

---

# Enseñanza de las ciencias en tiempos de pandemia:

Prácticas de investigación para el fortalecimiento de competencias científicas



Antonio de Jesús Estrada Maldonado  
Evelia Reséndiz Balderas  
Rosa Delia Cervantes Castro  
Autores

editorial  
**fontamara**

**UAT** Universidad Autónoma  
de Tamaulipas



# **Enseñanza de las ciencias en tiempos de pandemia:**

Prácticas de investigación para el  
fortalecimiento de competencias científicas

---

Enseñanza de las ciencias en tiempos de pandemia: Prácticas de investigación para el fortalecimiento de competencias científicas, de Antonio de Jesús Estrada Maldonado, Evelia Reséndiz Balderas, Rosa Delia Cervantes Castro /autores .—Cd. Victoria, Tamaulipas : Universidad Autónoma de Tamaulipas ; Ciudad de México : Editorial Fontamara , 2022.

123 págs. ; 17 x 23 cm.

1. JN - Educación

LC: LB1705 E8.7 2022

DEWEY: 370.7 - Estudio y enseñanza de la educación

---

Universidad Autónoma de Tamaulipas  
Matamoros SN, Zona Centro  
Ciudad Victoria, Tamaulipas C.P. 87000  
D. R. © 2022

Consejo de Publicaciones UAT  
Centro Universitario Victoria  
Centro de Gestión del Conocimiento. Segundo Piso  
Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. C.P. 87149  
Tel. (52) 834 3181-800 • extensión: 2948 • [www.uat.edu.mx](http://www.uat.edu.mx)  
[consejopublicacionesuat@outlook.com](mailto:consejopublicacionesuat@outlook.com)

Libro aprobado por el Consejo de Publicaciones UAT  
ISBN UAT: 978-607-8750-98-6

Editorial Fontamara, S.A. de C.V.  
Av. Hidalgo No. 47-B, Colonia Del Carmen  
Alcaldía de Coyoacán, 04100, CDMX, México  
Tels. 555659-7117 y 555659-7978  
[contacto@fontamara.com.mx](mailto:contacto@fontamara.com.mx) • [coedicion@fontamara.com.mx](mailto:coedicion@fontamara.com.mx) • [www.fontamara.com.mx](http://www.fontamara.com.mx)  
ISBN Fontamara: 978-607-736-765-9

Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta obra incluido el diseño tipográfico y de portada, sea cual fuera el medio, electrónico o mecánico, sin el consentimiento del Consejo de Publicaciones UAT.  
México • *Libro Digital*

**Este libro fue dictaminado y aprobado por el Consejo de Publicaciones UAT mediante un especialista en la materia perteneciente al Sistema Nacional de Investigadores (SNI). Asimismo, fue autorizado por el Comité interno de selección de obras de Editorial Fontamara mediante el sistema “doble ciego” en la sesión del primer semestre 2022.**

# **Enseñanza de las ciencias en tiempos de pandemia:**

Prácticas de investigación para el  
fortalecimiento de competencias científicas

Antonio de Jesús Estrada Maldonado  
Evelia Reséndiz Balderas  
Rosa Delia Cervantes Castro  
*Autores*

**editorial**  
**fontamara**

**UAT** Universidad Autónoma  
de Tamaulipas



C.P. Guillermo Mendoza Cavazos  
PRESIDENTE

Dra. Mariana Zerón Félix  
VICEPRESIDENTE

Dr. Leonardo Uriel Arellano Méndez  
SECRETARIO TÉCNICO

C.P. Franklin Huerta Castro  
VOCAL

Dra. Rosa Issel Acosta González  
VOCAL

Mtro. Rafael Pichardo Torres  
VOCAL

Mtro. Mauricio Pimentel Torres  
VOCAL

**Consejo Editorial del Consejo de Publicaciones de la Universidad Autónoma de Tamaulipas**

**Dra. Lourdes Arizpe Slogher** • Universidad Nacional Autónoma de México | **Dr. Amalio Blanco** • Universidad Autónoma de Madrid, España | **Dra. Rosalba Casas Guerrero** • Universidad Nacional Autónoma de México | **Dr. Francisco Díaz Bretones** • Universidad de Granada, España | **Dr. Rolando Díaz Lowing** • Universidad Nacional Autónoma de México | **Dr. Manuel Fernández Ríos** • Universidad Autónoma de Madrid, España | **Dr. Manuel Fernández Navarro** • Universidad Autónoma Metropolitana, México | **Dra. Juana Juárez Romero** • Universidad Autónoma Metropolitana, México | **Dr. Manuel Marín Sánchez** • Universidad de Sevilla, España | **Dr. Cervando Martínez** • University of Texas at San Antonio, E.U.A. | **Dr. Darío Páez** • Universidad del País Vasco, España | **Dra. María Cristina Puga Espinosa** • Universidad Nacional Autónoma de México | **Dr. Luis Arturo Rivas Tovar** • Instituto Politécnico Nacional, México | **Dr. Aroldo Rodrigues** • University of California at Fresno, E.U.A. | **Dr. José Manuel Valenzuela Arce** • Colegio de la Frontera Norte, México | **Dra. Margarita Velázquez Gutiérrez** • Universidad Nacional Autónoma de México | **Dr. José Manuel Sabucedo Cameselle** • Universidad de Santiago de Compostela, España | **Dr. Alessandro Soares da Silva** • Universidad de São Paulo, Brasil | **Dr. Akexandre Dorna** • Universidad de CAEN, Francia | **Dr. Ismael Vidales Delgado** • Universidad Regiomontana, México | **Dr. José Francisco Zúñiga García** • Universidad de Granada, España | **Dr. Bernardo Jiménez** • Universidad de Guadalajara, México | **Dr. Juan Enrique Marciano Medina** • Universidad de Puerto Rico-Humacao | **Dra. Ursula Oswald** • Universidad Nacional Autónoma de México | **Arq. Carlos Mario Yori** • Universidad Nacional de Colombia | **Arq. Walter Debenedetti** • Universidad de Patrimonio, Colonia, Uruguay | **Dr. Andrés Piqueras** • Universitat Jaume I, Valencia, España | **Dra. Yolanda Troyano Rodríguez** • Universidad de Sevilla, España | **Dra. María Lucero Guzmán Jiménez** • Universidad Nacional Autónoma de México | **Dra. Patricia González Aldea** • Universidad Carlos III de Madrid, España | **Dr. Marcelo Urra** • Revista Latinoamericana de Psicología Social | **Dr. Rubén Ardila** • Universidad Nacional de Colombia | **Dr. Jorge Gissi** • Pontificia Universidad Católica de Chile | **Dr. Julio F. Villegas †** • Universidad Diego Portales, Chile | **Ángel Bonifaz Ezeta †** • Universidad Nacional Autónoma de México

