-53.
- Contreras, F. (2016). El aprendizaje significativo y su relación con otras estrategias. En *Horizonte de la Ciencia*, 6 (10), 130-140.
<https://www.redalyc.org/journal/5709/570960870014/html/>
- Duval, R. (1999). *Semiosis y pensamiento humano: Registros semióticos y aprendizajes intelectuales*. Cali: Editorial Universidad del Valle.
- Feynman, R. P. (2000). *El carácter de la ley física*. Barcelona: Tusquets Editores.
- Galagovsky, L. R., Rodríguez, M. A., Stamati, N., & Morales, L. (2003). Representaciones mentales, lenguajes y códigos en la enseñanza de las ciencias naturales: un ejemplo para el aprendizaje del concepto de reacción química a partir del concepto de mezcla. En *Enseñanza de las Ciencias*, 21(1), 107-121.
<https://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v21n1/02124521v21n1p107.pdf>

- Galván-Cardoso, A. P., & Siado-Ramos, E. (2021). Educación Tradicional: Un modelo de enseñanza centrado en el estudiante. En *Cienciamatria*, 7(12), 962-975.
<https://ojs.cienciamatriarevista.org.ve/index.php/cm/article/download/457/645>
- Kuhn, T. S. (2004). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de cultura económica.
- Lakatos, Imre (1983). *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza Editorial, 1.983. 315 p.
- Mosterín, J. (2003). *Conceptos y teorías en la ciencia* (Vol. 394). Madrid: Alianza.
- Pozo Municio, J. I. (1998). *Aprender y enseñar ciencia: del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid: Ediciones Morata.
- Rico, L. (2009). Sobre las nociones de representación y comprensión en la investigación en educación matemática. En: *pna*, 4(1), 1-14.
- Yacuzzi, M. L., & Borzi, S. L. (2015). La génesis de la representación en Piaget y en Vigotsky. En: *V Congreso Internacional de Investigación de la Facultad de Psicología de la Universidad Nacional de La Plata* (La Plata, 2015).
- Skinner, B. F., & Ardila, R. (1975). *Sobre el conductismo* (pp. 158-159). Barcelona: Fontanella.
<https://psicologiaen.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/06/burrhus-frederick-skinner-sobre-el-conductismo.pdf>
- Vigotsky, L. S. (2021). *Pensamiento y lenguaje*. Editorial Pueblo y Educación.
<https://www.proletarios.org/books/Vygotsky Obras Escogidas TOMO 2.pdf>
- Candela, B y Viáfara, R. (2017). *Aprendiendo a enseñar química: la CoRe y los Pap-eRs como instrumentos para identificar y desarrollar el CPC*. Cali: Editorial Universidad del Valle.
<https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/server/api/core/bitstreams/b2b63048-28d2-4cf0-8dc6-0b568adbbef8/content>

CAPÍTULO 2

REPRESENTACIÓN SEMIÓTICA Y APLICACIÓN DE LA CIENCIA

El uso, la producción, la transmisión y la interpretación de los signos ha sido un tema presente desde la antigüedad donde se pueden encontrar consideraciones acerca del conocimiento a través del lenguaje y los signos. El origen de la reflexión sobre los signos se encuentra en los presocráticos, siglo V a.C., con el debate acerca de la oposición entre la naturalidad y la convencionalidad del signo. En los diálogos platónicos como el *Teeteto* o el *Crátilo*, aparece el tema de la imagen en relación con el problema del saber, pues ya se intuía el potencial contenido que una imagen tiene tanto desde el punto de vista descriptivo como desde la imitación de figuras naturales. Filóstrato de Atenas, un sofista que vivió aproximadamente durante el siglo II a. C., tiene reflexiones sobre el problema de la imagen desde la perspectiva del arte visual. En el Medioevo el estudio general de los signos comienza con Agustín y culmina con el libro *Tractatus de Signis* de John Poinsett, publicado en 1632. En la modernidad el desarrollo de esta disciplina fue impulsado por los trabajos de Ferdinand de Saussure y Charles Pierce. (Alcides, 1997)

Hasta principios del siglo XX la imagen se había abordado tan solo como un fenómeno artístico y no como un tema que le compete específicamente a una reflexión filosófica. Sin embargo, el crecimiento de una perspectiva filosófica de la imagen ha sido muy importante, a tal punto que hoy en día existen departamentos de estudios visuales y cultura visual y revistas académicas que se dedican al tema. Lo anterior ha permitido el desarrollo de estudios interdisciplinarios sobre la relación entre lo verbal y visual, surgiendo nuevas formas de iconología crítica y algo denominado ciencia de la imagen.

Magariños (2008) nos ofrece la siguiente definición de la semiótica:

“Entiendo por “semiótica”, como disciplina, un conjunto de conceptos y operaciones destinado a explicar cómo y por qué un determinado fenómeno adquiere, en una determinada sociedad y en un determinado momento histórico de tal sociedad, una determinada significación y cuál sea ésta, cómo se la comunica y cuáles sean sus posibilidades de transformación.” (p. 10)

Esta definición permite un acercamiento a la semiótica desde una perspectiva social e interpretación de lo que la sociedad brinda, que es importante en los procesos educativos, pues la interpretación que el estudiante le da a la realidad constituye la manera de contextualizar los procesos educativos, y permite comprender el papel que juegan las representaciones.

En este capítulo nos concentraremos en las representaciones semióticas que para Duval (2017) consisten en un sistema de signos que pueden tomar diferentes significaciones de acuerdo al individuo que los utiliza. Esta definición nos permite entender que sobre un objeto o concepto se pueden dar distintas representaciones que le permitan al sujeto comprender su significación mediante una representación que le lleva a interiorizar y apropiarse el conocimiento. En este sentido, Duval (2017) reconoce que las representaciones semióticas hacen parte de la actividad cognitiva, pues tienen como función la comunicación, pero también la transformación y toma de consciencia de la información. Por otra parte, las representaciones semióticas son un soporte de las representaciones mentales que, al movilizarse de un nivel de representación a otro, permiten realizar una conversión y apropiación del conocimiento.

En este sentido, Duval (2017) considera que:

“Los sistemas semióticos en efecto, deben permitir cumplir las tres actividades cognitivas inherentes a toda representación. En primer lugar, construir un signo o un conjunto de signos perceptibles que sean identificables como una representación de alguna cosa en un sistema determinado. Luego, transformar las representaciones de acuerdo con las únicas reglas propias al sistema, de modo que se obtengan otras representaciones que puedan constituir una ganancia de conocimiento en comparación con la representación inicial. Por último, convertir las representaciones producidas en un sistema de representaciones en otro sistema, de manera tal que estas últimas permitan explicitar otras significaciones relativas a aquello que es representado.” (p. 29)

Las tres actividades cognitivas muestran la relación que existe entre la representación y la construcción del conocimiento, ya que, aquello que se quiere enseñar tiene un signo, una idea que se representa, que después pasa a convertirse en una

representación determinada que permite construir conocimiento, y esta actividad de conversión proporciona distintas opciones de representación. Sin embargo, García y Perales (2006) consideran que esta última actividad es ignorada en los procesos de enseñanza y aprendizaje, debido a que el maestro, ocupado en dar a conocer algún concepto, se le olvida la construcción de conocimiento y no tiene en cuenta las distintas opciones en las que ese concepto se puede representar y en ese mismo sentido, las distintas formas en las que un estudiante aprende.

Duval (2017) señala que en la formación del conocimiento científico es necesario el uso de simbolismos específicos, es decir, que lo que se enseña en las ciencias tiene una cierta forma de representación, por ejemplo, tanto en las matemáticas como en la química, de acuerdo al concepto que se trabaja, se utilizan gráficas, formulas, enunciados, modelizaciones, que permiten una representación de lo que se enseña; pero en ocasiones los profesores presentan sólo uno de ellas, o los presentan todas, pero no se hace consciencia del concepto, para lograr identificar de qué manera lo internaliza el estudiante.

El sentido del significado y el signo

Generalmente una palabra puede llevar a muchas representaciones o quizás solo a una, por lo que es de gran importancia comprender que el significado de la palabra depende del uso del lenguaje. En este sentido los registros semióticos son una forma de usar el lenguaje para expresar lo que se quiere decir a través de signos, ecuaciones, representaciones o gráficas. Estos pueden mostrarse de diversas formas a través de la palabra y su significado, por ejemplo, cuando se usa la palabra “muñeca”, cobra sentido de acuerdo al contexto en el que se presente, puede referirse a una parte de la mano o a un juguete. Esto advierte sobre la necesidad de ser cuidadosos en el uso del lenguaje, pues si no es contextualizado, puede ofrecernos una interpretación que se aleja del verdadero sentido de lo que se quiere representar o expresar.

A partir de lo anterior, Peirce considera que existe tres formas de relacionar el signo para comprender el significado de la palabra o el concepto. Para ello debe existir un signo, un objeto y un intérprete; estos deben relacionarse para llegar a una significación, llevando a considerar la semiótica una forma general, trídica y pragmática; porque la palabra tiene un sentido intelectual, presenta tres elementos (representación, objeto e intérprete) y tiene

en cuenta el contexto para comprender el significado. Es decir, que, al observar una ecuación, una gráfica, una imagen, estos se consideran los objetos y a partir de ellos se genera una representación, que aquel que las observa, las desarrolla, las comprende las interpreta y las aplica de acuerdo al contexto que se encuentre. En este sentido, de acuerdo con Saussure (2007):

“El punto de partida del circuito está en el cerebro de uno de ellos, por ejemplo, en el de A, donde los hechos de conciencia, que llamaremos conceptos, se hallan asociados con las representaciones de los signos lingüísticos o imágenes acústicas que sirven a su expresión. Supongamos que un concepto dado desencadena en el cerebro una imagen acústica correspondiente: éste es un fenómeno enteramente psíquico, seguido a su vez de un proceso fisiológico: el cerebro transmite a los órganos de la fonación un impulso correlativo a la imagen; luego las ondas sonoras se propagan de la boca de A al oído de B: proceso puramente físico. A continuación, el circuito sigue en B un orden inverso: del oído al cerebro, transmisión fisiológica de la imagen acústica; en el cerebro, asociación psíquica de esta imagen con el concepto correspondiente. Si B habla a su vez, este nuevo acto seguirá –de su cerebro al de A– exactamente la misma marcha que el primero y pasará por las mismas fases sucesivas.” (pp. 60-61)

El autor nos ofrece una mirada de la representación desde una perspectiva fisiológica y psíquica. Esto permite comprender la complejidad de las interpretaciones, pues el signo no sólo requiere del objeto o concepto que representa, sino que debe realizar un puente entre el intérprete que es quién finalmente realiza un proceso de reconocimiento de la representación.

Para Saussure la lengua no es el único sistema de signos que expresa ideas, a partir de aquí piensa la semiología como la ciencia general de los signos que incluye la lingüística, que incluye la relación entre el sonido y el sentido de la lengua o lo que él llamó el significante y el significado. En este sentido, Saussure describe el signo lingüístico como una entidad psíquica.

Por otra parte, Pierce propone una teoría de los signos que permite comprender la lengua de una forma mucho más amplia. Donde el signo tiene una materialidad que puede ser percibida por todos nuestros sentidos, y que adquiere significación a partir de mi cultura

o contexto. Por lo anterior, Pierce considera que existe una estrecha relación entre el significante, el objeto y el intérprete, cuya interacción genera una significación de acuerdo al contexto.

Según Martínez (2019) una imagen mental es distinta del esquema mental, porque este último centra los rasgos visuales que permiten reconocer la imagen o la percepción que hay de los objetos, es decir, que es una estructura formal de interiorización y asociación del objeto y de los rasgos que se pueden visualizar. Entre tanto, el enfoque semiótico se aborda desde el ángulo de la significación, pero no se debe abordar desde la emoción o del placer, porque si bien se da un significado e interpretación a partir de quienes lo perciben, esta debe ser más en el sentido de expresar ideas, pues buscamos siempre interpretar todo aquello que nos rodea, por ser seres sociales.

De este modo, los signos no sólo tienen un sentido disciplinario, también se convive a diario con ellos. Este punto juega un papel importante, porque al relacionar las representaciones semióticas con la ciencia, se aprecia el conocimiento desde la cotidianidad. En la enseñanza de la ciencia, en el aula de clase, se observa como el estudiante relaciona su mundo real y común con las experiencias que las ciencias naturales le brindan. Por ejemplo, cuando el estudiante relaciona los procesos de evaporación con los de cocción en la cocina, mientras la mamá prepara el almuerzo.

Todo lo anterior, le da sentido al signo que se asocia a un concepto que es el concepto del mismo, porque no se trata de sólo representaciones, sino que se derivan de una serie de interacciones que llevan al sujeto (intérprete) a comprender, a darle un significado al signo teniendo en cuenta sus experiencias. En este sentido, la relación entre el significante y el significado es, en gran medida, arbitraria, lo que significa que no existe una conexión intrínseca entre el sonido o la forma del signo (significante) y el concepto o idea que representa (significado). Esta arbitrariedad es evidente en los diferentes idiomas, donde las palabras para el mismo objeto o concepto pueden variar significativamente; es por ello que las representaciones deben ser contextualizadas, sin embargo, en el caso de las ciencias se puede hablar de una unificación de representaciones, a través de las leyes, como ocurre con la ley de los gases, la cual presenta, en cualquier lugar que se estudie, formulas universales para su aplicación y estudio.

Otra distinción importante es la que se establece entre la *denotación* y la *connotación*. La denotación se refiere a la representación literal y objetiva de un objeto o concepto. Por ejemplo, la denotación de la palabra “sol” es la estrella que brilla en el cielo durante el día. La connotación, por otro lado, se refiere a las asociaciones, emociones y significados adicionales que pueden estar relacionados con un signo debido a factores culturales, sociales o personales. Por ejemplo, la palabra “sol” puede connotar calidez, alegría y luminosidad para algunas personas. Finalmente, el significado es el componente cognitivo y conceptual de un signo que se asocia con su representación material (significante) y que puede ser objeto de análisis y estudio en diversos contextos y disciplinas. La semiótica busca comprender cómo se producen, transmiten y comprenden los significados a través de los signos en la comunicación humana.

Las representaciones semióticas en ciencias

Las representaciones semióticas constituyen una de las formas que utiliza la ciencia para comunicar el conocimiento. De este modo, según Benítez y Valderrama (2014), las representaciones cobran sentido cuando:

- “(a) El lenguaje de la ciencia utiliza numerosas y diferentes representaciones para presentar los fenómenos que estudia.
- (b) Las representaciones usadas por la ciencia son de naturaleza semiótica porque pueden ser expresadas y compartidas con otros.
- (c) El aprendizaje de los conceptos pertenecientes a la ciencia, está ligado al aprendizaje sobre las representaciones que forman parte del conocimiento científico.
- (d) El aprendizaje de las ciencias debe hacer énfasis en los procesos necesarios para formar estas representaciones semióticas y para transformarlas en otras.” (p. 18)

Lo anterior, nos permite comprender la importancia de las representaciones en las ciencias puesto que indica como su aporte no solo queda en una adquisición de conocimiento, sino que facilita el uso de la ciencia en los procesos de aprendizaje. El ítem (a) presenta la representación en su gran uso en las ciencias, pues no sólo se ubica en un solo fenómeno, sino que aporta a la diversidad de fenómenos que en ella se puedan presentar. En el ítem (b) las representaciones pueden ser compartidas, expresadas, es decir, permite la alfabetización científica, no se queda encapsulada para

los expertos. En el ítem (c) permite reconocer que las representaciones hacen parte del conocimiento científico y por ello es necesario su aprendizaje, lo que nos conduce al ítem (d) que hace referencia a la transformación que tienen las representaciones, que llevan a niveles de representación.

La importancia de las representaciones semióticas en la ciencia, permite consolidar el conocimiento a través del aprendizaje cuando este se representa de distintas maneras. Con esto el estudiante no sólo puede comprender un concepto, sino interiorizarlo y ponerlo en un contexto, además que las representaciones semióticas llevan a un plano comprensible muchos de los contenidos estudiados que son muy abstractos.