# Índice

<b>Introducción</b>	<b>9</b>
<b>Capítulo 1</b> Contexto de la enseñanza de las ciencias y sus problemáticas	<b>11</b>
<b>Capítulo 2</b> Perspectivas teóricas	<b>29</b>
<b>Capítulo 3</b> Orientación metodológica	<b>67</b>
<b>Capítulo 4</b> Enseñanza de las ciencias en pandemia	<b>77</b>
<b>Conclusiones generales</b>	<b>115</b>
<b>Referencias</b>	





# Introducción

En un mundo de cambios constantes vale la pena reflexionar sobre el quehacer de la educación, pues el ideal de alfabetización científica se encuentra distante del resultado esperado.

Es en este contexto de analfabetismo científico donde el nulo discernimiento del lenguaje de la ciencia conlleva a la toma de decisiones a ciegas. Los sistemas educativos se esfuerzan para cambiar el enfoque de la enseñanza, en específico, de aquellos campos formativos que por su naturaleza didáctica tienen la capacidad de transformar la vida de los individuos, otorgándoles la capacidad de obtener posibilidades concretas y prácticas en el uso del conocimiento.

Disciplinas como la química y la biología pretenden otorgar al sujeto herramientas que permitan el entendimiento básico, sin embargo, aún y cuando estas asignaturas pertenecen al tronco común curricular en casi todos los países, la situación muestra que gran parte de la población mexicana carece de dichas habilidades. Basta con ver los resultados de la Encuesta Nacional sobre la Percepción Pública de la Ciencia y la Tecnología realizada por el Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI, 2017), donde a grandes rasgos, el resultado preliminar deja en evidencia el poco interés, habilidades y conocimiento desarrollados en torno a la ciencia y la tecnología. Vale la pena realizar una introspección que vaya de las autoridades educativas hasta los maestros de ciencias en todos los niveles y preguntar: ¿cuál es el fin de la enseñanza de las ciencias y ¿cuál es el enfoque adecuado?

El presente libro se desarrolla bajo la premisa de que la enseñanza de la ciencia tiene como misión el desarrollo de competencias que doten al individuo de capacidades que abran su panorama en torno a dos posibilidades; a) trabajar para producir, aplicar y difundir el conocimiento (trabajo de los científicos); b)

adquirir las bases para la toma individual y conjunta de decisiones fundamentadas en hechos, más allá de la labor desempeñada en la sociedad. Para ello es necesario cambiar el enfoque centrado en el aprendizaje de conceptos aislados y rutinas algorítmicas que persiste en muchas escuelas sin considerar el interés generado en los estudiantes. Eso provoca falta de conocimientos, habilidades y actitudes en el momento de concluir la formación obligatoria.

Este análisis parte del panorama actual de la enseñanza de las ciencias donde resultan evidentes diversos problemas relacionados con la formación de los estudiantes, para posteriormente indagar sobre aquellos enfoques de la enseñanza en ciencia desarrollados a lo largo de la historia, se pretende recuperar lo mejor de cada uno de ellos con vistas al desarrollo de competencias científicas, para obtener una propuesta de intervención educativa fundamentada en la investigación dirigida y aplicada a través del trabajo práctico desarrollado en talleres o laboratorios.

La pandemia del COVID-19 no permitió implementar este sistema en las aulas por la suspensión de actividades decretada por el sector salud. La Secretaría de Educación Pública (SEP) debió buscar alternativas virtuales o fundamentarse en la televisión de señal abierta, para continuar sus tareas de enseñanza. En el caso de esta obra fue necesario recurrir a plataformas digitales como Google Classroom, Drive y Meet, para implementar diversos tipos de representaciones (objetos) que permitieran el aprendizaje de la ciencia .

El Capítulo 1 pretende delimitar y contextualizar el problema atendido mediante la implementación del proyecto, por tal motivo, se desarrolla el planteamiento y justificación del problema inherente a otras problemáticas, para ir de asuntos particulares a otras situaciones de mayor jerarquía. También, se desarrollan los objetivos que buscarán dar soluciones en el contexto institucional, social y curricular analizado.

El Capítulo 2 indaga sobre aquellos aspectos teóricos que habrán de sustentar la propuesta didáctica por implementar, a partir de la importancia de enseñar ciencias y sus diferentes enfoques, la naturaleza del saber científico, estrategias de enseñanza-aprendizaje y un breve estado del conocimiento sobre estudios similares.

El Capítulo 3 describe los pasos a seguir durante tres etapas. Busca generar conocimiento a partir de procesos empíricos y metódicos que implican observar y evaluar fenómenos; para esclarecer, fundamentar, modificar e inclusive generar nuevas posibilidades de estudio.

El Capítulo 4 detalla la puesta en marcha y los resultados de la investigación.

# Capítulo 1

## Contexto de la enseñanza de las ciencias

### 1. Panorama actual de la enseñanza de las ciencias y la problemática

En el caso de México, una evaluación realizada por el Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI 2017), denominada Encuesta Nacional sobre la Percepción Pública de la Ciencia y la Tecnología, presenta las valoraciones de la población en general respecto a su discernimiento, opinión y conocimiento de temas científicos, dicha encuesta fue aplicada a personas mayores 18 años; al considerar que la mayoría cuenta al menos con la Educación Media Superior (EMS) y los conocimientos necesarios para hacer frente a las demandas sociales.

En la Tabla 1, se realiza la comparativa entre sexos según su nivel de interés en ciertos temas, es relevante que la mayoría no alcanza ni siquiera el 50 % de interés en temas como *ciencias exactas*, *contaminación ambiental* y *nuevos inventos, descubrimientos científicos y desarrollo tecnológicos*.