De esta manera, las representaciones semióticas en la ciencia permiten reconocer, tanto en los estudiantes como en los profesores, las ideas que tienen en relación a un concepto, y de qué manera pueden ser modificadas o mejoradas. Con respecto a esto, Candela (2018) sostiene:

“Rusell y McGuigan (2001) argumentan que los aprendices demandan generar varias representaciones de un concepto y recodificarlas en diferentes modos, a la vez que refinan y hacen más explícita su comprensión. Por tanto, durante las clases de ciencias, los estudiantes junto al profesor generan varias representaciones del contenido, así, la construcción del nuevo conocimiento en el aula es vista como el proceso de hacer y transformar los diferentes modos semióticos de representación”. (p. 109)

Es importante comprender que las representaciones semióticas son dinámicas lo que les permite generar y construir conocimiento. También es fundamental hacer consciente las representaciones que se utilizan y, en primer lugar, quién las hace consciente es el profesor, lo que le permite concientizar a los estudiantes sobre los niveles de representación y que puedan internalizar los conceptos. Según García y Perales (2006, p. 249):

“En cuanto a la utilización y comprensión de las representaciones semióticas por parte de los estudiantes, ellos pueden tener los siguientes problemas.

- No suelen comprender su naturaleza mediática y metafórica. (Galagovsky y Aduriz - Bravo, 2001)

- Cuando analizan varias representaciones se centran en una sola de ellas (la más familiar y concreta) y en sus características superficiales (no las relevantes conceptualmente). (Seufert, 2003; Lowe, 1996)
- Igualmente, cuando usan diferentes representaciones tienen dificultades en su coordinación e integración (Van Someren y col., 1998; Seufert, 2003); y sólo realizan conexiones entre ellas cuando se enfrentan a proceso de resolución de problemas". (Tabachneck y Simon, 1998)

Las anteriores dificultades hacen parte de las muchas que pueden enfrentar los estudiantes, ya que no solo se trata de los problemas con las representaciones semióticas, sino también las de orden disciplinar. Sin embargo, lograr estrategias que ayuden a replantear y vencer estas dificultades es un aporte que también ayuda a superar las dificultades disciplinares; pues las representaciones permiten darles significación a los conceptos que se enseñan y de este modo mejorar su apropiación.

Candela (2018) reconoce que el uso apropiado de las representaciones semióticas es beneficioso, porque no se dan de acciones pedagógicas intuitivas, pues los docentes y estudiantes comprenden que integrar y combinar los recursos semióticos tienen ventajas y desventajas que son necesarias para comprender el fenómeno estudiado.

Esto quiere decir que las representaciones semióticas constituyen un elemento importante en la mediación de la enseñanza de la ciencia, ya que el profesor al utilizarlas hace que los procesos de enseñanza-aprendizaje sean significativos y, sobre todo, internalizados y comprendidos. Es necesario recordar que la mediación didáctica es la acción del profesor en relación a lo que enseña, en la que hace uso de distintas herramientas que le permiten facilitar el conocimiento al estudiante. Por ello, las representaciones semióticas son parte de los procesos de mediación en la enseñanza de la ciencia, ya que, al reconocer los distintos niveles de representación de un concepto o un contenido a enseñar, permite tanto al docente como al estudiante construir pensamiento.

Finalmente, las representaciones semióticas son de gran importancia en los procesos educativos, porque permiten otorgar distintas significaciones a los conceptos que se enseñan y aprenden. Así mismo, constituyen una estrategia de mediación que mejora la relación

estudiante-docente y de este modo facilita la enseñanza-aprendizaje; pues el estudiante deja de ser un depósito de conocimiento y se convierte en un constructor del mismo.

Cuatro conceptos fundamentales de la ciencia de la imagen

Según W.J.T Mitchell (2019), existen cuatro conceptos fundamentales para la discusión sobre el concepto de imagen que, además, constituyen uno de los aportes más importantes al área de los estudios visuales y la cultura visual, que toma la imagen como un objeto de estudio y reflexión filosófica. Los cuatro conceptos son: I) giro pictorial; II) imagen/imagen material; III) metaimagen; IV) bioimágenes.

El giro pictórico

Giro pictórico es un término que, según W.J.T Mitchell (2019), se compara con el giro icónico, el cual se asocia a los estudios visuales y, en general, a la cultura visual. La relación entre estas dos expresiones se ha malentendido, pues se pretende reducir la complejidad de este fenómeno histórico al hecho técnico relacionado con el auge de los medios visuales, tales como la televisión, el video y el cine; sin embargo, se trata de algo que va más allá de lo técnico, y que incluye la relación que encierra las teorías del arte, del lenguaje y de la mente con el problema de la imagen, que puede ser abordado desde una perspectiva sociológica.

El primer aspecto a considerar es que hay que evitar una mirada simplificada del giro pictórico, que lo reduce a lo visual, ya que estos medios se caracterizan por ser una combinación entre elementos sensoriales y semióticos, es decir hibridaciones que combinan el sonido, la visión, el texto y la imagen.

Un segundo aspecto a considerar consiste en que el giro pictórico no se limita a la modernidad o la cultura visual moderna, sino que se puede encontrar en la historia de la cultura y se expresa particularmente cuando se gestan nuevas imágenes a partir de un determinado movimiento social, político o estético. Ejemplos, que se pueden rastrear en diferentes periodos históricos, como la pintura de caballete y la fotografía se pueden considerar como giros pictóricos. A menudo estos cambios suelen valorarse como amenazantes o beneficiosos, según la mirada de los diferentes actores sociales. Sin embargo, resulta complejo hablar, desde un punto de vista objetivo, sobre la valoración ética de las imágenes.

Un tercer aspecto del giro pictórico, tiene que ver con el tema de la idolatría de la imagen y el peligro de sus efectos nocivos desde un punto de vista social, pues podría resultar en una oposición directa a la palabra o, como comúnmente sucede con los usos en los que se emplea la imagen, en demagogia. Así, los giros pictóricos muestran una tensión entre la imagen y la palabra, la primera adquiriendo un rasgo sinónimo de analfabetismo, y la segunda teniendo el lugar privilegiado de la alfabetización y el saber.

En cuarto aspecto a considerar cuando tratamos este tema, es que estamos refiriéndonos a una serie de estudios interdisciplinarios en los cuales la filosofía desempeña un papel protagónico. Así como Richard Rorty hablaba de un giro lingüístico cuyo problema filosófico fundamental es la naturaleza del lenguaje, del mismo modo el giro pictórico produce una transformación en la reflexión filosófica, centrada, fundamentalmente, en el problema de la imagen, y no solo las visuales sino también las materiales, biodigitales, mentales, etc.

La imagen ha tomado un lugar central en la reflexión filosófica que va desde el ámbito político hasta las reflexiones más abstractas y generales de la psicología y el comportamiento humano, pues la riqueza de contenido encerrado en la imagen constituye un objeto de estudio por el cual se puede acceder a la misma estructura del conocimiento. Como señala Mitchell (2019), la filosofía no solo está mediada por el lenguaje verbal como elemento fundamental de conocimiento, sino que encierra una variedad de aspectos representacionales, entre los que se encuentra la imagen.

En síntesis, el giro pictórico como expresión de la importancia de la imagen, permite destacar que este asunto no solo puede ser abordado desde la perspectiva de la historia del arte, sino también como parte fundamental de una serie de problemáticas más generales de orden epistemológico, ético, psicológico, estético y político. Por la complejidad y variedad que caracteriza a este tema, se configura una especie de metafísica de la imagen en la cual se enfatiza la relación palabra-imagen.

Imagen/imagen material

W.J.T Mitchell (2019) distingue entre la palabra *picture* como imagen material y a la palabra *image* como aquello que perdura en el tiempo, es decir, un elemento abstracto que puede replicarse en tal o cual formato. Así, la imagen material es aquello que aparece

físicamente en algún tipo de soporte, que se puede colgar en la pared de una sala o se puede cargar en la billetera como un recuerdo. A este respecto Mitchell nos dice: “la imagen no cobra apariencia sino en algún medio, pero también es aquello que trasciende los medios, lo que puede transferirse de un medio a otro”. (Mitchell, 2019, p. 26)

De este modo, por ejemplo, podemos decir que la pintura de Jacques-Louis David en la cual Sócrates aparece con la cicuta en la mano hablando con las personas a su alrededor, representa, en este caso, una imagen material, es decir, como narrativa visual. Por otro lado, el diálogo Fedón representaría una narrativa verbal. Sin embargo, lo interesante es que ambas narrativas, tanto la visual como la verbal, hacen referencia a la misma imagen, a saber, la muerte de Sócrates o los últimos momentos con vida del sabio griego. Así pues, la imagen se configura como una especie de entidad bastante abstracta, bastaría con mencionar su nombre para traerla a la mente, es decir, para que aparezca en la conciencia de un cuerpo que percibe y recuerda. En este sentido, las imágenes nos permiten identificar un cierto género de imágenes puestas en una imagen material. A este respecto Mitchell nos dice:

“La imagen es, por lo tanto, la percepción de una relación de parecido o semejanza, o una forma análoga, aquello que C.H. Pierce definió como el signo icónico, un signo cuyas cualidades intrínsecas se parecen a las de algún otro objeto.” (2019, p. 27).

En síntesis, la imagen queda definida como una entidad abstracta cuyas formas son la manera descriptiva de hablar de ellas. El ejercicio de desentrañar su lógica interna establece una clara diferencia entre la manera de hablar de una imagen y su objetualidad. A este respecto Mitchell utiliza un planteamiento de Panofsky para diferenciar este aspecto, la presencia virtual aparece como cierto tipo de entidad representacional que permite reconocer las semejanzas y el saber reconocer las diferencias de las cualidades de lo representado.

Metaimágenes

Este concepto es un tipo de anidación, donde en una imagen material se encuentra la imagen de otra imagen material, un ejemplo de ello es la pintura *Las Meninas* en la que Velázquez se pinta a sí mismo en el cuadro; también la figura de un hombre que dibuja en

The New World por Saul Steinberg o *La adoración del becerro de oro* por Nicolas Poussin. Los tres anteriores ejemplos y otros cuantos más que el autor menciona en su libro *la Teoría de la imagen* (2009) presentan metaimágenes, donde una imagen en un medio (pintura) cataloga a una imagen en otro medio (escultura). En este sentido se evidencia un giro pictorial, donde hay un tránsito de las palabras a las imágenes, por ejemplo, de la ley de los diez mandamientos a la ley del ídolo.

A partir de lo anterior, no se puede decir que las metaimágenes sean extrañas o nunca se hayan visto, pues se pueden observar cada vez que una imagen aparece en otra. Por ejemplo, cuando en un programa de televisión aparece como decoración un televisor. En este sentido, se puede anidar el medio por ejemplo al presentar el becerro de oro en una pintura o una sombra en un dibujo. De esta misma manera, cualquier imagen se puede convertir en una metaimagen, siempre y cuando esta sea utilizada para reflexionar sobre la naturaleza de la imagen. También, el mito de la caverna de Platón constituye una metaimagen en la que se aprecia la naturaleza del conocimiento, a través de sombras y luces. En este caso, se brinda una metaimagen a través de una metáfora que fundamenta todo un discurso; lo mismo sucede con la metáfora del cuerpo político a partir de la figura del frontispicio del Leviatán de Hobbes. Algo parecido ocurre en el discurso biomédico, donde el organismo se presenta como una totalidad. A partir de los anteriores tipos de metáforas se le otorga un papel central a la imagen en los modelos de la mente, la percepción y la memoria.

Bioimágenes

Otra versión del giro pictorial se observa en la actualidad en relación con los procesos biológicos. Un ejemplo de ello es la clonación, que se toma como una metáfora que presenta una realidad biológica con implicaciones éticas y políticas. En retrospectiva, el clon, en su significado original, proviene de la botánica, pues significa esqueje o ramita, que hace referencia al proceso de injertar o trasplantar una planta. Sin embargo, con el tiempo se extendió al reino animal. Lo anterior, sumado a los avances técnicos, permite realizar nuevas interpretaciones de la vida, y conduce a la producción de nuevas imágenes que se enfocan en la vida artificial, la creación de nuevas formas de vida y seres a imagen y semejanza del hombre. Esto ha permitido extender esta imagen a distintos campos de estudio.

Los cuatro conceptos propuestos por W.J.T Mitchell, además de mostrar una estrecha relación con el arte, también se abren hacia las ciencias, lo que permite explorar las diversas representaciones, particularmente las que nos interesan en este trabajo, relacionadas con la química y, particularmente, la ley de Boyle.

Referencias bibliográficas

Magariños, J., (2008). *La semiótica de los bordes: apuntes de metodología semiótica*. Córdoba: Comunicarte.

<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/restudios/article/download/451/418/1468>

Duval, R. (2017). *Semiosis y pensamiento humano: registros semióticos y aprendizajes intelectuales*. 2da. Edición. Cali: Universidad del Valle.

Alcides, M. (1997). Estado del arte de la semiótica actual. En *Literatura y Lingüística*, 10. 101-204.

https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0716-58111997001000010&script=sci_arttext&tlng=en

García, J. J. G., & Perales, F. (2006). ¿Cómo usan los profesores de química las representaciones semióticas? En *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 5(2), 247-259.

http://www7.uc.cl/sw_educ/educacion/grecia/plano/html/pdfs/linea_investigacion/Otros_IOT/IOT_077.pdf

Saussure, Ferdinand (2007). *Curso de lingüística general*. Buenos Aires: Losada.

Benítez, M., & Valderrama, M. (2014). *Contribución de las representaciones semióticas sobre reacciones químicas en el cambio del concepto de reacción química*. (Tesis de Maestría). Universidad autónoma de Manizales, p. 49.

<https://repositorio.autonoma.edu.co/bitstream/11182/527/1/Contribuci%C3%B3n representaciones semi%C3%B3ticas reacciones qu%C3%ADmicas cambio concepto reacci%C3%B3n qu%C3%ADmica.pdf>

Candela, B. (2018). *El lenguaje y las múltiples representaciones externas: Estrategias de pensamiento en el aprendizaje de ciencias*. Cali: Editorial Universidad del Valle.

Mitchell, W. J. T. (2019). Cuatro conceptos fundamentales de la ciencia de la imagen. En *La ciencia de la imagen*. Ediciones Akal, pp. 23-30.

Mitchell, W. T. (2009). Teoría de la imagen (Vol. 5). Ediciones Akal.

CAPITULO 3

REPRESENTACIÓN SEMIÓTICA EN LA QUÍMICA

Luego de haber abordado el tema de las representaciones semióticas, en el capítulo 2, en este capítulo trataremos el concepto de *registro semiótico*, desde la perspectiva de la enseñanza de la ciencia, muy importante para el desarrollo de nuestro trabajo.

Registros semióticos

La representación semiótica que constituye un signo de alguna cosa que se quiere decir, hace uso de los registros semióticos para presentar aquello que se quiere comunicar. Como señala Duval (2017):

“Estos registros constituyen los grados de libertad de los que puede disponer un sujeto para objetivarse él mismo una idea aún confusa, un sentimiento latente, para explorar las informaciones, o simplemente, para comunicarlas a un interlocutor.” (p. 29)

Los registros semióticos son aquellas formas posibles en las que se representa una idea, que de acuerdo con lo que se transmite adquiere una forma particular. Si se toma como ejemplo las matemáticas, encontramos que las ciencias usan fórmulas, gráficas y ecuaciones, que constituyen representaciones de conceptos que son apprehendidos por los estudiantes durante el proceso de enseñanza y puestos en práctica, buscando que el estudiante pueda ponerlos en contexto.

El estudio de los registros semióticos muestra tres características con respecto si se tienen en cuenta los obstáculos que se puedan presentar y el desarrollo del conocimiento (Duval, 1999). La primera se refiere a la diversificación de los registros de representación, que indica las diferencias entre el lenguaje natural y el lenguaje simbólico. Razón por la cual estas dos clases de lenguajes plantean problemas distintos con relación al proceso de aprendizaje. Como señala Duval (1999):

“El lenguaje natural y las lenguas simbólicas no pueden considerarse como formando un único y mismo registro. Así como tampoco los esquemas, las figuras geométricas, los gráficos cartesianos o las tablas. Estos son sistemas de representaciones muy diferentes entre sí; cada uno plantea preguntas específicas sobre el aprendizaje.” (p. 30)

La segunda característica consiste en la diferenciación entre *representante* y *representado* o, en otras palabras, la diferencia entre *forma* y *contenido* de una representación. De cómo un concepto puede ser representado de distintas formas, con sus consecuencias cognoscitivas particulares.

Y la tercera característica consiste en la coordinación entre los diferentes registros de representación, lo que genera una dificultad con respecto al desarrollo de los registros semióticos. Sin embargo, se debe tener en cuenta que dependiendo del área disciplinar en el que se encuentre el objeto a representar, podrán existir uno o varios registros.

Lo señalado en los párrafos anteriores permiten establecer las condiciones para que los registros semióticos puedan ser aplicados en las distintas disciplinas y en los planes de estudio.

Al interior de los registros semióticos se evidencia una representación, que va guiada por un mundo representado y un mundo representante. Que de acuerdo Lacues (2018):

“La noción de esquema simbólico, caracterizado como el par formado por una colección de caracteres y otra de reglas que establecen la forma en que pueden combinarse, ordenarse o transformarse estos caracteres. La colección de reglas conforma la sintaxis del esquema simbólico. Un sistema de símbolos es una terna formada por esquema simbólico (mundo representante), un campo de referencia (mundo representado) y una correspondencia entre ellos, que podría no ser biunívoca.” (p. 19)

Los registros semióticos mediados por los distintos símbolos que la semiosis le pueda brindar, proporcionan una representación del mundo y, como lo menciona la cita anterior, la riqueza de los registros semióticos ofrece una gran cantidad de formas que pueden variar, y que buscan facilitar la comprensión de un concepto.

Lo anterior, permite afirmar que los registros semióticos muestran una gran variedad que puede ir de una ecuación a una figura; un ejemplo de ello son las ecuaciones matemáticas que pueden ser representadas como líneas o parábolas en un plano cartesiano, lo que no significa que el concepto cambie de significado, sino que muestra sus diferentes formas de representación semiótica. Sin embargo, como señala Duval (1998):

“[...] realza un aspecto de importancia didáctica: la coordinación entre registros no es natural ni ocurre espontáneamente; podría no ser estimulada en los aprendices por una enseñanza que ponga énfasis en los contenidos conceptuales y descuide los asuntos referidos a su representación, llevando a lo que llama “encasillamiento de los registros de representación.” (citado por Lacues, 2018, p. 45)

Es decir, que los registros semióticos de representación deben ser estimulados de tal manera que el estudiante pueda comprender su movilización o, en términos de Duval, la conversión de los distintos registros semióticos; y que la enseñanza no sólo se quede en una repetición de contenidos memorísticos, sino que se pueda dar una interacción que le permita al estudiante aprehender.

Ahora abordaremos las representaciones en las ciencias.

Registro semiótico en las ciencias

En la enseñanza de las ciencias se busca que los estudiantes aprendan determinados comportamientos de la naturaleza y en esa tarea, por su precisión y facilidad en sus procesos deductivos, asimile el lenguaje propio de la ciencia, quizás no técnico, pero sí comprensivo sobre el contenido que se enseña.

Para alcanzar este objetivo, se han identificado diferentes formas de enseñar el conocimiento científico de tal manera que se haga comprensible a quiénes aprenden. Si bien los estudiantes son los que interpretan lo que se enseña, el papel del docente es muy importante para que la comprensión sea la más acertada. Como menciona Candela (2018):

“El papel que juega el profesor como alguien que puede modelar a los estudiantes sobre aspectos como: hablar, escribir, diagramar, calcular, planear, observar, registrar, representar, analizar datos, formular hipótesis y conclusiones, conectar teorías, modelos y datos, y relacionar los resultados de un trabajo con otros.” (p. 95)

La cita destaca la importancia de las diferentes variables que debe de considerar el docente en el proceso de enseñanza de la ciencia, intercambiando distintas formas de lenguaje para lograr el aprendizaje significativo por parte del estudiante.

Sin embargo, hay que tener en cuenta algunas teorías psicológicas y cognitivas que permiten entender la importancia de la variación en una explicación. La psicología cultural, la cognición situada, entre otras, permiten reconocer la importancia del contexto en el que se moviliza un estudiante, que le permite la comprensión de lo que se enseña a través de los distintos registros semióticos. Como señala Lemke (1998):

“El sujeto hace uso constante de las herramientas y artefactos materiales que le proporciona el ambiente sociocultural, e interpreta sus propias acciones y resultados por medio de un sistema de significados culturales socialmente aprendidos, tales como las palabras, los diagramas y los símbolos matemáticos.” (Citado por Candela, 2018, p. 96)

Estas distintas formas de darle significado al mundo permiten incursionar en una semiótica al interior de las ciencias, que involucre los aspectos sociales incluidos en la enseñanza e interacción al interior de una clase pues,

“En las aulas de ciencias se dan acciones de significado, tales como: pronunciación de un conjunto de palabras dentro de un contexto específico; formulación de diagramas, gráficos, ecuaciones matemáticas; interpretación de gráficos; y diseño de demostraciones y laboratorios. Adicionalmente, destacó que la comprensión conceptual de un fenómeno natural se encuentra directamente relacionada con el desarrollo de la trayectoria de acciones de significado, las cuales son socialmente compartidas y conjuntamente construidas por la interacción entre el profesor y los estudiantes. A partir de estas asunciones Lemke (1990) formula una nueva perspectiva de ver la educación en ciencias, la cual denominó “semiótica social.”” (Candela, 2018, p. 98)

Desde la semiótica social se introduce las representaciones en las ciencias naturales, al comprender el sentido de la interacción de las distintas formas de mostrar la realidad y sobre los fenómenos científicos. La importancia de la semiótica en las ciencias naturales radica en facilitar la comprensión de los aspectos esenciales de las ciencias, que en la enseñanza de las ciencias se conoce como alfabetización científica; que a través de la semiótica se puede ver significada por distintas representaciones. Como señala Candela (2018):

“La semiótica social considera que los fenómenos naturales pueden ser representados a través de la interacción sinérgica entre varios recursos semióticos provenientes de un sistema cultural específico. Por ejemplo, no existe un fenómeno real correspondiente al concepto de energía, más bien, hay una variedad de fenómenos materiales complejos que pueden ser interpretados o contruidos de acuerdo a varios discursos o esquemas simbólicos donde se usa la noción de energía.” (p. 99)

A partir de lo anterior, se pueden evidenciar ejemplos de la vida cotidiana en la que se establece una relación con las representaciones semióticas, porque, aunque las personas del común quizás no estén en condiciones de ofrecer la definición o representación técnica de un concepto científico, puede ser que tengan las herramientas para describirlo. Y estos recursos son los que proporciona los registros semióticos al interior de la educación en ciencias.

Sin embargo, Lemke (1998 citado por Candela, 2018) hace una observación importante para considerar la efectividad de los registros semióticos en la educación, pues se ha evidenciado que los profesores enseñan todo lo relacionado con la teoría, pero no ofrecen la oportunidad de aprender a conocer y utilizar los diferentes recursos semióticos que se están enseñando en la teoría. Por esta razón es importante que el docente conozca, desde su disciplina, las diferentes maneras de mostrar un mismo contenido o concepto. Entonces:

“Se considera que probablemente el profesor está poniendo en escena los contenidos de las ciencias de la forma más clara posible, pero resulta inútil si los estudiantes no pueden descifrar el lenguaje en el cual se está relatando y mostrando dichos fenómenos.” (Candela, 2018, p. 102)

Por ello, debe haber una sincronía entre lo que se enseña y aprende, donde uno de los recursos principales son los registros semióticos. Porque en la enseñanza de las ciencias es importante que los estudiantes integren el conocimiento, de tal manera que se produzca la comprensión del fenómeno, concepto o contenido estudiado. (Gómez, 2008)

A partir de lo anterior, es importante reconocer que ciertos conceptos o contenidos de las ciencias cuentan con una diversidad de representaciones, de acuerdo a lo que se enseña.

En el siguiente apartado se avanzará en la comprensión de los niveles de representación en la enseñanza de la química.

La enseñanza de la química

La química como disciplina cuenta con un número importante de ramas y aplicaciones, y su origen se remonta al siglo XVIII. Mucho antes de su consolidación como una disciplina científica, los seres humanos habían sido testigos de una serie de fenómenos de la naturaleza relacionados con las alteraciones que sufrían diversas sustancias que utilizaban para distintos fines; y habían aprendiendo a utilizar algunos de estos fenómenos para su propio beneficio. Como señala Asimov (2003):

“Había ocasiones en que la naturaleza de las cosas sí cambiaba. Un rayo podía incendiar un bosque y reducirlo a un montón de cenizas y restos pulverizados, que en nada recordaban a los árboles que había antes en el mismo lugar. La carne conseguida mediante la caza podía estropearse y oler mal; y el jugo de las frutas podía agriarse con el tiempo, o convertirse en una bebida extrañamente estimulante. Este tipo de alteraciones en la naturaleza de las sustancias (acompañadas, como a veces descubrían los hombres, de cambios fundamentales en su estructura) constituyen el objeto de la ciencia que hemos dado en llamar Química.” (p. 7)

Una vez constituida como una disciplina científica, la química entró en contacto con otras disciplinas como la física y la matemática, lo que aumentó la complejidad de su aprendizaje y enseñanza. De este modo “la naturaleza abstracta de los tópicos, el alto componente matemático, un lenguaje basado en los tres niveles de representación y los núcleos conceptuales fundamentados por los esquemas conceptuales de la química” (Candela y Viáfara, 2014), hace que sea compleja la enseñanza de esta disciplina.

En este sentido, es importante resaltar que para comprender la química se debe tener conciencia de los tres niveles de representación que muestra su estructura conceptual, así

como aspectos de su enseñanza y aprendizaje. Estos tres niveles de representación, según Johnstone (1993 citado por De Manuel Torres, 2004), son:

- a) Nivel de representación macroscópico o funcional/descriptivo.
- b) Nivel de representación simbólico o representativo.
- c) Nivel de representación submicroscópico o explicativo.

Nivel de representación macroscópico

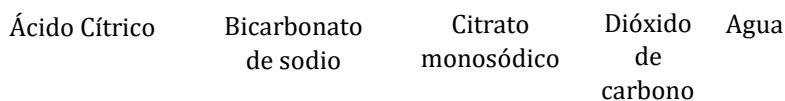
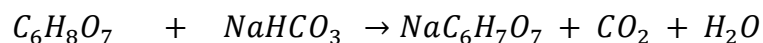
Se caracteriza por la interacción que se da entre los sentidos de los individuos y un fenómeno en particular que se está estudiando. En este caso se describe lo que se ve (*Ilustración No. 1*), por ejemplo, formas, características y propiedades intensivas (color, densidad, textura, entre otras). En este nivel se presenta a los individuos lo que ocurre, pero no por qué y cómo sucede. Se trata, como se indica en la naturaleza de su representación, de realizar una descripción de lo que sucede; una aproximación que no requiere un conocimiento técnico del asunto.



Ilustración No. 1. Nivel Macroscópico Reacción limón + Bicarbonato de sodio

Nivel de representación simbólico

En este nivel de representación los expertos y educadores se encargan de comunicar las transformaciones y propiedades que los caracterizan. Para ello se utilizan ecuaciones químicas, formulas y símbolos, que permiten explicar cómo se dan estos sucesos químicos. En este caso se traduce lo que se ve a una representación abstracta, como sucede en el ejemplo de la representación de la reacción que se da entre el limón y el bicarbonato de sodio:



La anterior conceptualización, permite una comprensión aproximada acerca de cómo se origina y qué produce la reacción entre el limón y el bicarbonato de sodio. Aquí se trata de una representación conceptual que solo comprenden quienes tienen una formación en química.

Nivel de representación submicroscópico

En este nivel de representación se realiza un acercamiento al comportamiento microscópico de los fenómenos químicos. Aquí encontramos una explicación de las causas de esta clase de fenómenos, a través de modelos teóricos donde intervienen los átomos, moléculas, iones, enlaces, entre otros (*Ilustración No. 2*), todo lo cual ofrece un modelo de lo que se presenta en el nivel macroscópico.

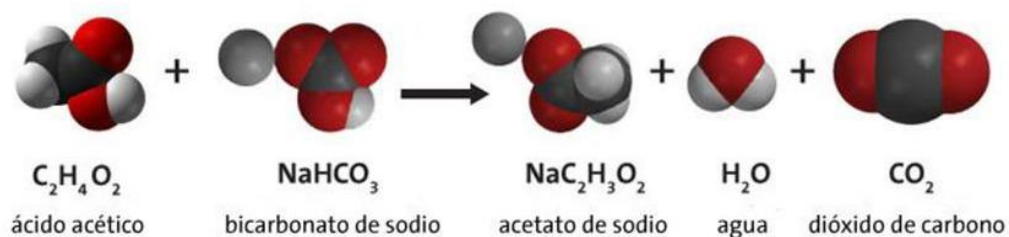


Ilustración No. 4. Nivel submicroscópico de una reacción ácido-base

Este modelo de la reacción entre el limón y el bicarbonato de sodio, permite que los individuos no especializados empiecen a comprender, desde la perspectiva de la química, por qué se da este tipo de fenómenos, pues logra presentar los diferentes elementos y compuestos que se combinan, así como lo que se produce.

Cada uno de los anteriores niveles de representación no actúa de forma aislada, ya que tienen que interactuar para ofrecer una comprensión adecuada de los fenómenos que le interesa explicar a la química. Como señala Johnstone:

“[...] estos tres niveles de representación de los fenómenos químicos interactúan entre sí, es decir, conforman un sistema iterativo que se encuentra encapsulado en la memoria permanente tanto del químico como del educador en química; en otras palabras, este sistema está constituido por un conocimiento en la acción que ha sido interiorizado por estos, dado su reiterado uso durante su desempeño profesional; por ello, no son conscientes cuando se mueven de un nivel a otro”. (Citado por Candela y Viáfara, 1982, p. 48)

La anterior cita llama la atención sobre las dificultades que deben enfrentar tanto los profesores como de los estudiantes, en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Los docentes han apropiado los niveles de representación y se mueven entre ellos fácilmente. Sin embargo, a los docentes muchas veces se les dificulta distinguir estos niveles a la hora de enseñar. En cuanto a los estudiantes, existe una mayor dificultad, pues, por lo general, no son conscientes de los niveles simbólico y submicroscópico. A los estudiantes se les dificulta acceder a la comprensión de estos dos niveles a pesar de trabajarlos a través de la guía que ofrece el docente. Candela y Viafara señalan lo siguiente al respecto:

“Si es duro para el enseñante hacer la separación de los tres niveles de representación durante el desarrollo de su clase, qué se podría decir del desespero del estudiante tratando de articular estos tres niveles (de cuya existencia no es consciente) para darle sentido a un fenómeno químico.” (2014, p. 49)

A partir de lo anterior, según Caamaño y Oñorbe (2004), se identifican algunas dificultades en los procesos de aprendizaje de la química, que hacen que sea más complejo la interacción entre los distintos niveles señalados:

1. *Dificultades intrínsecas y terminológicas*, que consisten, en primer lugar, como ya se ha mencionado en párrafos anteriores, en la desarticulación de los tres niveles de

representación, de donde derivan otras dificultades como el uso de modelos y teorías complejas en el aprendizaje escolar, que obligan al estudiante a realizar integraciones y diferenciaciones conceptuales para las que, en muchos casos, no está preparado. Ambigüedad del lenguaje, que ocurre entre los distintos niveles de representación, pues entre un nivel y otro, en muchas ocasiones, se utilizan términos que no se asocian lo que, en muchos casos, produce confusión. El uso de términos y formulas químicas con significados múltiples que pueden impedir su adecuada comprensión y generar baches en el aprendizaje. Una dificultad muy marcada es la desarticulación de la terminología empleada en la vida cotidiana en relación con los términos usados en la química, que hace que el estudiante tienda a perder el sentido de lo que está aprendiendo.

2. *Dificultad de los conceptos con respecto al pensamiento y las formas de razonamiento de los estudiantes.* Este tipo de dificultades se vinculan a la capacidad de inferencia que puedan tener los estudiantes frente a la química, por ejemplo, cuando el pensamiento microscópico de los sujetos se ve afectado por lo que se percibe en el mundo macroscópico. Así mismo, los estudiantes tienden a dar explicaciones de tipo teleológico frente a los fenómenos químicos. También se les dificulta llevar el concepto a un contexto diferente al que fue aprendido, por ejemplo, cuando se presentan ciertos problemas y son resueltos de una determinada manera en la clase, pero al cambiar el contexto no son capaces de inferir qué pasos deben seguir.
3. *Dificultad de aprender los conceptos químicos en cuanto al proceso de instrucción.* En este caso se hace referencia al uso inadecuado de las secuencias en el momento de realizar la interpretación de ciertos fenómenos químicos, en ese mismo sentido se evidencia que se presentan las dos dificultades mencionadas anteriormente. De este modo la secuenciación lleva a resultados y conclusiones erróneas.

Teniendo en cuenta las anteriores consideraciones, es necesario un replanteamiento del proceso de enseñanza teniendo en cuenta el papel que desempeñan las ideas previas de los estudiantes con respecto a los fenómenos que trata la química, así como el contexto en el que se encuentran ubicados. El papel del docente es importante para lograr una adecuada apropiación, comprensión y, sobre todo, apreciación de la química. Ya que:

“El aprendizaje de la química podría mejorar si el profesor, en primer lugar, explicita los tres niveles de representación que se encuentran registrados en su memoria permanente y, posteriormente, a través de la instrucción, le brinda la oportunidad al aprendiz para que de forma progresiva logre diferenciar e integrar a su estructura cognitiva cada uno de estos niveles.” (Candela y Viáfara, 2014, p. 52).