Tabla 1. Porcentaje de la población de 18 años y más por sexo y grupos de edad, según el nivel de interés en temas de actualidad

Temas	Interés muy grande y grande		
	Total	Hombres	Mujeres
Deportes	38 %	55 %	24 %
Política	16 %	23 %	11 %
Nuevos inventos, descubrimientos científicos y desarrollo tecnológico	36 %	37 %	35 %
Ciencias exactas	23 %	24 %	22 %

Temas	Interés muy grande y grande		
	Total	Hombres	Mujeres
Ciencias sociales e historia	37 %	28 %	27 %
Sociales y espectáculos	24 %	22 %	26 %
Contaminación ambiental	49 %	49 %	49 %
Negocios e información financiera	31 %	35 %	28 %

Resultados de la Encuesta Nacional sobre la Percepción Pública de la Ciencia y la Tecnología en México 2017, apartado IV sobre la Comprensión y Percepción de la Ciencia y la Tecnología.

Fuente: elaboración propia basada en información del INEGI, 2017.

Lo anterior representa una gran cantidad de cuestionamientos y áreas de oportunidad para el sistema educativo, una pregunta evidente podría ser: ¿qué hacen las autoridades, directivos, profesores, padres de familia y alumnos para despertar el interés por los temas de desarrollo científico y tecnológico?, pues el primer paso conducente al verdadero aprendizaje depende del interés y la curiosidad que el sujeto que aprende muestra respecto al objeto estudiado, en este caso, la ciencia.

La población de 18 años en adelante también muestra deficiencias en cuanto al conocimiento de temas de carácter científico. Por ejemplo, en relación a contenidos orientados a la química, menos del 50 % de la población obtuvo resultados positivos, lo cual resulta relevante al considerar que la mayoría de las preguntas realizadas surgen del currículum de ciencias de la SEP. Pero estos resultados demuestran no solamente carencia de saberes conceptuales, sino también la falta de competencias transversales, que, si bien no forman parte explícita del currículum de ciencias, la población debería contar con un mejor bagaje de conocimientos generales. Por ejemplo, en la afirmación No. 4 *el rayo láser trabaja por el enfoque de ondas sonoras*, solo el 31 % respondió de manera correcta, cuando la misma pregunta da la respuesta, al saber que existe una diferencia entre el sonido y la luz.

Tabla 2. Población de 18 años y más por sexo y grupos de edad, según conocimiento de temas sobre cultura científica

Responda si son ciertas o falsas cada una de las siguientes afirmaciones	Cierto	Falso	No sabe	Dificultad
Toda la radioactividad está hecha por el hombre	43.0	47.6	9.3	0.48
Todo el oxígeno que respiramos proviene de las plantas	71.9	24.8	3.3	0.25
El gen del padre es el que decide si es niño o niña	60.3	29.6	10.1	0.60
El rayo láser trabaja por el enfoque de ondas sonoras	29.7	31.0	39.3	0.31
Los electrones son más pequeños que los átomos	40.1	25.7	34.2	0.40

Responda si son ciertas o falsas cada una de las siguientes afirmaciones	Cierto	Falso	No sabe	Dificultad
Los antibióticos tratan enfermedades virales y bacterianas	70.0	19.1	10.9	0.19
Mario Molina, premio nobel de química es mexicano	40.1	11.1	48.8	0.40
En México hay plantas nucleares	35.0	35.2	29.8	0.35
El sonido viaja más rápido que la luz	33.0	46.4	20.5	0.46

Resultados en la materia “Química” de la Encuesta Nacional sobre la Percepción Pública de la Ciencia y la Tecnología en México 2017, apartado IV sobre la Comprensión y Percepción de la Ciencia y la Tecnología. Fuente: elaboración propia basada en datos del INEGI, 2017.

Se detecta una falta de competencias en relación a la observación y comprensión de fenómenos, al considerar que poco más del 50 % de la población no sabe o considera cierto que el sonido viaja más rápido que la luz, fenómeno que puede explicarse claramente durante las tormentas eléctricas.

Tabla 3. Población de 18 años y más por sexo y grupos de edad, según opinión sobre la mejor alternativa para probar un medicamento

Alternativas	Hombres	Mujeres	Total
Administrar el medicamento a 1000 personas con la enfermedad y ver cuántas muestran signos de recuperación.	19.0 %	19.20 %	19.10 %
Tratar a 500 personas con la medicina y a las otras 500 no, y observar quienes presentan signos de recuperación.	23.10 %	25.40 %	24.30 %
Tratar con medicina a 500 personas y a otras 500 personas con una pastilla que no produce ningún efecto en el cuerpo humano, y comparar ambos resultados.	49.80 %	39.40 %	44.40 %
No sabe	8.10 %	4.20 %	12.30 %

Nota. La tabla muestra el nivel de comprensión de las personas respecto al diseño y control de experimentos, así como a la interpretación de resultados.

Fuente: elaboración propia basada en datos del INEGI, 2017.

La tabla muestra que los resultados siguen la misma constante, más del 50% de la población mexicana denota carencia de competencias científicas, ya que, en este cuestionamiento, se solicitó a la población poner a prueba no solo su comprensión relacionada con temáticas de la ciencia, sino su capacidad para diseñar y controlar experimentos. Aunque gran parte de la población está consciente de que para poner a prueba un medicamento se debe experimentar antes de comercializarlo, pocos mostraron capacidad para tomar control de los experimentos, habilidad que en las ciencias es fundamental para la producción de nuevo conocimiento y para generación de nuevos aprendizajes en el caso de la educación.

Los resultados mostrados muestran que la población no solamente muestra poco interés por la ciencia, sino que existen numerosas áreas de oportunidad en los diferentes niveles del currículo, si bien es necesario revisar los planes y programas de estudio tanto como los enfoques de enseñanza. Los planteles educativos deben tener la capacidad para mejorar la educación desde los niveles bajos del sistema, considerando que la labor de directivos, la práctica docente y la participación de los padres de familia, es fundamental para que los resultados en ciencias a nivel nacional e internacional mejoren.

## 2. México en el panorama internacional: PISA y TIMSS

Se han observado los resultados académicos de la formación en ciencias de la población mayor a 18 años, pero es importante mencionar que dicha evaluación realizada por el INEGI no permite la toma de decisiones respecto al currículo en las instituciones educativas, porque se encuentra dirigida a la población en general, en ese sentido, la única prueba que se realiza para valorar los resultados académicos de la población estudiantil es el Plan Nacional para las Evaluaciones de los Aprendizajes (Planea) contemplan la valoración de aprendizajes clave de los campos formativos de lenguaje y comunicación y matemáticas dejando de lado a las ciencias (SEP, 2020). Por lo tanto, no existe actualmente una evaluación nacional que permita saber la situación académica de la educación obligatoria con respecto a la ciencia.