En este sentido, si el docente se hace consciente de los niveles de representación que maneja en el aula de clase, al momento de enseñar química, podrá ayudar a sus estudiantes a ser conscientes sobre lo que se aprende. Volviendo al ejemplo ya señalado, al realizar la mezcla entre limón y bicarbonato de sodio se genera una reacción; este es un fenómeno que puede ser percibido por el estudiante. El docente podrá señalar que se trata de una reacción química, y puede explicar que se encuentra en un nivel macroscópico, es decir que es perceptible por todos los observadores.

Sin embargo, llega el momento de explicar cómo surge y por qué sucede este fenómeno químico. Y es aquí donde el docente debe pasar a los siguientes niveles, explicando sus características y qué términos se requieren para la comprensión del fenómeno en este nivel, como, por ejemplo, reactivos y productos, soluciones ácido-base. De este modo, el estudiante, no sólo asocia la fórmula con ciertas letras y números, sino también a un fenómeno químico determinado.

Así mismo el tercer nivel de representación en el que las letras (elementos) y números (Subíndices) cobran un sentido al utilizar gráficos, debe permitir al estudiante comprender las causas de la reacción química, que en un principio sólo parecía una combinación. Lo simbólico (fórmula) no debe quedarse sólo en una representación de moléculas, sino que debe permitir abordar distintos contenidos y términos asociados a la química como elementos, compuestos, electronegatividades y enlaces. Esto permite que el estudiante asocie la imagen con un problema específico.

A partir de lo anterior, se evidencia que la función de la cognición en la enseñanza de la química juega un papel importante, porque no sólo se trata de memorizar los conceptos de la química, sino que se trata de que la mente interactúe con las ideas previas, la memoria de trabajo y la memoria permanente, esta última es la que permite reconocer si los fenómenos químicos fueron apropiados.

Aproximación al concepto de mediación

De los múltiples y complejos problemas que hacen parte del tema de la educación, en este trabajo nos interesa el de la *mediación didáctica* en relación a la enseñanza y aprendizaje en las ciencias naturales, que no solo permite tomar distancia crítica, sino también desarrollar propuestas para la mejora de los procesos educativos, desde la educación básica hasta la educación superior; y que atraviesa, de forma transversal, todas las áreas del conocimiento humano, aunque en este trabajo solo nos interesan las ciencias naturales.

La *mediación didáctica* se orienta al profesor que, constituye el sujeto facilitador de la enseñanza y el aprendizaje. En este sentido es que se habla del concepto de mediación para caracterizar el estudio y análisis de la función del profesor en los procesos educativos.

Reflexionar sobre la educación, supone, entre otras muchas cosas, pensar en las personas como los protagonistas principales de los procesos educativos, en los que están incluidos profesores, estudiantes y profesores en formación. En especial estos últimos, deben asumir el compromiso que implica el quehacer educativo, sin caer en el error de convertirlo en una actividad mecánica que propicie la deshumanización. Se trata de un riesgo al que se puede ver enfrentado el profesor en formación, como señalan Espinosa y Aguirre (2020):

“Los procesos de formación docente se han caracterizado en gran medida por aportar herramientas y estrategias en busca de favorecer los procesos de enseñanza, pero la realidad es otra; dichas estrategias se han convertido en un “recetario” del cómo debe ser el accionar del docente en el aula, descuidando en gran parte la humanización de los procesos de enseñanza, convirtiendo al docente en una “máquina” que brinda a los estudiantes un sinnúmero de conocimientos sin importar la veracidad o la utilidad de los mismos para los estudiantes. No podemos olvidar que los “agentes” que intervienen en dichos procesos son personas que sienten, piensan y son afectadas por su entorno inmediato; de ahí la necesidad de reflexionar sobre el papel que realmente debemos desempeñar en el aula de clase.” (Pág. 12)

Otro aspecto importante a destacar consiste en el desfase que se presenta entre la etapa de formación de los futuros docentes, en la que adquieren las herramientas

conceptuales para desempeñar su tarea como educadores y el momento en el que tienen que poner en práctica lo que aprendieron que, por lo general, los pone frente a otra realidad que les exige responder a otro tipo de dificultades para las cuales resulta insuficiente lo aprendido en su proceso de formación, con las consecuencias que esto puede traer para los estudiantes. Por otra parte, la manera como está organizado el sistema educativo puede hacer que el profesor se vea limitado por las condiciones del del sistema laboral, y termine confinado al cumplimiento de los procesos administrativos, restando espacio para potenciar la reflexión sobre su práctica. Se requiere un cambio en la organización del sistema educativo, a nivel administrativo y de la formación de sus docentes, como lo señala Tébar:

“Nos hallamos ante un cambio profundo en nuestra sociedad. El mundo educativo siente el impacto transformador de las personas, de los contenidos, de los métodos y de los valores. El cambio educativo es un imperativo ineludible. Los amplios estudios y evaluaciones de la educación actual marcan las pautas del cambio necesario, pero faltan las convicciones y las respuestas eficaces [...] para que cambien los educadores y, con ellos, los centros educativos.” (2009, pág. 15)

No solo se trata de una transformación administrativa y estructural de los centros educativos, sino también de un cambio que impacte a toda la sociedad y no sólo los agentes que participan de los procesos educativos (profesores y estudiantes).

Tébar (2009), Schön (1998) y Espinosa (2016), nos proporcionan una caracterización del concepto de mediación, señalando que:

“La mediación didáctica brinda elementos que enriquecen el campo de la educación, en la medida en que recoge diversos aspectos de las teorías cognoscitivas, constructivistas y gestálticas, generando así en los docentes la necesidad de considerar que el acto educativo no depende únicamente de los conocimientos relacionados con la disciplina a enseñar sino que, además, está sujeto a las dimensiones afectiva, emocional, espiritual y social de los estudiantes, las cuales influyen en su proceso de aprendizaje. Se reconoce la necesidad de ampliar el panorama educativo, con el objetivo de considerar elementos psicopedagógicos como la modificabilidad cognitiva estructural, las experiencias de aprendizaje mediado y el mapa cognitivo, entre otros.” (citado por Ríos y Aguirre, pág. 13)

La medicación es un proceso en el que se enfatiza que el conocimiento no se adquiere por memorización y repetición, como sostenían las teorías conductuales, sino que se requiere de un docente que se debe preparar para comprender, poco a poco, lo que sucede en el contexto del estudiante y poderlo balancear con su propio conocimiento para llevar a cabo una enseñanza mediada. Por esto, “el centro de gravedad de nuestro interés [mediación] está en el profesor. Su perfil, su función y su relevancia se hacen cada día más imprescindibles para saber qué tipo de profesional debe formarse” (Tébar, 2009, pág. 16).

Cuando el profesor comprende su función en el aula de clase no se limita sólo a transmitir conocimiento y comienza a mediar su clase. Esto le permite sustentarse en algunas ideas provenientes de las teorías psicológicas del conocimiento, como, por ejemplo, zona de desarrollo próximo (ZDP), los símbolos, trabajo cooperativo, asimilación, asociación, entre otras. Estas ideas le permiten al docente comprender que el ser humano no se forma adquiriendo solo conocimientos, sino que, al reconocer que el estudiante es un constructo social, emocional, personal, psicológico, familiar, entre otras dimensiones, será capaz, desde su disciplina, de proporcionar una educación mediada. Ya que no sólo tendrá como recurso las teorías disciplinares, sino también el conocimiento del contexto en que está inmerso el estudiante, a partir del cual puede promover una transformación de la clase.

Asimismo, es importante reconocer que para que exista un cambio de paradigma en el docente, se requiere de una formación que lo concientice y lo motive a llevar a cabo una transformación en su quehacer educativo. Como afirma Barbasán (2005):

“Es fundamental que los docentes tengan una formación especializada [...], que conozcan su disciplina; de lo contrario, el profesor puede caer en métodos basados en la memorización mecánica y actividades planteadas por libros de textos, dejando a un lado acciones, innovadoras del aprendizaje significativo y cooperativo que permiten la participación activa del estudiante en la construcción y apropiación del conocimiento. De igual forma, es importante que los docentes se formen en trabajo experimental y posean amplios conocimientos en áreas de la psicología, de la pedagogía y de la didáctica, así como poseer la metodología y las competencias pedagógicas necesarias para trabajar en el aula. Lo anterior

potenciado con la reflexión constante en busca del mejoramiento de los procesos educativos.”
(citado por Quiroz, 2020, pág. 163)

La mediación le permite al profesor innovar, reflexionar, investigar, en el aula de clase, a partir de su formación especializada y tener elementos que le posibiliten:

“[...] aprender a organizar la información y desarrollar estructuras cognitivas adecuadas al área de conocimiento que enseña. Simultáneamente, el estudiante puede organizar y desarrollar procesos de aprendizaje y de aplicación a su realidad. De ahí la importancia de que los docentes en formación aprendan a identificar acciones alternativas para enfrentar la planeación de la clase.” (López, Ríos, Ramírez, 2018, pág. 254)

En este sentido, la mediación es bidireccional, porque consiste en identificar las realidades del estudiante y a partir de allí generar estrategias de enseñanza para responder a las dificultades de aprendizaje que pueda tener el estudiante. De esta manera, no sólo el docente se transforma, sino que el estudiante tiene una construcción de conocimiento a nivel educativo y social. La mediación comprendida en los procesos de enseñanza y aprendizaje permite identificar los objetivos de la clase, las dificultades de aprendizaje de los estudiantes, promover el trabajo colaborativo y participativo, generar estrategias, suscitar la investigación y la generación de preguntas (López, Ríos y Ramírez, 2018).

Las características fundamentales en la interacción mediadora son: la *intencionalidad*, la *trascendencia* y el *significado* (Tébar, 2009). Existe *intencionalidad*, cuando el docente ha reconocido que su quehacer docente requiere de una transformación y por ende empieza a crear un cambio de conciencia en relación a los procesos de enseñanza y aprendizajes que lleva a cabo. La *trascendencia* se da en el momento en que el docente empieza a poner en práctica todo aquello que ha decidido transformar. El *significado* se puede evidenciar en el momento en el que el profesor ha reconocido todas las dimensiones que el estudiante tiene y se evidencia en el aprendizaje y la construcción del conocimiento, es decir, en el aprendizaje significativo bidireccional que surge, y que constituye un aporte tanto para el estudiante como para el profesor.

En la siguiente tabla se presentan los principales cambios que se pueden evidenciar y su impacto educativo:

<i>Los ámbitos del cambio</i>	
<i>Tipos de cambios</i>	<i>Su impacto educativo</i>
<i>1. Cambio socio-estructural</i> — Revolución global — Flujos migratorios	— Fácil acceso al conocimiento — Provoca nuevas reacciones
<i>2. Cambio tecnológico</i> — Redes universitarias: Rapidez — Realidad virtual más amplia	— Exige dominio técnico. Herramientas — Nuevas funciones del docente
<i>3. Cambio Económico-laboral</i> — Nuevas alianzas mundiales — Globalización: nueva fuerza — Pensamiento único	— Nuevos trabajos: Adaptación — Trabajo en equipo. Solidarios — Sentido crítico. Autonomía
<i>4. Cambio axiológico-moral</i> — Liberalismo, relativismo — Vacío, manipulación	— Liderazgo: Padres, tutores — Mediación ante vulnerabilidad
<i>5. Cambio competencial</i> — Nuevos aprendizajes — Interdisciplinariedad	— Nuevos contenidos y métodos — Formación permanente

Tabla No. 1: Los ámbitos del cambio. Tébar (2009, pág. 32)

La Tabla No. 1 señala cada uno de los cambios que propone la mediación a nivel de la educación y así como los impactos que genera. El cambio *socio-estructural*, se refiere a que la educación no es monopolizada, sino que permite a los estudiantes tener acceso al conocimiento, y esto se da desde la sociabilidad y las relaciones, fundamento de las teorías constructivistas. El cambio *tecnológico*, exige que el docente se forme en el manejo de las Tecnologías de la Información y las Telecomunicaciones (TIC) para acceder a un componente

del contexto en el que la gran mayoría de estudiantes se encuentran inmersos, con el surgimiento de las tecnologías de la información. El cambio *económico-laboral*, le permite a los estudiantes y docentes considerar el trabajo colaborativo y la asociación como un elemento que es necesario en la sociedad. Así mismo, cómo se fomenta el pensamiento crítico, esto se da principalmente, cuando el trabajo cooperativo permite crear comunidades de indagación, que además de una asociación de trabajo, lleva al pensamiento reflexivo sobre las realidades de la sociedad. El cambio *axiológico-moral*, contempla los recursos que tiene al alcance el docente para llevar a cabo procesos de enseñanza aprendizaje, es decir, que, para adelantar el proceso de medicación, el docente puede recurrir a una diversidad de herramientas que pueden ir desde un tablero y un marcador hasta un equipo sofisticado. Finalmente, el cambio *competencial* que beneficia tanto a los docentes como a los estudiantes. A los primeros mediante la creación de estrategias, metodologías e investigación, entre otros; y también permitiéndoles acceder a un proceso de formación constante. A los estudiantes les permite adquirir competencias que lo lleven a responder a las exigencias de una sociedad de forma crítica, al igual que un desarrollo cooperativo.

Entender el cambio educativo, que se lleva a cabo a partir de una reestructuración de la función del docente, permite comprender la mediación como aquella herramienta que lleva al docente a pensar su propio quehacer educativo, que no se debe agotar en rellenar cabezas con teorías, sino que considera los múltiples aspectos relacionados con aquellos seres humanos a los que enseña, llamados estudiantes. La mediación didáctica ofrece una opción metodológica que permite analizar el quehacer docente y la forma en la que los estudiantes aprenden.

En el siguiente capítulo se analizarán los diversos niveles de representación presentes en la enseñanza de la química, de manera precisa y concreta, a partir de algunas representaciones de la Ley de Boyle de los gases ideales, a partir de una prueba, que hemos denominado como “Prueba de conocimiento. Gases ideales. Ley de Boyle”, que se aplicó a un grupo específico de estudiantes de secundaria.

Referencias

- Arbeláez, et al. (2017). *Evolución Ciencias 8*. Bogotá: Editorial Norma.
- Asimov, I., Cruz, A., & Villena, M. I. (2003). *Breve historia de la química*. Madrid: Alianza.

- Caamaño, A., & Oñorbe, A. (2004). "La enseñanza de la química: conceptos y teorías, dificultades de aprendizaje y replanteamientos curriculares". En *Alambique*, 41, 68-81.
- Candela, B. & Viafara, R. (2014). *Aprendiendo a enseñar Química*. Cali: Programa Editorial Universidad del Valle.
- Candela, B. (2018). *El lenguaje y las múltiples representaciones externas. Estrategias de pensamiento en el aprendizaje de las ciencias*. Cali: Programa editorial Universidad del Valle.
- Chang, R. (2002). Química. (7ma. Edición). México-McGraw-Hill. En: <https://digitallibrarystudyapp.files.wordpress.com/2016/09/quimica-general-raymond-chang.pdf>
- De Manuel Torres, E. (2004). "Química cotidiana y currículo de química". En *Anales de la real sociedad española de química*, (1), 25-33.
- Duval, R. (2017). *Semiosis y pensamiento humano: Registros semióticos y aprendizajes intelectuales* (M. Vega, Trad.). Cali: Universidad del Valle (Original publicado en 1995).
- Espinosa, E. y Aguirre, A. (2020). *Mediación didáctica*. Cali: Programa Editorial Universidad Programa Editorial Universidad del Valle. <https://programaeditorial.univalle.edu.co/gpd-mediacion-didactica-9789585144354-6332577e61154.html>
- Gómez, A. (2008). "Construcción de explicaciones multimodales: ¿qué aportan los diversos registros semióticos?" En *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos* (Colombia), 4(2), 83-99.
- Lacués, E. (2018). *Sistemas Matemáticos de Símbolos, Registros Semióticos de Representación, en ingresantes a Ingenierías*. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid. Facultad de Psicología.
- López, C., Ramírez, L., Espinosa, A. (2018). La implementación de la actividad experimental desde los fundamentos de la mediación didáctica en docentes en formación en ciencias. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 13(2), 251-271.
- MEN, (2004). Estándares básicos de competencias en ciencias. Bogotá, Colombia. https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-81033_archivo_pdf.pdf
- MEN, (2016). Derechos Básicos de Aprendizajes. Bogotá, Colombia.

https://eduteka.icesi.edu.co/pdfdir/DBA_CNaturales.pdf

Quiroz, F. (2020). El papel de la reflexión y la mediación didáctica en la enseñanza de las ciencias naturales: un estudio de caso de profesores en formación. En *Revista Tecné, Episteme y Didaxis*. Universidad Pedagógica Nacional. No. 47. Págs. 161-178.