Para conocer la situación en torno a los resultados en ciencias es necesario recurrir a las pruebas internacionales. Dos de las más conocidas son la Prueba para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA) y el Estudio Internacional de Tendencias en Matemáticas y Ciencias (TIMSS).

### 2.1. Prueba para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA)

PISA es una prueba que se aplica a alumnos en edad de 15 años y evalúa principalmente los conocimientos adquiridos hasta ese momento de sus vidas; además verifica la capacidad de aplicar dichos conocimientos en diferentes contextos sociales y académicos.

Para la correcta y clara interpretación de los resultados, esta prueba contempla 7 niveles de desempeño, donde el nivel 6 es el más alto, el nivel 1b el más bajo y el nivel 2 el mínimo aceptado por la OCDE.

Tabla 4. Porcentaje de alumnos por debajo y por encima del nivel 2

País	Alumnos debajo del nivel 2	Alumnos arriba del nivel 2
China	2 %	98 %
Macao	5 %	95 %
E.U.A.	19 %	81 %
España	21 %	79 %
OCDE	23 %	77 %
Chile	35 %	65 %
Uruguay	44 %	56 %
México	47 %	53 %
República Dominicana	84 %	16 %

Nota. Se muestra la comparativa entre los países mejor evaluados en PISA, el promedio de la OCDE y algunos países latinoamericanos con respecto a México.

Fuente: elaboración propia basada en datos de la OCDE, 2019.

México se encuentra considerablemente por debajo de China, el país con mejores resultados y muy por debajo del promedio de la OCDE, en resumen, el 47 % de los estudiantes de 15 años en México se encuentra por debajo del nivel 2. Desde una perspectiva cualitativa, estos resultados muestran que “gran parte de los estudiantes no son capaces de aprovechar el conocimiento cotidiano y el conocimiento procedimental básico para identificar una explicación científica apropiada, interpretar datos, e identificar la pregunta abordada en un diseño experimental básico”. Tampoco pueden usar el conocimiento científico básico para obtener una conclusión válida a partir de una base de datos simple. De igual manera no son capaces de demostrar conocimiento epistemológico ya que no tienen las habilidades para identificar preguntas que pueden investigarse científicamente (OCDE, 2019).

## 2.2. Estudio Internacional de Tendencias en Matemáticas y Ciencias (TIMSS)

El Estudio Internacional de Tendencias en Matemáticas y Ciencias es una prueba realizada por la Asociación Internacional para la Evaluación del Rendimiento Educativo (IEA), y es aplicada a alumnos de 4° y 8° grado (en México a 4° de primaria y 2° de secundaria). A diferencia de PISA; TIMSS realiza sus evaluaciones tomando en consideración los currículos de determinados países en todo el mundo, comparando sus contenidos y sus enfoques de enseñanza, de esta manera se puede determinar si el currículo oficial de un país es realmente impartido en las aulas; además verifica si los alumnos obtienen los objetivos planteados (IEA, 2020).

Realizando una comparación entre los contenidos que evalúa TIMSS y los programas de estudio actuales en México, encontramos que la mayoría de los temas que contempla la prueba aparecen en los aprendizajes esperados del modelo educativo para la educación obligatoria, sin embargo, se aprecian ciertas ausencias, además de ciertos aprendizajes limitados en comparación con TIMSS.

En los aprendizajes orientados al objeto de estudio de la química, la SEP limita sus objetivos a la observación de cambios en la materia, mientras que TIMSS describe con mayor profundidad dichos cambios (fisión, solidificación, ebullición, vaporización y condensación) e inclusive se señala la diferencia entre cambio físico y químico.

Los contenidos mostrados para el 8° grado en los Estados Unidos de América no tienen relación o compatibilidad con los aprendizajes esperados para secundaria en el programa de la SEP, esto resulta relevante ya que muchos de ellos tienen que ver con saberes conceptuales fundamentales para el aprendizaje continuo de la física y de la química, lo anterior puede provocar lagunas cognitivas en el futuro académico de los estudiantes, aunado a ello, muchos de los contenidos ubicados en el país del norte se relacionan con el método de la ciencia, para que los estudiantes desarrollen competencias disciplinares básicas como la observación, la experimentación y el control de variables.

### 3. La investigación

Es evidente que las disciplinas de carácter científico poseen particularidades que las hacen únicas al promover diversas posturas en cuanto a la didáctica de su enseñanza. Un recurso propio de dichos campos formativos es el laboratorio experimental que según Zárraga, Velázquez y Rodríguez (2004) está presente en la mayoría de las instituciones educativas desde 1825. El laboratorio es parte fundamental de la enseñanza de la química en los programas de estudio de algunas escuelas de nivel medio superior del país (Secretaría de Educación Pública, 2013).

El trabajo práctico es indispensable para la enseñanza de las ciencias. Al hablar de éste, se hace referencia no solo al trabajo desarrollado por profesores y alumnos en un laboratorio experimental, si no a cualquier actividad donde el alumno recoge información, la organiza y genera como un nuevo conocimiento, un aprendizaje. El alumno habrá de desarrollar aprendizajes y competencias propias de la disciplina hasta alcanzar los niveles de logro establecidos.

La Dirección General de Bachillerato (2013) presenta en el programa de Química I ciertas competencias que el alumno debe desarrollar, por ejemplo: “contrastar los resultados obtenidos en una investigación o experimento con hipótesis previas y comunicar sus conclusiones”. Como esta, existe una variedad de competencias que el estudiante debe desarrollar en el laboratorio experimental.



A pesar de las ventajas que proporciona es innegable que muchos planteles insertos en la Educación Media Superior no cuentan con un espacio destinado al trabajo práctico, pues sólo el 51 % de los planteles a nivel nacional manifiesta tener un laboratorio (Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación, 2018).

Aunado a lo anterior, el ambiente de aprendizaje desarrollado en el laboratorio muchas veces no es el idóneo y tampoco se utilizan metodologías de enseñanza. Las prácticas de laboratorio son conducidas por profesores y apoyadas por textos curriculares, pero no familiarizan al estudiante con la metodología científica y no favorecen el aprendizaje significativo de la dimensión conceptual del estudiante, ya que, por lo general, no estimulan a los estudiantes para emitir hipótesis, realizar búsquedas bibliográficas previas o diseñar su propio experimento, además de que el trabajo práctico no representa un peso significativo en la evaluación.

Así, el diagnóstico realizado por muchos expertos denota un modelo por transmisión-recepción donde el tiempo destinado al trabajo práctico es reducido al limitarse a ejemplificar la teoría (García, Martínez y Mondelo, 1998).

En resumen, aún y cuando resulta incuestionable la presencia del trabajo práctico en ciencias, la realidad muestra una situación diferente y con ciertas problemáticas que derivan en problemas específicos, una contrariedad detectada es la homogeneidad o monotonía, ya que según lo observado, en la mayoría de las instituciones las prácticas realizadas por los estudiantes cumplen con ciertos objetivos de enseñanza y aprendizaje (ejemplificar teoría) adecuados a su diseño, pero dejando de lado otras estrategias cuyo propósito y diseño buscan fortalecer competencias y aprendizajes distintos

Surge pues el cuestionamiento: ¿el trabajo práctico bajo un enfoque de investigación genera en el estudiante competencias de carácter científico? Mediante la resolución práctica se pretende impactar positivamente en los aprendizajes y competencias de los alumnos; además de generar propuestas alternativas de enseñanza para los docentes.

Se pretende indagar en la taxonomía del trabajo práctico en ciencias, por ejemplo, Herron, citado en López y Tamayo (2012), distingue cuatro niveles que deben atender los estudiantes:

Tabla 5. Taxonomía del trabajo práctico

Nivel cero	Se da la pregunta el método y la respuesta.
Nivel uno	Se le da la pregunta y el método, y el estudiante tiene que hallar la respuesta.
Nivel dos	Se da la pregunta y el estudiante tiene que encontrar un método y una respuesta.
Nivel tres	Se le indica un fenómeno y tiene que formular una pregunta adecuada y encontrar un método y una respuesta a la pregunta.

Nota. Clasificación del trabajo práctico según nivel de complejidad según López y Tamayo, 2012.  
Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con dicho estudio las prácticas caracterizadas suelen ir apegadas a los niveles cero y uno que son niveles de demanda muy bajos.

Por tal motivo, la propuesta didáctica para la intervención consistiría en el diseño de un manual de prácticas experimentales caracterizado por las clasificaciones mencionadas. Donde cada práctica favoreciera la demanda cognitiva. Finalizando en el nivel tres, donde el alumno deberá formular una pregunta adecuada, encontrar un método y dar respuesta.

De igual forma, las prácticas deberán diseñarse de acuerdo con los temas y contenidos específicos planteados en el programa de estudios de Química I del Marco Curricular Común de la EMS.

Fumagalli, L., Gómez, L., Labadie, A., Kaufman, M., Kaufman, V., Laceru, L., Tignanelli, H., (2002) consideran necesario revisar la enseñanza de las ciencias en el siglo XXI, por la gran cantidad de información generada en las postrimerías del siglo XX. Por lo tanto, enseñar ciencia resulta imprescindible para la educación contemporánea, no solo por el desarrollo de competencias y aprendizajes propios de la disciplina, sino por sus aportaciones al desarrollo integral de los alumnos, específicamente, la educación científica tiene como propósito que los alumnos desarrollen conocimientos, conceptos, procedimientos y actitudes (Cappello, Castro y Cervantes, 2016).

Liguoeri e Irene (2005) sugieren que la generación de significados no se logra solo con la memorización, sino que el alumno construye y modifica dichos significados gradualmente. Es necesario enseñar contenidos procedimentales además de conceptos donde el estudiante pueda adquirir conocimientos de manera científica y sistemática.

El trabajo práctico juega un papel fundamental en la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia; es un recurso indispensable, una estrategia didáctica que,

como muchas, tendrá ventajas y desventajas hasta adoptar las modalidades que solucionen cada problemática.

Las prácticas de laboratorio deben desarrollarse en un espacio donde el estudiante genere verdaderos aprendizajes significativos. Por ejemplo, García, Insausti y Merino (2003), señalan que para la construcción de conocimiento científico es necesario actuar *pensando*, cosa que rara vez sucede en las prácticas habituales. En un panorama apegado a la situación actual, Furman y Podesta (2009) proponen un aprendizaje por indagación donde se deben generar situaciones que consideren el aprendizaje de conceptos, pero también el desarrollo de ciertas competencias científicas como la observación y descripción, formulación de preguntas e hipótesis, diseño y realización de experimentos, comprensión de textos científicos y la argumentación presentes en otros sistemas educativos.

Sin embargo, la didáctica actual en el trabajo práctico es monótona, y en la mayoría de los casos tiende a ser tradicionalista y se limita a la mera transmisión de conocimientos. En este sentido, un trabajo realizado por López y Tamayo (2012), afirma que el panorama actual de las prácticas de laboratorio presenta una metodología donde el estudiante sigue una simple serie de instrucciones, para aprender cuestiones algorítmicas que le permitan una conclusión de los hechos sin considerar el meta análisis de su trabajo, preocupado más por el aprendizaje de conceptos que por obtener conocimientos procedimentales y actitudinales.

Por tal motivo, dada la importancia del trabajo práctico y el problema identificado en su didáctica se propone una diversificación de estrategias basadas en el aprendizaje por descubrimiento; actividades de tipo investigativo (Tenreiro y Vieira, 2006); además de resolución de problemas (Torres, et al., 2005), donde el alumno se familiarice con los procesos de trabajo científico siguiendo fases similares en una secuencia “(1) formulación del problema, (2) planificación, (3) realización experimental, (4) tratamiento de datos, (5) evaluación de resultados y (6) comunicación de la investigación”.