Tébar, L. (2009). *El profesor mediador del aprendizaje*. Bogotá: Editorial Magisterio.

CAPITULO 4

LAS REPRESENTACIONES Y LA LEY DE BOYLE

En este capítulo, vamos a considerar, de manera precisa y concreta, algunas representaciones que tienen que ver con la Ley de Boyle de los gases ideales. Para lograr este objetivo nos apoyaremos en una prueba, que hemos denominado como “Prueba de conocimiento. Gases ideales. Ley de Boyle”³, y que fue aplicada a 68 estudiantes, de dos instituciones oficiales, una ubicada en la ciudad Santiago de Cali y la otra en la ciudad de Pereira. El análisis cualitativo y cuantitativo de esta prueba, nos permitirá avanzar en la comprensión de las representaciones gráficas, geométricas y algebraicas empleadas en el estudio de la ley de Boyle de los gases ideales.

También abordaremos el tema de la reversibilidad de las distintas representaciones en el proceso de aprendizaje de los estudiantes, el cual está atravesado por las consideraciones cualitativas y cuantitativas de la ley de Boyle. De igual manera, trataremos sobre el uso de la visualización, cuando se trata de presentar al estudiante una situación problema.

Así mismo habrá un apartado que señala la importancia de las representaciones en la enseñanza de la química y otro sobre los beneficios de la multimodalidad y la tecnología.

La ley de los gases. A propósito de la Ley de Boyle

La química ofrece gran cantidad de formas de analizar los diversos fenómenos que se puedan presentar en esta disciplina. Sin embargo, la ley de los gases siendo un tema de trabajo del currículo de química en el grado décimo en los estudiantes de bachillerato, permite observar variaciones en los niveles de representación, lo que nos orienta realizar un análisis sobre el conocimiento y las formas como los estudiantes se relacionan y se movilizan por los diversos niveles de representación.

La ley de Boyle permite delimitar el objeto de estudio de la representación y una mayor visualización de la interacción de los estudiantes con las representaciones presentados en la enseñanza de la química. Comprender que:

“Al analizar el comportamiento de un gas se halla que los cambios de presión pueden producir variaciones considerables en su volumen y en su temperatura. Al estudiar experimentalmente el

³ Ver apéndice.

comportamiento de una determinada masa de gas, los físicos encontraron que tal comportamiento podría expresarse mediante relaciones matemáticas sencillas entre su presión P , su volumen V , y su temperatura T . Al producir una variación en una de esas magnitudes, se observa que, en general, las demás también se modifican, y estos nuevos valores caracterizan otro estado del gas. Decimos así que el gas sufre una transformación al pasar de un estado a otro.” (Alvarenga y Máximo, 1998, p. 381)

Que los gases presenten una variación, no sólo muestra que a nivel submicroscópico sucede algo, sino que se puede representar de una forma simbólica y macroscópica. La versatilidad que se puede ver en el comportamiento de los gases en el intercambio de sus diversas variables permite estudiar los niveles de representación y cómo los estudiantes se movilizan entre ellos.

En el caso de la Ley de Boyle se habla de que existe una transformación isotérmica, ya que la temperatura del sistema se mantiene constante:

“La ley de Boyle establece que, a temperatura constante, el volumen de una muestra de gas es inversamente proporcional a la presión. Matemáticamente, se expresa como:

$$P_1V_1=P_2V_2$$

Donde P_1 y V_1 son la presión y el volumen inicial, y P_2 y V_2 son la presión y el volumen final.” (Chang, 2010, p. 221)

En este texto se evidencia la combinación del lenguaje natural con el lenguaje simbólico; así mismo la expresión anterior también se puede mostrar a través de un plano cartesiano e imágenes, ejemplificando los diversos tipos de representaciones que se pueden obtener a partir de la ley de Boyle.

Es importante recordar que la ley de Boyle que puede expresarse en un lenguaje natural, sin embargo, “lo curioso es que incluso las leyes fundamentales tienen un carácter matemático” (Feynman, 2000, p. 40), es decir, que la representación simbólica debe estar presente y es necesaria para una mayor comprensión de la ley.

Examinando la naturaleza cualitativa de la ley de Boyle

La “Prueba de conocimiento. Gases ideales. Ley de Boyle”, está conformada por 20 preguntas, las primeras 4 están orientadas a una comprensión cualitativa de la ley de Boyle. La estructura de la prueba se orientó, en primer lugar, para establecer cómo se desempeñaban los estudiantes en la comprensión cualitativa de la ley, antes de realizar cálculos correspondientes sobre presión y volumen en un sistema de gases isotérmico.

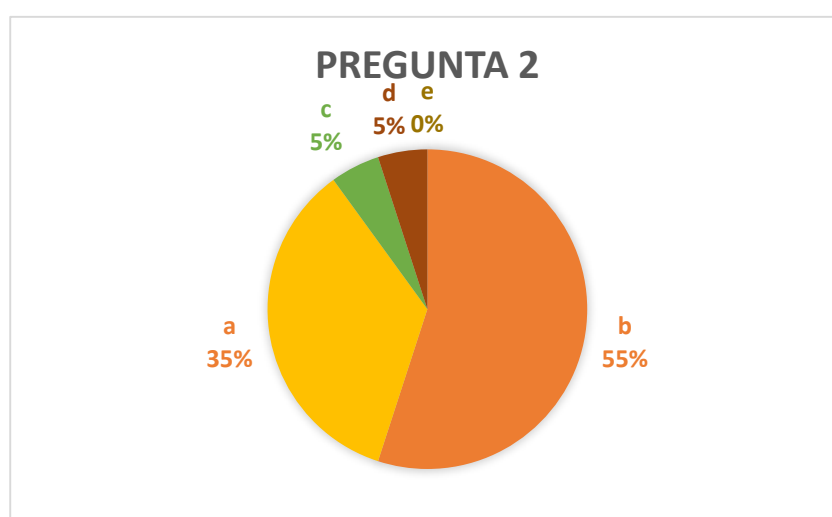
En este apartado vamos a analizar las respuestas de los estudiantes con respecto a la comprensión cualitativa de la mencionada ley. Trabajar inicialmente con los estudiantes en una comprensión cualitativa, es un recurso pedagógico importante que nos permite pasar a la aplicación del cálculo matemático de las variables involucradas. Es importante señalar que cada una de las preguntas se apoyó en la representación gráfica, como puede verse en el apéndice, orientando al estudiante, a través de la imagen, acerca de cómo iba variando la presión y el volumen.

En la primera situación-problema: “Si la presión (P) aumenta ¿qué le sucede al volumen (V)”, se trata de ver cómo el estudiante entiende la relación inversa simple que establece la ley. El 80% de los estudiantes respondieron correctamente como se muestra en la gráfica No. 1. Quizás se esperaría que el porcentaje de acierto fuera el 100%, toda vez que la relación inversa entre volumen y presión es en lo que más se insiste cuando se enseña la ley de Boyle, además favorece que se utilice el lenguaje natural para plantear el problema.



Gráfica No. 5. Porcentaje respuestas pregunta 1

Continuando en el estudio cualitativo de la ley tenemos la segunda situación-problema: “Si P se duplica ¿qué le sucede a V?”. Esta situación es distinta de la anterior, porque avanzamos en una comprensión comparativa, donde relacionamos el estado antes y después de duplicarse, manteniendo el entendimiento de la relación inversa, entre presión y volumen. Aquí es importante señalar que esa comparación nos orienta al carácter cuantitativo de la ley. Como muestra la gráfica No. 2 el 55% de los estudiantes respondieron correctamente: “se reduce a la mitad”. Un porcentaje (35%) no despreciable, respondió que: “disminuye”, pero no responde en la reducción a la mitad; se quedan en la apreciación de la primera pregunta, respondiendo simplemente que disminuye⁴.



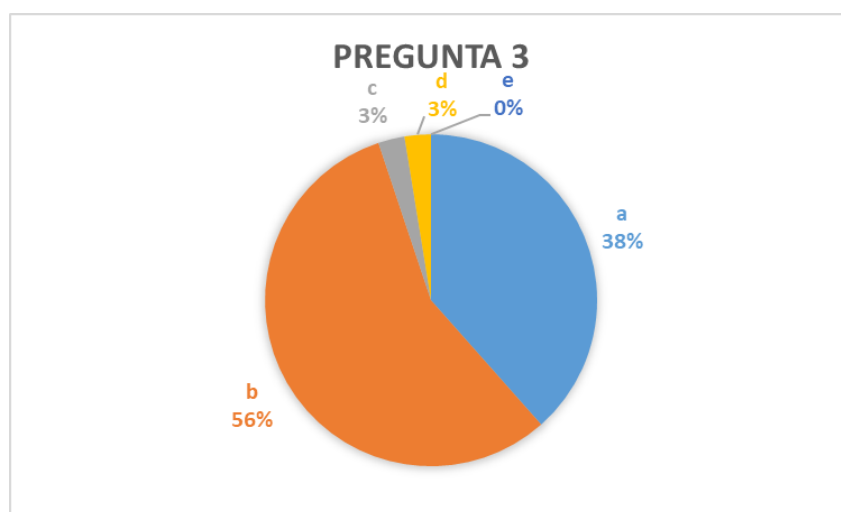
Gráfica No. 6. Porcentaje respuesta pregunta 2

Con relación a la tercera situación-problema: “Si P se triplica ¿qué le sucede a V?” el porcentaje de acierto se mantiene en relación a la segunda situación, como puede verse en la gráfica No. 3.

⁴ Para tratar de encontrar algunas razones que nos orienten en las respuestas de los estudiantes examinemos los siguientes aspectos operativos de la ley:

$$\begin{array}{lcl}
 PV = P_1 V_1 & & PV = 2PV_1 \\
 P_1 = 2P & \rightarrow & \frac{PV}{2P} = V_1 \\
 V_1 = ? & & \frac{V}{2} = V_1
 \end{array}$$

La cuarta situación-problema tiene que ver con la apreciación inversa presión-volumen, considerando en el plano cartesiano la gráfica de dicha relación. Sobre esta situación problema y su dificultad quisiéramos anotar algunos aspectos que nos pueden orientar sobre el bajo porcentaje de acierto por parte de los estudiantes, y que fue tenido en cuenta en el diseño inicial de la prueba. En primer lugar, la presión entendida como fuerza sobre área ($F/A=W/A=P$) relación que debe ser significativa para el estudiante, pues al tener en la vertical W debe entender que la presión es directamente proporcional al peso. Otro aspecto bien importante es que el estudiante debe tener claridad sobre las diferentes curvas que aparecen en la representación del problema mencionado, la función lineal (con pendiente positiva y negativa), la función parabólica cóncava hacia abajo y la función inversa. Pasar de la expresión $P(W/A) \cdot V = \text{constante}$ a señalar que la gráfica W versus V corresponde a la alternativa c, implica un razonamiento complejo que ha debido ser trabajado didácticamente en el salón de clase, por parte del docente.



Gráfica No. 7. Porcentaje Resultado pregunta 3

En la quinta situación-problema se observa un gráfico en el plano cartesiano. Los estudiantes debían tabular la información relacionada con los cuatro puntos en la figura que se encuentra en el plano cartesiano. Se aprecia que el 60% de los estudiantes logran interpretar la información proporcionada en el plano cartesiano, y completan la tabla con los datos propuestos. Sobre esta situación, el diagrama P - V evidencia la transformación

isotérmica de la ley de Boyle y así mismo, la curva presenta la variación inversa del volumen con la presión. Si bien esta situación tiene un carácter cuantitativo, todavía presenta uno cualitativo, porque a partir de la información matemática se puede realizar un análisis cualitativo de la ley de Boyle.

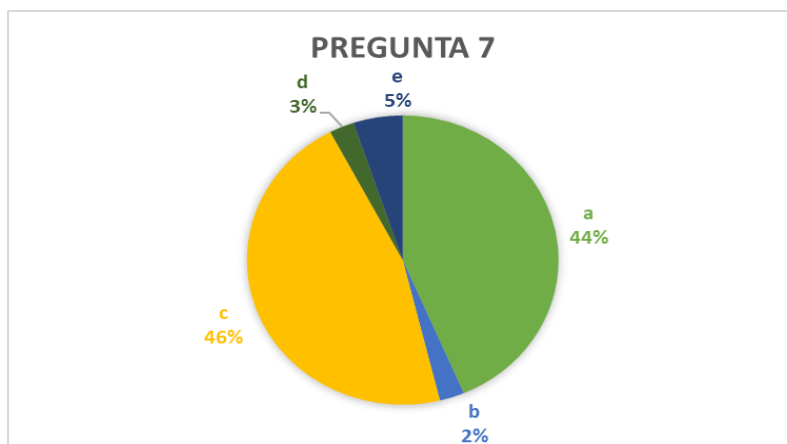
En cuanto a la sexta situación-problema: “¿Cómo puede usted saber que la relación entre P y V corresponde a la Ley de Boyle?”, se les dificultó a los estudiantes brindar una respuesta que le permitiera reconocer la Ley de Boyle. Si bien en el ejercicio anterior se obtuvo un acierto del 60% se encuentra dificultad en entender que la relación inversa entre presión y volumen lleva a que el producto de P por V sea una constante. Escasamente el 10% logró comprender que $340 \cdot 15 = 240 \cdot 20 = 160 \cdot 30 = 80 \cdot 60$ (hemos omitido las unidades para que se vea con mayor claridad la relación $P \cdot V = \text{constante}$). Podemos observar una asimetría entre la respuesta de señalar las parejas P-V en el plano cartesiano y la comprensión de la ley de Boyle como la existencia de una constante. Distintos niveles de representación y diferentes respuestas cognitivas.

Un acercamiento cuantitativo a la ley de Boyle

En este apartado se realizará un análisis cuantitativo que permite identificar la apropiación, por parte de los estudiantes, de la ley de Boyle. En esta sección de situaciones-problema se les indica a los estudiantes los datos y se espera que estos, desde la apropiación de la representación simbólica, puedan aplicar la Ley de Boyle de forma matemática.

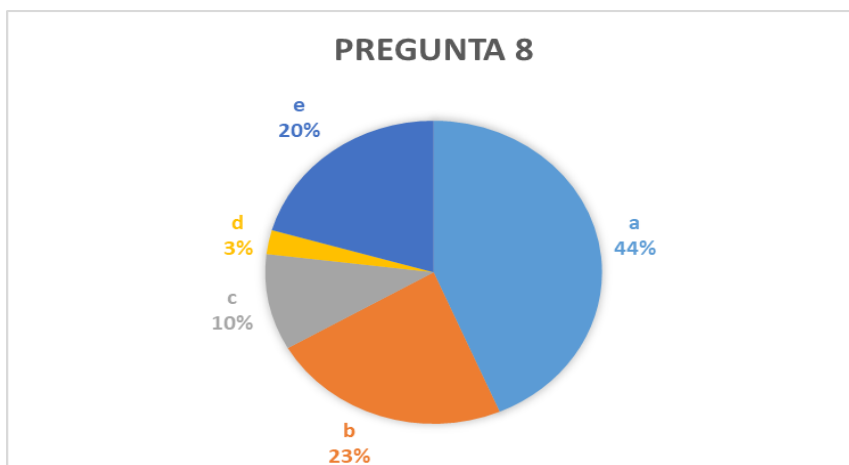
En la séptima situación-problema: “Un gas ocupa un volumen de 4 litros a una presión de 2 atmósferas. Si la presión aumenta a 4 atmósferas, ¿cuál será el nuevo volumen del gas? Teniendo en cuenta que la Temperatura es constante”. Esta situación le permite al estudiante comprender la relación inversa que existe entre la presión y el volumen, llevando a matematizar y cuantificar los datos proporcionados para obtener un resultado exacto. Se esperaba que hubiese una gran proporción de estudiantes que respondieran acertadamente, sin embargo, solo el 46% (véase la gráfica No. 4) de los estudiantes obtienen el resultado esperado, es decir, 2 L. Esto puede ser una dificultad del nivel de representación en el que se debe desenvolver el estudiante, pues pasa de un enunciado que se acompaña de una imagen a una representación simbólica que se debe dar a través de una ecuación correspondiente a la ley de Boyle. También se puede observar que un gran número de estudiantes (44%)

marcan la opción a. Entienden en primer lugar que el producto de presión y volumen debe ser 8 atm.L, a partir de la primera información que aparece, pero no logran pasar al otro momento de la solución del problema que implica que el producto de P por V en la segunda situación debe ser también 8 atm.L y, por lo tanto, el volumen 2L .