Se pretende diseñar e implementar estrategias de enseñanza alternativas en el trabajo práctico de la química, que deriven en mejores resultados de aprendizaje y coadyuven al desarrollo y fortalecimiento de la competencia científica mediante la comunicación de hallazgos. Para lograr el objetivo, es necesario realizar un diagnóstico de caracterización con el propósito de describir las diferentes metodologías de enseñanza encontradas en el laboratorio. Diseñar secuencias didácticas que permitan optimizar en la mayor medida posible el tiempo y recursos en relación con los momentos establecidos por los programas de estudios de la SEP en un entorno virtual y a distancia. Diseñar e implementar secuencias didácticas basadas en sesiones de prácticas experimentales de tipo *problema-investigación*

para generar situaciones de aprendizaje donde se desarrollen y fortalezcan competencias científicas. Realizar un análisis comparativo entre las sesiones prácticas convencionales y las diseñadas bajo el enfoque propuesto. Fortalecer la competencia científica. Diseñar instrumentos de evaluación e investigación que permitan cuantificar y valorar el progreso de la competencia científica: crear rúbrica de comunicación y definir el modo de operación de las secuencias (diario de campo, estudio de caso). Comparar los resultados progresivos de la evaluación de la competencia científica y la difusión, para medir la evolución de dicha habilidad en el transcurso de las secuencias didácticas.

#### 4. Estructura del Subsistema de Educación Media Superior (SEMS) y sus finalidades

La Educación Media Superior es un nivel educativo que ha pasado por diferentes transformaciones y cada una de ellas le ha proporcionado cierta estructura e identidad, sin embargo, debido a la amplia variedad ofertada con finalidades, objetivos y metas diferentes, en ocasiones es complicado precisar la organización de cada subsistema. En este apartado se pretende abordar de manera breve la estructura del SEMS, para ubicar institucionalmente a los Centros de Bachillerato Tecnológico Industrial y de Servicios.

El nivel medio superior tiene como finalidad principal generar en el estudiante una constitución personal y social previa que le proporcione herramientas necesarias para el ingreso a la educación superior, a la par que le provea un entendimiento de su entorno social y su tiempo y lo prepare ante las posibles oportunidades de incorporación al mercado laboral (INEE, 2011). De acuerdo con Sékely (2010), la EMS es considerada un espacio para la formación de individuos con conocimientos y habilidades que les permitan un buen desempeño en estudios superiores, el trabajo y la vida.

Es posible apreciar dos finalidades claras de la EMS: el perfil propedéutico que posibilita acceder a la educación superior, y el perfil formativo y especializado que permite al estudiante ingresar al campo laboral. Independientemente de la institución en la que se estudie la educación media todas tendrán en común estas dos finalidades, de acuerdo con su propia identidad en los procesos de gestión institucional, en la enseñanza y el aprendizaje, por lo que resulta necesario practicar la taxonomía de las instituciones de la EMS.

Según el Instituto Nacional Para la Evaluación de la Educación (2011), el nivel medio superior se compone de tres modelos: bachillerato general, tecnológico y profesional técnico y cada uno de ellos cumple con las funciones formativas, propedéuticas y de preparación para el trabajo.

## 4.2. Bachillerato General

El bachillerato general busca proporcionar al estudiante educación propedéutica; orienta sus planes de estudios hacia disciplinas de carácter científico, tecnológico y humanista que contribuyan a la incorporación en la educación superior o el sector productivo (Rodríguez, 2018).

Según la DGB (s.f.) algunas instituciones que tienen la facultad de brindar este tipo de educación en sus modalidades escolarizada, no escolarizada y mixta, son los colegios de bachilleres, los bachilleratos de universidades autónomas, las preparatorias federales por cooperación, los bachilleratos estatales, etcétera.

## 4.3. Bachillerato Profesional Técnico

Está representado primordialmente por el Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica (Conalep), perteneciente al Sistema Nacional de Educación Tecnológica. Ahí se busca formar al estudiante con los conocimientos, habilidades y actitudes necesarias para el ingreso al mercado laboral, principalmente en el sector privado (INEE, 2011).

El Conalep fue fundado con el propósito principal de formar técnicos superiores y no pretendía formar estudiantes para el ingreso a la Educación Superior, pero a partir de 1998 una serie de reformas permitió a los egresados continuar con estudios profesionales (Villa, 2010, p. 289).

## 4.4. Bachillerato Tecnológico

La historia de la educación técnica se remonta hasta épocas de la colonia, pero el objetivo de este trabajo requiere puntualizar los referentes más cercanos y significativos de la historia contemporánea. El antecedente histórico más cercano y uno de los más significativos es la creación de la Preparatoria Técnica, creada en el año 1931 con la función de impartir instrucción especializada (INEE, 2011). Era cursada en un periodo de cuatro años, y para ingresar bastaba haber cursado la primaria, este fue el antecedente de las posteriores escuelas especialistas que contarían con estudios técnicos de tres años para formar ingenieros directores de obras técnicas (UEMSTIS, 2016).

Esta modalidad de educación media es bivalente ya que cumple con los dos propósitos de la EMS, preparar estudiantes en todas las disciplinas para el ingreso a estudios superiores, pero también cuenta en sus planes de estudio con campos formativos que les permitan incorporarse al trabajo. El bachillerato tecnológico puede clasificarse en tres tipos según el campo formativo: industrial, agropecuario y forestal (Rodríguez, 2018).

Según la DGB (s.f.), entre las instituciones que ofrecen este tipo de educación están el IPN, instituciones dependientes de la Subsecretaría de Educación e Investigación

Tecnológica, los Centros de Estudios Científicos y Tecnológicos, los bachilleratos en Ciencia y Tecnología del Mar, los bachilleratos de Educación Tecnológica Agropecuaria y los bachilleratos de Educación Tecnológica Industrial, entre otros.

## 5. Reformas curriculares contemporáneas

Toda política educativa debe tener como principal finalidad fortalecer el aprendizaje y el desarrollo académico y profesional del estudiante, esto se logra mediante el diagnóstico, y modificación de los planes y programas de estudio; requiere cambios en el enfoque de enseñanza para facilitar el transitar del estudiante en su recorrido académico. A lo largo de la historia educativa de la educación media superior del país se aplicó una serie de reformas curriculares para atender las necesidades del contexto nacional.

### 5.1. Principales reformas realizadas desde la creación de la Escuela Nacional Preparatoria a la actualidad

#### 5.1.1. *La Escuela Nacional Preparatoria y el enfoque positivista*

De acuerdo con la DGB (2015), la Escuela Nacional Preparatoria fue fundada en 1867 por Gabino Barreda, y sus ideas educativas fueron influenciadas principalmente por la corriente epistemológica del positivismo, cuyo origen es atribuido principalmente a la tradición científico-humanista suscitada en el siglo XVII, a la revolución francesa y a los problemas que la sociedad debe enfrentar (Seguel, Valenzuela y Sanhueza, 2012). Bajo esa filosofía, la ENP diseñó sus planes de estudio con el fin de cubrir asignaturas de cultura general para preparar estudiantes rumbo al ingreso a la educación superior, dicho plan se fundamentó en una enseñanza científica, donde la ciencia y sus aplicaciones pudieran transformar a la sociedad. Dicho proyecto fue fundado bajo una visión profunda de las ciencias. Barreda, influenciado por Comte, resaltaba la importancia del método científico, la observación, experimentación, deducción y el raciocinio como elementos fundamentales para que los alumnos pudieran adueñarse del nuevo conocimiento (Villa, 2010).

#### 5.1.2. *La diversificación de instituciones*

A mediados del siglo XX existió un fuerte crecimiento demográfico, lo que trajo consigo diferentes consecuencias, entre ellas el crecimiento de la población estudiantil y la diversificación del subsistema de la EMS (Villa, 2010). Esto obligó a las autoridades educativas a reformar los lineamientos para responder a las necesidades reales del sector.

Los cambios aplicados en la década de los setenta fundamentaron el Sistema Nacional de Educación Media Superior que dio paso al Sistema Nacional de

Bachillerato. Estos acuerdos derivaron en la firma de distintos acuerdos, entre ellos el No. 77 (SEP, 1982, citado en García et al., 2013), donde se confiere a la secretaría la facultad de expedir los planes y programas de estudio del marco curricular del tronco común del bachillerato.

## 5.2. La RIEMS y el enfoque por competencias

Los tres sexenios comprendidos entre 1989 y 2006 presentaron un Programa Sectorial de Educación, donde se realizó un diagnóstico de la situación y se plantearon políticas a seguir en cada nivel educativo. En el caso del nivel medio, se pueden abordar los temas tratados en tres ejes diferentes: “(1) ampliación de la cobertura con equidad, (2) calidad de la EMS y (3) integración, coordinación y gestión del nivel” (Villa, 2010).

Una consulta nacional realizada en 1994 derivó en cambios en el tronco común del bachillerato, donde se resalta, entre otras acciones, la incorporación de un perfil básico del bachiller centrado en *competencias* básicas como la lectura, la comunicación oral y escrita, el acceso a medios de información modernos, el dominio de una segunda lengua, el uso de las matemáticas como lenguaje y el desarrollo de habilidades complejas de pensamiento (García et al., 2013). Aunado a esto, el Programa de Desarrollo Educativo 1995-2000 contemplaba la formación ofrecida en núcleos de asignaturas divididas en campos de conocimiento: lenguaje y comunicación, matemáticas, ciencias naturales e histórico sociales, implantadas en un Modelo de Educación Basado en Competencias (Villa y Rodríguez, 2003).

Los esfuerzos por la integración del subsistema de EMS ante la falta de sincronía, coordinación y calidad existentes derivaron en la Reforma Integral de la Educación Media Superior (RIEMS), presente en el Programa Sectorial de Educación 2000-2006, ejecutado en el siguiente sexenio para atender cuatro aspectos de la educación: “(1) Construcción de un Marco Curricular Común, (2) definición y reconocimiento de las opciones educativas de la EMS, (3) profesionalización de los servicios educativos y (4) certificación nacional complementaria ” (García et al., 2013).

Destacan los siguientes puntos:

**Acuerdo 442:** integración de un Sistema Nacional de Bachillerato en un marco de diversidad.

**Acuerdo 444:** contiene el perfil de egreso en once competencias genéricas, definidas como la que *todos los bachilleres deben estar en capacidad de desempeñar*.

**Acuerdo 486:** establece las competencias disciplinares extendidas del bachillerato general.

El Diario Oficial de la Federación (2008) considera en el artículo 442 que los conocimientos no son lo más importante, sino la manera en que son utilizados en situaciones específicas de la vida personal, social y profesional. De tal modo que las competencias requieren una base sólida de conocimientos y ciertas habilidades integradas para un mismo propósito en un contexto determinado. Los planes de estudio que adopten dicho enfoque educativo no menospreciarán la adquisición de conocimientos, pero enfatizarán su importancia en la formación de los estudiantes.

El acuerdo número 444 por el que se establecen las competencias que constituyen el marco curricular común del Sistema Nacional de Bachillerato (SNB) clasifica las competencias en el artículo número 2 (SEP, 2008):

Tabla 6. Clasificación de competencias según la SEP (2008)

Marco curricular común del SNB	
Genéricas	Comunes a todos los egresados de la EMS, son competencias clave por su importancia y aplicaciones diversas a lo largo de la vida; transversales, por ser relevantes a todas las disciplinas y espacios curriculares de la EMS, y transferibles, por reforzar la capacidad de los estudiantes de adquirir otras competencias
	Básicas Comunes a todos los egresados de la EMS. Representan la base común de la formación disciplinar en el marco del SNB
Disciplinares	No serán compartidas por todos los egresados de la EMS. Dan especificidad al modelo educativo de los distintos subsistemas de la EMS. Son de mayor profundidad o amplitud que las competencias disciplinares básicas
	Extendidas
	Básicas Proporcionan a los jóvenes formación elemental para el trabajo
Profesionales	Preparan a los jóvenes con una calificación de nivel técnico para incorporarse al ejercicio profesional
	Extendidas

Nota. Clasificación de competencias comunes a todo estudiante de nivel medio superior en México, presentes también en los centros destinados a la formación para el trabajo

Fuente: elaboración propia basada en datos de la SEP, 2008.

Las competencias genéricas son once. De manera general corresponden al perfil de egreso de la EMS. Las competencias disciplinares básicas representan las habilidades, conocimientos y actitudes que todo bachiller debe adquirir y se organizan en cuatro campos disciplinarios: matemáticas; ciencias experimentales; humanidades y ciencias sociales; y comunicación (Székely, 2010).

Este marco común de competencias es utilizado en todas las instituciones pertenecientes al Sistema Nacional de Bachillerato. Es relevante ubicar curricularmente las competencias que habrán de ser analizadas, en este sentido, se



pretende indagar en las competencias disciplinares básicas del campo formativo de ciencias experimentales.