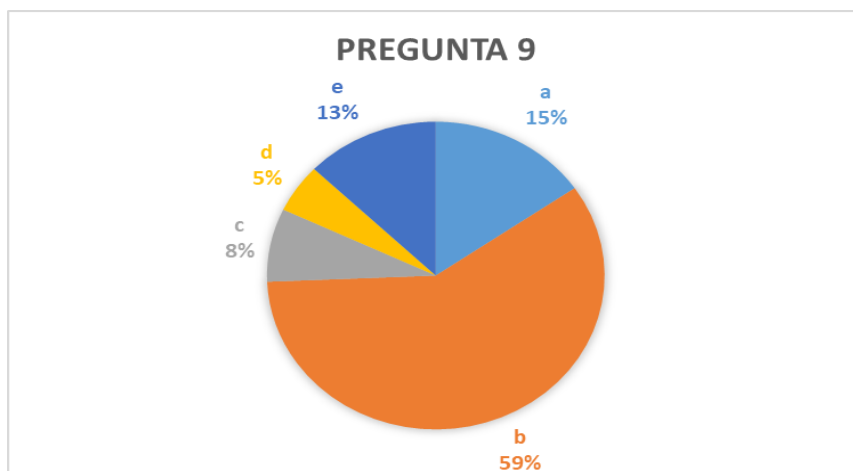
Gráfica No. 4. Porcentaje resultado pregunta 7

En la octava situación-problema: “Dos recipientes contienen el mismo tipo de gas a la misma temperatura. El primer recipiente tiene un volumen de 6 litros y una presión de 1 atmósfera. El segundo recipiente tiene un volumen de 3 litros. ¿Cuál es la presión en el segundo recipiente?”. Si bien es una situación similar a la anterior, existe una diferencia en la enunciación, en el punto anterior se hace en la dirección de presión a volumen, es decir, que se pide hallar uno de los volúmenes, mientras que en la presente situación se realiza en dirección volumen a presión, es decir, que se pide hallar una de las presiones, esto puede poner al estudiante en una relación más cercana con las unidades de medida, al realizar un manejo más conocido a lo que es el volumen, frente a la medida de la presión. El 44% de los estudiantes aciertan a la opción correcta, 2 atm, reforzando la idea de comprender la inversa proporcionalidad en el sentido de la dirección de la incógnita que se plantea en la situación. (Ver gráfica No. 5)



Gráfica No. 5. Porcentaje resultado pregunta 8

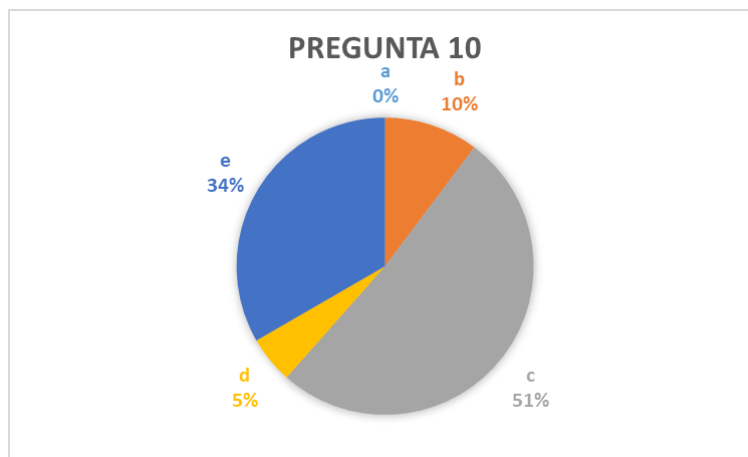
En la situación-problema 9: “En una jeringa cerrada que contiene aire, si empujas el émbolo y reduces el volumen de 10 ml a 5 ml, ¿cómo cambia la presión del aire dentro de la jeringa?”. La imagen propuesta favorece la interpretación del enunciado, manteniendo un 59% de respuestas acertadas, la presión se duplica (ver gráfica No. 6), pareciera que los estudiantes al presentar una situación cercana a la cotidianidad comprenden la relación inversa entre la presión y el volumen, puesto que en algún momento han tenido acercamiento a una jeringa y es posible deducir lo que sucede al empujar el embolo, es decir, al aplicar presión el volumen disminuirá.



Gráfica No. 6. Porcentaje respuesta pregunta 9.

En la décima situación-problema: “Si un gas a una presión de 1 atmósfera ocupa un volumen de 8 litros, ¿qué presión será necesaria para reducir el volumen a 2 litros?” En esta

pregunta hay un cambio importante en la presentación de la situación problema, en las tres situaciones anteriores se ha acompañado la pregunta por una gráfica donde se indica las condiciones de los valores de presión-Volumen o Volumen. En esta pregunta se ha omitido esa característica en la gráfica para ver como incide en la respuesta de los estudiantes, qué dificultades adicionales podrían presentarse en el estudio de la situación problema. El 51% de los estudiantes acertaron con la respuesta correcta, 4 atm, (ver gráfica No. 7), en este punto del cuestionario ya debería existir una mayor apropiación de la ley. Sin embargo, aún existe un número significativo de estudiantes que no realizan la aplicación matemática de la ley y tampoco apropiaron una imagen de la representación para deducir el resultado. Es importante reconocer que la apropiación de las representaciones en otras áreas como la matemática, son fundamentales para los procesos y problemas en química. Al comparar la pregunta novena con la décima vemos que el acierto es muy similar, en la novena tenemos un 59% de acierto, mientras que en este caso tenemos un 51%. Pareciera que no incide mucho la gráfica correspondiente a la situación problema 10.



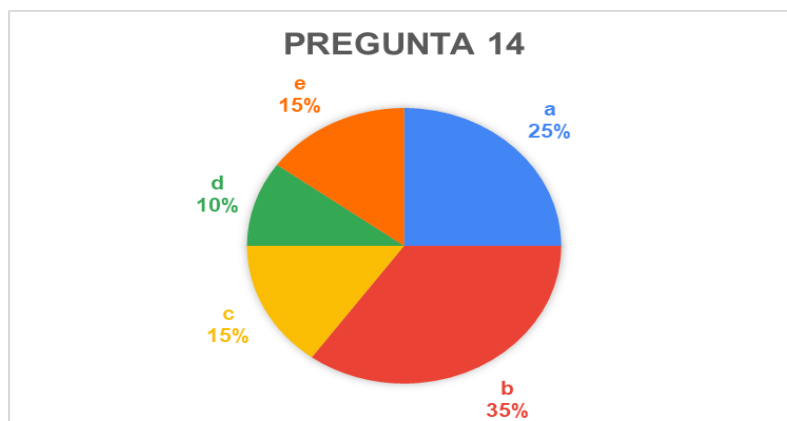
Gráfica No. 7. Porcentaje respuesta pregunta 10

Comprender la ley de Boyle es reconocer que: $P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2 = \text{constante}$, esto es lo que se intenta que el estudiante concluya en las situaciones-problema 11 y 12, sin embargo, sólo el 30% de los estudiantes logró llenar acertadamente la tabla de la situación problema 11 toda vez que el producto entre presión y volumen debería ser 6 (hemos omitido las unidades para mayor claridad).

En el punto 12 el acierto fue del 10%; la dificultad en la solución de esta situación problema radicó en primer lugar en la dificultad en la construcción de la elección de escalas tanto para presión como para volumen. A pesar de que el 30% llenó la tabla del problema 11 correctamente ese porcentaje no se mantuvo en la situación 12. Otra dificultad radicó en la representación de la curva en el plano cartesiano. Esto nos muestra la dificultad en la comprensión de la relación entre presión y volumen como una curva hipérbola en el plano cartesiano.

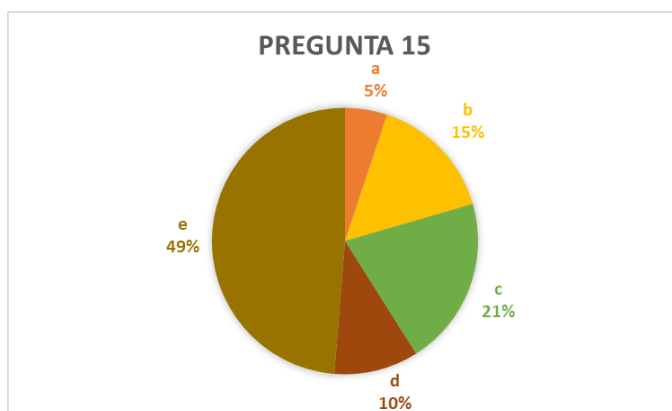
La situación-problema 13: “Se tiene una muestra de gas a 200°C y una presión de 2 atm y un volumen de 20L. ¿Qué volumen ocupará, si a la misma temperatura, la presión baja hasta 1 atm?” El 38% de los estudiantes acertaron en la respuesta, 40L. Ese resultado muestra lo que se ha venido señalando.

La situación-problema 14 permite realizar una interpretación en cuanto al uso de la imagen y los datos, pues se realiza un enunciado presentando el problema y los datos que se requieren para la aplicación de la ley de Boyle, y este se acompaña de una figura que no incluye datos, lo cual invita al estudiante a realizar un análisis del enunciado, tomar datos del mismo y aplicar la fórmula para obtener un resultado, lo cual se evidenció con el 35% de respuestas correctas, 4L, (ver gráfica No. 8), aquí la imagen fue un apoyo para comprender el enunciado. De aquí se compara con los puntos anteriores donde las imágenes contaban con información, lo cual pudo haber determinado el resultado de las respuestas, esto permite determinar la importancia de una adecuada representación y la capacidad metacognitiva del estudiante para generar abstracciones sobre lo que lee, observa y realiza, triada que es importante en los procesos educativos y de representación para lograr una reversibilidad entre un nivel de representación y otro para la potencialización de los procesos de aprendizajes en los estudiantes.



Gráfica No. 8. Porcentaje respuestas pregunta 14

En la situación-problema 15: “Una muestra de oxígeno ocupa 4 litros a 760 mm de Hg. ¿Cuál será el volumen del oxígeno a 380 mm de Hg, si la temperatura permanece constante?” Solo el 21% logra acertar en la respuesta correcta, 8L, (ver gráfica No. 9), el paso del lenguaje natural a la representación simbólica, tiene la dificultad en las unidades de medidas, porque el estudiante viene apreciando la presión en términos de atmosferas, pero al realizar un cambio a milímetros de mercurio (mmHg), se confunde, además el número de dígitos que se habían utilizado es distinto, aquí en la presión entran 3 dígitos y eso dificultad no sólo la comprensión conceptual, sino operativa del problema.

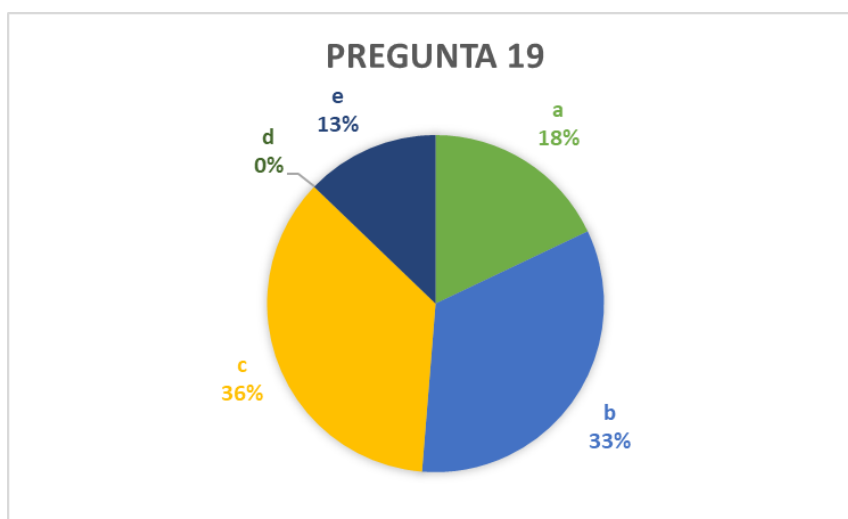


Gráfica No. 9. Porcentaje respuesta pregunta 15

Las situaciones problema 16 y 17 permiten otro análisis en cuanto al uso de las unidades matemáticas con las que se expresan los enunciados y las respuestas, pues los datos suministrados y las respuestas son dadas en medidas diferentes, pero que expresan volumen y presión como lo son cm^3 y mmHg, así mismo que no se expresan con un solo

número o dos, sino que hay tres números en los datos, esto genera para los estudiantes una mayor complejidad, de nuevo la comprensión algebraica y matemática en la química debe ser tomada en cuenta para la interpretación y reconocimiento de los niveles de representación y sobre todo la movilización de un nivel a otro.

En la situación problema 19: “Un gas tiene un volumen de 3 Litros a una presión de 5 atm. Calcular el volumen de un gas a una temperatura constante, si la presión se triplica”. En este caso se brindan datos, pero se hace un cambio a través del lenguaje natural y es triplicar la presión, esta combinación de representaciones permite determinar la capacidad de interpretación del estudiante y el resultado obtenido en la respuesta correcta, 1L, fue del 36% (ver gráfica No. 10) desde el punto de vista cognitivo el estudiante debe realizar un razonamiento intermedio que implica considerar una presión de 15 atmósferas, pasar de “si la presión se triplica” a entender que esa presión triple significa 15 atmósferas. Después, en un segundo momento del razonamiento aplicaría la expresión matemática de la ley de Boyle. Esta dificultad se expresa en el porcentaje de acierto en la respuesta.



Gráfica No. 10. Porcentaje resultado pregunta 19

En la situación problema 20 volvemos a la ley de Boyle donde la presión por el volumen es una constante. Esta situación problema se presenta en el cuestionario simple y llanamente repitiendo el problema 5 con el propósito de examinar si el estudiante se remitía a esa situación del inicio de la prueba. Se esperaba en el diseño de la prueba que el porcentaje fuese alto, más del 80%, porque la situación era una versión variada del problema 5.

Algunos aspectos adicionales a la pedagogía de las ciencias. La ley de Boyle

En este punto es importante lo señalado en el capítulo 1 donde se habla del contenido pedagógico de las ciencias (CPC), en el que se destaca la importancia de la correlación entre el conocimiento científico y el conocimiento cotidiano, pues en la enseñanza de la ciencia es importante reconocer el conocimiento con el que llega el estudiante al aula de clase. Para el caso particular aquí estudiado, se evidencia cómo los estudiantes, desde la experiencia adquirida en su vida tienen una comprensión intuitiva del comportamiento de los gases, les cuesta trabajo hacer relaciones entre el nivel de lo cotidiano y el de lo científico. Aquí el docente juega un papel importante, porque será el mediador entre el conocimiento científico y el cotidiano, también es el mediador en la enseñanza de la química.

Es importante que el docente comprenda los niveles de representación que existen en la química, esto con el fin de orientar a los estudiantes hacia una adecuada interpretación.

Teniendo en cuenta el contenido pedagógico del conocimiento (CPC) es importante que, en el proceso de enseñanza para la apropiación de la ley de los gases, se profundice en comprender la importancia de la ley general de los gases como una constante. Es decir que:

$$PV = nRT$$

Si T es constante para llegar a la ley de Boyle que es la Ley estudiada en la muestra de estudiantes. Quiere decir que:

$$PV = nR$$

Que corresponde a la Ley de Boyle entonces:

$$PV = \text{constante}$$

Lo anterior, muestra formas de representación de la ley de Boyle, esto debe ser determinante en el momento de la enseñanza, porque al docente como mediador, brinda la explicación adecuada, llevando a sus estudiantes a la comprensión de las variables que se puedan dar en el momento de la resolución de un problema. Por ejemplo, si en la fórmula de la Ley de los gases se les asigna un valor a las constantes como:

$$nR = K$$

Que determina que:

$$PV = KT$$

Si T es constante, entonces PV es constante, por ende, en la Ley de Boyle:

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

Lo anterior implica una igualdad, que para el caso de resolución de problemas se debe conocer 3 de las 4 variables, esto debe ser enseñado, pero también aprehendido, apropiado por los estudiantes para lograr moverse entre los diversos niveles de representación de la química.

El caso analizado de los gases muestra que la química es una asignatura difícil de comprender en cuanto a la complejidad de la apropiación de las representaciones. Esto se convierte en un reto constante para los docentes, por la suma de una serie de factores como el mal uso de la tecnología, el desánimo por el aprendizaje, los pocos recursos en las instituciones, etc. La relación que el docente pueda hacer entre el contenido científico y el conocimiento cotidiano es importante para lograr la apropiación y construcción del conocimiento en el aula de clase. Es así que se puede analizar que las representaciones están presentes en todo momento en un salón de clase, en los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Al estudiante tener una intuición sobre lo que sucede con los gases, se puede reconocer la potencialidad para comprender los niveles de representación, siempre y cuando el análisis de los mismos sea direccionado y estimulado por parte del docente.

El estudio de las representaciones en la enseñanza y aprendizaje de la química, toman un valor importante no sólo porque permite al docente diagnosticar qué falencias se pueden encontrar en los procesos de aprendizaje, sino también vincular la realidad con lo que se enseña.

Si bien la prueba aplicada permite realizar un análisis sobre las representaciones en la enseñanza de la química desde un aspecto cualitativo y cuantitativo, así como las dificultades de los estudiantes; permite reconocer la importancia de las representaciones en el quehacer diario, pues estos no sólo permitirán que el estudiante que aprende química, reconozca porque se le dificulta el aprendizaje de la misma, sino que se puedan realizar

comparaciones con las representaciones que cultural y socialmente presenta su entorno o contexto. Aunque aparentemente se aleja el aspecto cultural de la química, las representaciones semióticas son las que favorecen la comprensión y su utilidad en los contextos de los estudiantes, esto a través de un enfoque de CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad), el cual permite comprender los diversos acontecimientos científicos, cómo estos han influenciado en los diversos procesos de avance científico-tecnológico, pero sin mediar el posible daño que esto pueda causar, reconocer las formas de representación en la química, podrá reflexionar críticamente ante situaciones que afecten su entorno y su realidad.

Además del aporte de CTS, de acuerdo con Esteban, Mancera y Guzmán (2021) el tener en cuenta las representaciones en la enseñanza de la química permite:

“Favorecer la metacognición y autorregulación del estudiante. Lo anterior, se busca desde el planteamiento de cuestiones en situaciones cotidianas factibles de ser abordadas, sea de forma teórica o experimental, que conlleven a diferentes alternativas de resolución, a la comunicación de los hallazgos y la reflexión crítica.” (p. 5)

Lo anterior permite comprender que tener en cuenta las representaciones que se presentan en la química no sólo se puede dar en un aspecto conceptual, sino social, lo que lleva a una mayor comprensión del campo de acción de la ciencia en la sociedad. Si bien, se ha hecho un análisis desde el ámbito disciplinar, es importante reconocer que el aprendizaje de la química permite comprender fenómenos que constantemente observamos en la naturaleza, aquellos como el uso de químicos para dañar a poblaciones que, si bien algunos están en la historia del tiempo, como bombas atómicas, proyectos científicos, entre otros, también fenómenos naturales que nos afectan en los últimos años, como el fenómeno de la niña y el niño. El pensamiento crítico que de una u otra manera refuerza el manejo de las representaciones lleva a comprender que los sucesos que a simple vista se observan, es decir, en el nivel macroscópico, están vinculados a comportamientos que se derivan de todas las acciones humanas que se generan y que afectan negativamente a la naturaleza.

El uso de representaciones en las clases de química también:

“Buscan el desarrollo y/o fortalecimiento de habilidades de mayor complejidad en los estudiantes, tales como: investigar (identificación de problemas, control de variables); razonar (comparación de teorías); organizar conceptos (comprensión y organización de conceptos del discurso); y, comunicar (expresión, representación e interpretación de símbolos, tablas, gráficos). Adicionalmente, se deben contemplar las habilidades manipulativas (Soubirón, 2005).” (Esteban, Mancera y Guzmán, 2021, p. 5)

El fortalecimiento y la identificación de las representaciones en la química permite el fortalecimiento de habilidades y competencias de los estudiantes para su vida, pues como se menciona, permite la identificación de variables, comparación, organización, expresión; los cuales hacen parte del desarrollo del ser humano, no sólo desde un aspecto académico, sino social y cultural. De este modo, considerar los niveles de representación, no es solo buscar que el estudiante gane un examen o una prueba de estado, sino que pueda generar o fortalecer habilidades que le ayuden a desenvolverse en cualquier medio que se encuentre. Adicionalmente, la apropiación de las representaciones se articula de esta manera con el proyecto de vida que un estudiante decida realizar a cabo, pues el fortalecimiento de estas habilidades es necesaria en cualquier campo en el que se desempeñe.

Beneficios de la multimodalidad en el aprendizaje de la química

Como ya se ha mencionado en capítulos anteriores, en cada clase se puede encontrar un sin número de lenguajes, expresiones lingüísticas que permiten una mayor comunicación entre el estudiante y el docente. El uso adecuado de expresiones puede generar aprendizajes significativos o por el contrario apreciaciones erróneas sobre lo que se aprende. Es por ello que el realizar un adecuado uso de los registros semióticos permiten potencializar el aprendizaje de los estudiantes en cuanto a la conceptualización en la química y de habilidades necesarias para la vida. Cuando se habla de multimodalidad, hace referencia a las diversas formas de comunicación y representación más allá del lenguaje. Así mismo de acuerdo con Romero (2022):

“El concepto de multimodalidad apunta a “la variedad de modos o recursos semióticos utilizados para significar y que confluyen en un mismo evento comunicativo” (p. 5). Desde esa

perspectiva, cualquier texto que incluya más de un recurso puede ser definido como un texto multimodal, independientemente del soporte en el cual se distribuya. La perspectiva multimodal y semiótica rescatan la concepción del ser humano como un ser eminentemente semiótico” (p. 11). Así, comunicar y representar un conocimiento mediante un mapa, mediante una fórmula o mediante la escritura en prosa, no solo nos indica que “hay ciertas formas de comunicación que el aprendiz requiere aprender para acceder al conocimiento, sino que además nos señala que estas convenciones también agregan otro tipo de significados propios de la forma de ver el mundo de una comunidad” (p. 14). Es necesario fortalecer la alfabetización multimodal y la atención de la diversidad en el aula en los múltiples lenguajes de comunicación.” (citando a Manghi, 2012, p. 23)

De acuerdo a lo anterior, la multimodalidad permite ver las maneras de conocer, es decir, que en el caso del aprendizaje de la química son todas aquellas formas que permiten acceder al conocimiento de la química, esto implica un beneficio en el aprendizaje, en cuanto que el estudiante no goza de una sola vía para aprender sobre reacciones químicas, por ejemplo. Sino que por la gran variedad y formas que le presenta la semiótica el estudiante puede embarcarse en la química por la ruta más accesible para él y luego ir consolidando conocimiento y pensamiento más complejo y concreto sobre la química.

Los niveles de representación registros semióticos que se han podido identificar en la química, son formas de multimodalidad que se encargan de profundizar en el área de la química el conocimiento a aprender. Son acompañados del proceso de enseñanza del profesor, quién también con la multimodalidad presenta a los estudiantes las habilidades que se adquieren en el momento de conocer sobre la química. La multimodalidad beneficia tanto al docente como al estudiante, al permitir diversas formas de llegar al conocimiento, más en una disciplina en la que ocasiones puede tornarse difícil una explicación o el aprendizaje. Que exista la multimodalidad, permite que el docente adquiera estrategias que lleven al estudiante a una mayor comprensión de los contenidos a trabajar en la química. El estudiante de esta manera puede encontrar la forma más útil para desarrollar el contenido propuesto, por ejemplo, puede que a algunos se les facilite aprender siguiendo formulas, otros observando representaciones moleculares, otros realizando esquemas, todas estas formas en las que el estudiante apropie el conocimiento el docente las guía para que los

registros semióticos puedan ser vistos y fortalecidos para reforzar las habilidades y competencias que la química permite al estudiante en su contexto.

Referencias Bibliográficas

Máximo, A., & Alvarenga, B. (1998). *Física general. Con experimentos sencillos*. 4ª Edición. Oxford University Press México.

Esteban, J., Mancera, H., & Guzmán, A. (2021). Niveles de representación en materiales didácticos alrededor del proceso Haber como SPE en la enseñanza del equilibrio químico. En *Praxis Educación y Pedagogía*, (6).

<https://www.academia.edu/download/109149188/15183.pdf>

Romero, A. (2022). Multimodalidad: artefactos multisemióticos y sus relaciones con el aprendizaje del concepto de elemento químicos desde la realidad aumentada. *Repositorio Institucional Universidad Autonoma de Manizales* [Trabajo de Grado].

https://repositorio.autonoma.edu.co/bitstream/11182/1301/1/Multimodalidad_artefactos_multisemi%C3%B3ticos_sus_relaciones_aprendizaje.pdf

Bibliografía completa

- Alcides, M. (1997). Estado del arte de la semiótica actual. En *Literatura y Lingüística*, 10. 101-204.
https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0716-58111997001000010&script=sci_arttext&tlng=en
- Arbeláez, et al. (2017). *Evolución Ciencias 8*. Bogotá: Editorial Norma.
- Asimov, I., Cruz, A., & Villena, M. I. (2003). *Breve historia de la química*. Madrid: Alianza.
- Benítez, M., & Valderrama, M. (2014). *Contribución de las representaciones semióticas sobre reacciones químicas en el cambio del concepto de reacción química*. (Tesis de Maestría). Universidad autónoma de Manizales, p. 49.
<https://repositorio.autonoma.edu.co/bitstream/11182/527/1/Contribuci%C3%B3n representaciones semi%C3%B3ticas reacciones qu%C3%ADmicas cambio concepto reacci%C3%B3n qu%C3%ADmica.pdf>
- Benvenuto, R. M. (2018). Analogy and symbol: key concepts for the joint between nature and freedom in Kant's Kritik der Urteilkraft. En *Signos filosóficos*, 20(40), 88-115.
- Caamaño, A., & Oñorbe, A. (2004). "La enseñanza de la química: conceptos y teorías, dificultades de aprendizaje y replanteamientos curriculares". En *Alambique*, 41, 68-81.
- Candela, B y Viáfara, R. (2017). *Aprendiendo a enseñar química: la CoRe y los Pap-eRs como instrumentos para identificar y desarrollar el CPC*. Cali: Editorial Universidad del Valle.
<https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/server/api/core/bitstreams/b2b63048-28d2-4cf0-8dc6-0b568adbbef8/content>
- Candela, B. & Viafara, R. (2014). *Aprendiendo a enseñar Química*. Cali: Programa Editorial Universidad del Valle.
- Candela, B. (2018). *El lenguaje y las múltiples representaciones externas: Estrategias de pensamiento en el aprendizaje de ciencias*. Cali: Editorial Universidad del Valle.
- Candela, B. (2018). *El lenguaje y las múltiples representaciones externas: Estrategias de pensamiento en el aprendizaje de ciencias*. Cali: Editorial Universidad del Valle.
- Candela, B. (2018). *El lenguaje y las múltiples representaciones externas. Estrategias de pensamiento en el aprendizaje de las ciencias*. Cali: Programa editorial Universidad del Valle.
- Cantoral, R., Lezama, J., Farfán, R. M., & Sierra, G. M. (2006). Socioepistemología y representación: algunos ejemplos. En *RELIME. Revista latinoamericana de investigación en matemática educativa*, 9(1), 83-102.

- Cañaveral Bermúdez, L. J., Nieto Dionicio, A. S., & Vaca Ocampo, J. H. (2020). El aprendizaje significativo en las principales obras de David Ausubel: lectura desde la pedagogía. En: [http://repository.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/12251/El aprendizaje significativo en las principales obras de David Ausubel lectura desde la pedagogia.pdf?sequence=5](http://repository.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/12251/El_aprendizaje_significativo_en_las_principales_obras_de_David_Ausubel_lectura_desde_la_pedagogia.pdf?sequence=5)
- Cassirer, E. (2016). *Filosofía de las formas simbólicas, I: el lenguaje*. México: Fondo de cultura económica.
- Cassirer, E. (2020). *Filosofía de las formas simbólicas, III: fenomenología del pensamiento*. México: Fondo de cultura económica.
- Castro, A. C., & Ramírez, R. R. (2013). Enseñanza de las ciencias naturales para el desarrollo de competencias científicas. En *Amazonia investiga*, 2(3), 30-53.
- Chang, R. (2002). Química. (7ma. Edición). México-McGraw-Hill. En: <https://digitallibrarystudyapp.files.wordpress.com/2016/09/quimica-general-raymond-chang.pdf>
- Contreras, F. (2016). El aprendizaje significativo y su relación con otras estrategias. En *Horizonte de la Ciencia*, 6 (10), 130-140. <https://www.redalyc.org/journal/5709/570960870014/html/>
- De Manuel Torres, E. (2004). "Química cotidiana y currículo de química". En *Anales de la real sociedad española de química*, (1), 25-33.
- Duval, R. (1999). *Semiosis y pensamiento humano: Registros semióticos y aprendizajes intelectuales*. Cali: Editorial Universidad del Valle.
- Duval, R. (2017). *Semiosis y pensamiento humano: registros semióticos y aprendizajes intelectuales*. 2da. Edición. Cali: Universidad del Valle.
- Duval, R. (2017). *Semiosis y pensamiento humano: Registros semióticos y aprendizajes intelectuales* (M. Vega, Trad.). Cali: Universidad del Valle (Original publicado en 1995).
- Espinosa, E. y Aguirre, A. (2020). *Mediación didáctica*. Cali: Programa Editorial Universidad Programa Editorial Universidad del Valle.
- Esteban, J., Mancera, H., & Guzmán, A. (2021). Niveles de representación en materiales didácticos alrededor del proceso Haber como SPE en la enseñanza del equilibrio químico. En *Praxis Educación y Pedagogía*, (6). <https://www.academia.edu/download/109149188/15183.pdf>

- Feynman, R. P. (2000). *El carácter de la ley física*. Barcelona: Tusquets Editores.
- Galagovsky, L. R., Rodríguez, M. A., Stamati, N., & Morales, L. (2003). Representaciones mentales, lenguajes y códigos en la enseñanza de las ciencias naturales: un ejemplo para el aprendizaje del concepto de reacción química a partir del concepto de mezcla. En *Enseñanza de las Ciencias*, 21(1), 107-121.
<https://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v21n1/02124521v21n1p107.pdf>
- Galván-Cardoso, A. P., & Siado-Ramos, E. (2021). Educación Tradicional: Un modelo de enseñanza centrado en el estudiante. En *Cienciamatria*, 7(12), 962-975.
<https://ojs.cienciamatriarevista.org.ve/index.php/cm/article/download/457/645>
- García, J. J. G., & Perales, F. (2006). ¿Cómo usan los profesores de química las representaciones semióticas? En *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 5(2), 247-259.
http://www7.uc.cl/sw_educ/educacion/grecia/plano/html/pdfs/linea_investigacion/Otros_IOT/IOT_077.pdf
- Gómez, A. (2008). "Construcción de explicaciones multimodales: ¿qué aportan los diversos registros semióticos?" En *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos* (Colombia), 4(2), 83-99.
https://eduteka.icesi.edu.co/pdfdir/DBA_CNaturales.pdf
<https://programaeditorial.univalle.edu.co/gpd-mediacion-didactica-9789585144354-6332577e61154.html>
https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-81033_archivo_pdf.pdf
- Kuhn, T. S. (2004). *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de cultura económica.
- Lacués, E. (2018). *Sistemas Matemáticos de Símbolos, Registros Semióticos de Representación, en ingresantes a Ingenierías*. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid. Facultad de Psicología.
- Lakatos, Imre (1983). *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza Editorial, 1983. 315 p.
- López, C., Ramírez, L., Espinosa, A. (2018). La implementación de la actividad experimental desde los fundamentos de la mediación didáctica en docentes en formación en ciencias. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 13(2), 251-271.

- Magariños, J., (2008). *La semiótica de los bordes: apuntes de metodología semiótica*. Córdoba: Comunicarte.
- <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/restudios/article/download/451/418/1468>
- Máximo, A., & Alvarenga, B. (1998). *Física general. Con experimentos sencillos*. 4ª Edición. Oxford University Press México.
- MEN, (2004). Estándares básicos de competencias en ciencias. Bogotá, Colombia.
- MEN, (2016). Derechos Básicos de Aprendizajes. Bogotá, Colombia.
- Mitchell, W. J. T. (2019). Cuatro conceptos fundamentales de la ciencia de la imagen. En *La ciencia de la imagen*. Ediciones Akal, pp. 23-30.
- Mitchell, W. T. (2009). Teoría de la imagen (Vol. 5). Ediciones Akal.
- Mosterín, J. (2003). *Conceptos y teorías en la ciencia* (Vol. 394). Madrid: Alianza.
- Pozo Municio, J. I. (1998). *Aprender y enseñar ciencia: del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid: Ediciones Morata.
- Quiroz, F. (2020). El papel de la reflexión y la mediación didáctica en la enseñanza de las ciencias naturales: un estudio de caso de profesores en formación. En *Revista Tecné, Episteme y Didaxis*. Universidad Pedagógica Nacional. No. 47. Págs. 161-178.
- Rico, L. (2009). Sobre las nociones de representación y comprensión en la investigación en educación matemática. En: *pna*, 4(1), 1-14.
- Romero, A. (2022). Multimodalidad: artefactos multisemióticos y sus relaciones con el aprendizaje del concepto de elemento químicos desde la realidad aumentada. *Repositorio Institucional Universidad Autonoma de Manizales* [Trabajo de Grado]. https://repositorio.autonoma.edu.co/bitstream/11182/1301/1/Multimodalidad_ar_tefactos_multisemi%C3%B3ticos_sus_relaciones_aprendizaje.pdf
- Saussure, Ferdinand (2007). *Curso de lingüística general*. Buenos Aires: Losada.
- Skinner, B. F., & Ardila, R. (1975). *Sobre el conductismo* (pp. 158-159). Barcelona: Fontanella. <https://psicologiaen.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/06/burrhus-frederick-skinner-sobre-el-conductismo.pdf>
- Tébar, L. (2009). El profesor mediador del aprendizaje. Bogotá: Editorial Magisterio.
- Vigotsky, L. S. (2021). *Pensamiento y lenguaje*. Editorial Pueblo y Educación. https://www.proletarios.org/books/Vygotsky_Obras_Escogidas_TOMO_2.pdf

Yacuzzi, M. L., & Borzi, S. L. (2015). La génesis de la representación en Piaget y en Vigotsky.
En: *V Congreso Internacional de Investigación de la Facultad de Psicología de la Universidad Nacional de La Plata* (La Plata, 2015).

APENDICE
PRUEBA DE CONOCIMIENTO
GASES IDEALES
LEY DE BOYLE

La ley de Boyle establece que, para una cantidad fija de gas a temperatura constante, el volumen de un gas es inversamente proporcional a su presión. Matemáticamente, se expresa como:

$$P_1V_1=P_2V_2=\text{constante}$$

donde P representa la presión y V el volumen del gas en dos estados diferentes (1 y 2).

A continuación, se presentan algunas preguntas que permiten analizar la comprensión de la Ley de Boyle a partir de diversas representaciones:

1. Si la presión (P) aumenta ¿qué le sucede al volumen (V)?



- a) Aumenta
- b) Disminuye
- c) No Varia
- d) Varia y después permanece constante
- e) Ninguna de las anteriores

2. Si P se duplica ¿qué le sucede a V ?



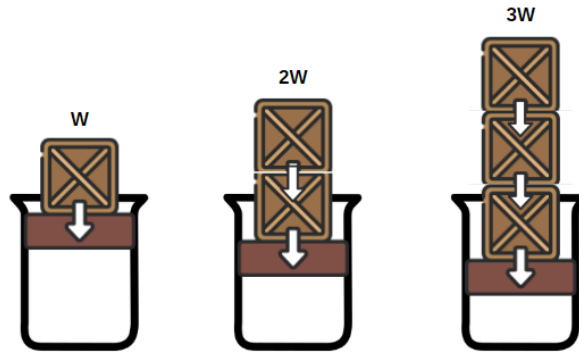
- a) Disminuye
- b) Se reduce a la mitad
- c) No Varia
- d) varia y después permanece constante
- e) Se duplica

3. Si P se triplica ¿qué le sucede a V ?

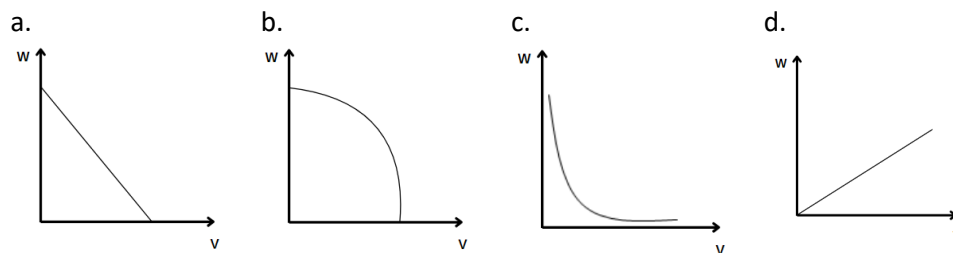


- a) Disminuye
- b) Se reduce a un tercio
- c) No Varia
- d) Varia y después permanece constante

4. Observe las siguientes figuras:

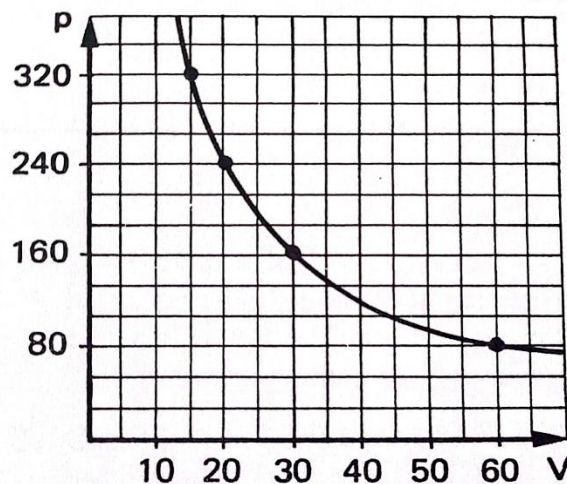


De acuerdo a la figura anterior ¿cuál de las siguientes gráficas corresponde a la relación entre peso y el volumen? Peso (W), Volumen (V). Teniendo en cuenta que $P(\text{presión}) = W/A$



e. Ninguna de las anteriores

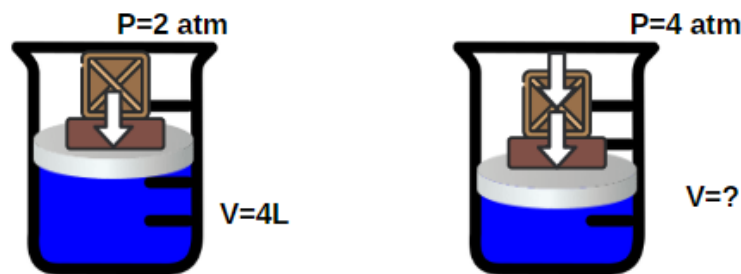
5. Considere la gráfica P y V. Tabule los datos presentados a continuación



P (atm)	V(Litros)

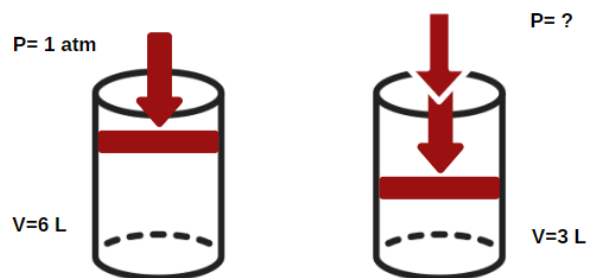
6. ¿Cómo puede usted saber que la relación entre P y V corresponde a la Ley de Boyle?

7. Un gas ocupa un volumen de 4 litros a una presión de 2 atmósferas. Si la presión aumenta a 4 atmósferas, ¿cuál será el nuevo volumen del gas? Teniendo en cuenta que la Temperatura es constante



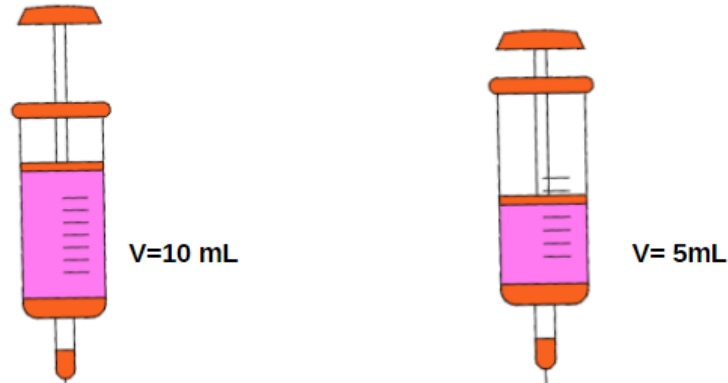
- a) 8L
- b) 4L
- c) 2L
- d) 16L
- e) Ninguna de las anteriores

8. Dos recipientes contienen el mismo tipo de gas a la misma temperatura. El primer recipiente tiene un volumen de 6 litros y una presión de 1 atmósfera. El segundo recipiente tiene un volumen de 3 litros. ¿Cuál es la presión en el segundo recipiente?

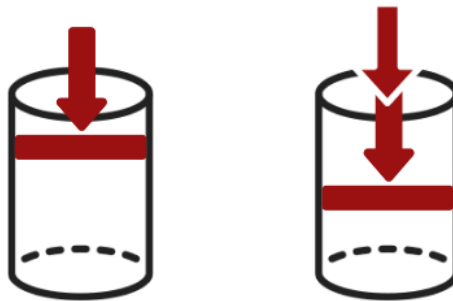


- a) 2 atm
- b) 3 atm
- c) 6 atm
- d) 12 atm
- e) Ninguna de las anteriores

9. En una jeringa cerrada que contiene aire, si empujas el émbolo y reduces el volumen de 10 ml a 5 ml, ¿cómo cambia la presión del aire dentro de la jeringa?



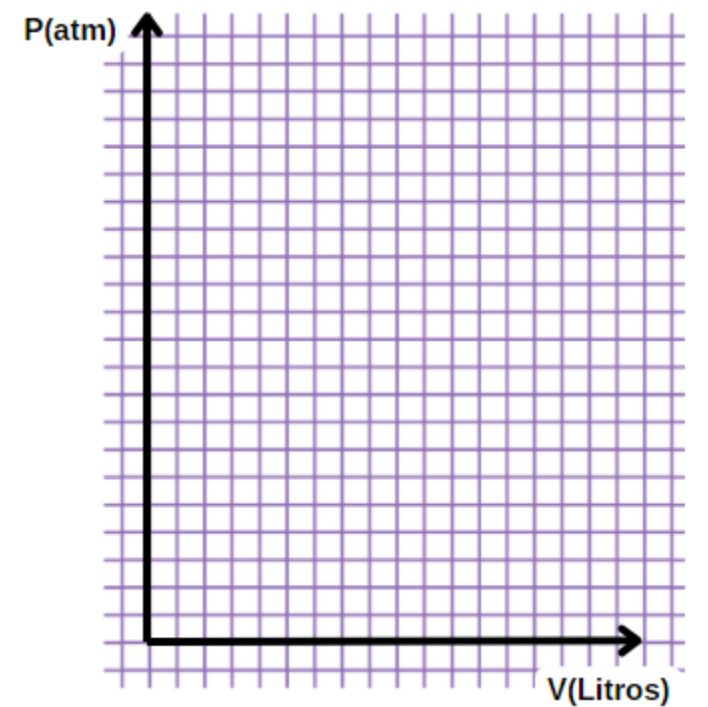
- a) Presión se reduce a la mitad
 - b) La presión se duplica
 - c) La presión se mantiene igual
 - d) la presión se triplica
 - e) ninguna de las anteriores
10. Si un gas a una presión de 1 atmósfera ocupa un volumen de 8 litros, ¿qué presión será necesaria para reducir el volumen a 2 litros?



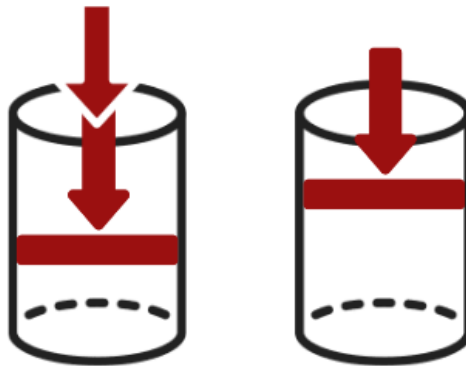
- a) 8 atm
 - b) 1 atm
 - c) 4 atm
 - d) 16 atm
 - e) Ninguna de las anteriores
11. Teniendo en cuenta la siguiente información de la tabla, complétela, de acuerdo a la Ley de Boyle

Estado	P(atm)	V(litros)
I	0.50	12
II	1.0	
III	1.5	
IV	2.0	

12. De acuerdo a la tabla anterior, trace el diagrama p-V



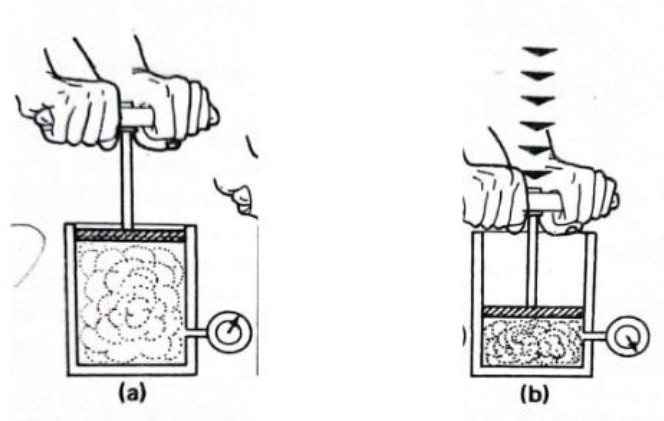
13. Se tiene una muestra de gas a 200°C y una presión de 2 atm y un volumen de 20L. ¿Qué volumen ocupará, si a la misma temperatura, la presión baja hasta 1 atm?



- a) 40 L
- b) 20 L
- c) 10 L
- d) 5 L
- e) Ninguna de las anteriores

14. Un recipiente que contiene O_2 está provisto de un pistón, que permite variar la presión y el volumen del gas como se observa en la figura. Cuando el O_2 está sometido a una presión $p_1=2.0$ atm, ocupa un volumen $V_1=20$ litros. El gas se comprime lentamente, de modo que su

temperatura no cambie, hasta que la presión alcance el valor $p_2=10 \text{ atm}$ ¿Cuál es el volumen V_2 del oxígeno en este nuevo estado?

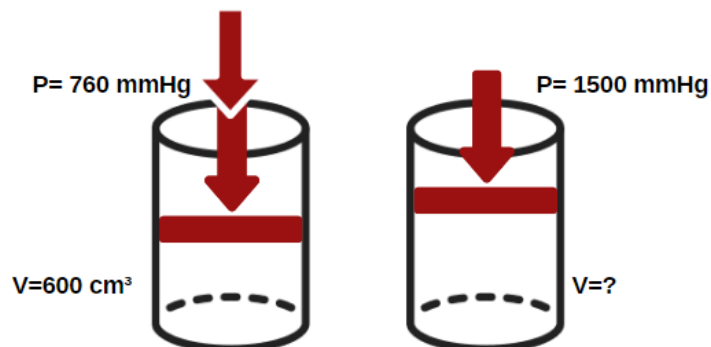


- a) 8 L
- b) 4L
- c) 10 L
- d) 40 L
- e) Ninguna de las anteriores

15. Una muestra de oxígeno ocupa 4 litros a 760 mm de Hg. ¿Cuál será el volumen del oxígeno a 380 mm de Hg, si la temperatura permanece constante?

- a) 5L
- b) 4L
- c) 8L
- d) 20L
- e) ninguna de las anteriores

16. Un gas a una temperatura constante ocupa un volumen de 600 cm^3 a una presión de 760 mmHg, ¿cuál será su volumen si la presión recibida aumenta a 1500 mm de Hg?



- a) 600 cm^3
- b) 750 cm^3
- c) 380 cm^3
- d) 304 cm^3

e) Ninguna de las anteriores

17. Una cierta cantidad de gas se encuentra a la presión de 900 mm Hg a un volumen de 2L. Calcula la presión que alcanzará si el volumen se triplica. **La temperatura se mantiene constante**

- a) 600 mmHg
- b) 450 mmHg
- c) 180 mmHg
- d) 300 mmHg
- e) ninguna de las anteriores

18. Al comprimir en un cilindro un gas ideal, un estudiante sospechó que el embolo no estaba bien ajustado, pues permitía que el gas escapara. Realizando mediciones halló que en un estado inicial (1), la presión del gas era $p_1 = 70$ cmHg, y su volumen, $V_1 = 20$ cm³. Para otro estado (2), a la misma temperatura, obtuvo $p_2 = 140$ cmHg y $V_2 = 30$ cm³. ¿Estos resultados llevaron al estudiante a confirmar sus sospechas? Explique

19. Un gas tiene un volumen de 3 Litros a una presión de 5 atm. Calcular el volumen de un gas a una temperatura constante, si la presión se triplica

- a) 5 L
- b) 15 L
- c) 1 L
- d) 3 L
- e) ninguna de las anteriores

20. Aplicando la ley de Boyle, completa la siguiente tabla.

P(atm)	V(L)
80	60
	30
	20
	15