### 5.3. Modelo educativo para la educación obligatoria

Buscando una mayor articulación entre los diferentes niveles de educación obligatoria, el nuevo modelo educativo propuesto e implementado a partir del 2018 en el sexenio de Peña Nieto, busca reorganizar el sistema educativo a partir de cinco grandes ejes, entre los cuáles se pretende destacar el eje No. 1 correspondiente al planteamiento curricular centrado en el desarrollo de aprendizajes clave, para contribuir al desarrollo integral del estudiante y facilitarle aprender a lo largo de la vida. En el caso específico de la EMS, se actualiza el Marco Curricular Común (MCC) para favorecer una mejor selección de contenidos (SEP, 2017).

Dicho modelo conserva la mayoría de los elementos establecidos por la RIEMS, contando con un MCC, cinco campos disciplinares: ciencias experimentales; ciencias sociales; comunicación; humanidades y matemáticas; y tres tipos de competencias: genéricas, disciplinares y profesionales.

Cada campo disciplinar cuenta con su perfil de egreso y sus competencias disciplinares correspondientes.

## 6. Perfil de egreso de la EMS en México (Ciencias)

En el resumen historiográfico de las diferentes transformaciones curriculares en el nivel medio superior fue posible apreciar que, al menos desde la fundación de la Escuela Nacional Preparatoria hasta nuestros días, dichas modificaciones han contribuido al perfil de egreso del estudiante de bachillerato actual. Para efectos del presente trabajo se presenta exclusivamente el campo formativo *exploración y comprensión del mundo natural y social*:

Obtiene, registra y sistematiza información consultando fuentes relevantes, y realiza los análisis e investigaciones pertinentes. Comprende la interrelación entre la ciencia, la tecnología, la sociedad y el medio ambiente en contextos históricos y sociales específicos. Identifica problemas, formula preguntas de carácter científico y plantea las hipótesis necesarias para responderlas (SEP, 2017).

### 6.1. Competencias en ciencias en Educación Media Superior

Del perfil de egreso de cada componente curricular y campo disciplinar se deriva una serie de competencias disciplinares; cuyo propósito fundamental es contribuir al perfil de egreso y a las once competencias genéricas, esto es conocido como *transversalidad*.

Dentro de las competencias genéricas se pretende destacar aquellas fortalecidas con la enseñanza de las ciencias y las prácticas de laboratorio (Dirección General de Bachillerato, 2018, p. 9-11):

**Competencia 4:** escucha, interpreta y expresa mensajes pertinentes en distintos contextos mediante la utilización de medios, códigos y herramientas apropiados.

**Competencia 5:** desarrolla innovaciones y propone soluciones a problemas a partir de métodos establecidos.

**Competencia 6:** Sustenta una postura personal sobre temas de interés y relevancia general, considerando otros puntos de vista de manera crítica y reflexiva.

**Competencia 8:** Participa y colabora de manera efectiva en equipos diversos.

En el caso del programa de estudios de biología para el bachillerato tecnológico es posible corroborar la existencia de un Marco Curricular Común al haber igualdad con respecto al bachillerato general, en cuanto a las competencias genéricas y disciplinares fortalecidas con la enseñanza de dicha disciplina. Es posible apreciar la relación entre aprendizajes esperados, competencias genéricas y competencias disciplinares (SEP, 2018, p. 35-39).

Tabla 7. Competencias relacionadas con el trabajo práctico

Aprendizaje esperado	Producto esperado	Competencia genérica	Atributo	Competencia disciplinar
Conoce la estructura y función de las biomoléculas que integran a las células	Tabla con diferencias y ejemplos de seres vivos frente a otros elementos del entorno	5. Desarrolla innovaciones y propone soluciones a problemas a partir de métodos establecidos	5.2 Ordena información de acuerdo a categorías, jerarquías y relaciones	CE4. Obtiene, registra y sistematiza la información para responder a preguntas de carácter científico, consultando fuentes relevantes y realizando experimentos pertinentes
Identifica las principales estructuras y funciones de los tipos celulares	Bitácora experimental con dibujos y descripciones de distintos tipos de células	6. Sustenta una postura personal sobre temas de interés y relevancia general, considerando otros puntos de vista de manera crítica y reflexiva	5.3 Identifica los sistemas y reglas o principios medulares que subyacen a una serie de fenómenos	CE13. Relaciona los niveles de organización química, biológica, física y ecológica de los sistemas vivos
Enuncia los postulados de la teoría celular, distinguiendo a los tipos celulares.	Tabla de clasificación con características y explicaciones de los elementos fundamentales de la materia viva		6.1 Elige las fuentes de información más relevantes para un propósito específico y discrimina entre ellas de acuerdo a su relevancia y confiabilidad 6.4 Estructura ideas y argumentos de manera clara, coherente y sintética	

Matriz de integración que muestra la relación entre aprendizaje esperado, competencias genéricas y competencias disciplinares.

A manera de ejemplo, se puede explicar que para alcanzar el aprendizaje esperado *identifica las principales estructuras y funciones de los tipos celulares* se debe promover el desarrollo de la *competencia genérica 5*, los *atributos 5.2 y 5.3*, y la *competencia disciplinar 4*, del campo disciplinar de ciencias experimentales. Para lograr el desarrollo de dichas competencias y aprendizajes el alumno participa activamente en su aprendizaje.

A manera de resumen y reflexión, se debe partir de los contenidos y competencias disciplinares, para lograr el desarrollo de aprendizajes y fortalecer el perfil de egreso de manera integral. Relevante no solo para el campo correspondiente, sino también para utilizarse en otras disciplinas transversales y diferentes contextos.





# Capítulo 2

## Perspectiva Teórica

### 1. Ciencia y enseñanza de las ciencias

Fumagalli, L., et al., (2002) señalan que es pertinente y justificada la preocupación por la enseñanza de las ciencias en el siglo XXI, considerando que más de la mitad del conocimiento científico se produjo en la segunda mitad del siglo XX. Asimismo argumentan que el desarrollo científico ha crecido a la par con diferentes estudios relacionados con su enseñanza, específicamente desde edades tempranas, además consideran importante el valor cognitivo presente en las llamadas “materias instrumentales” como las matemáticas y el lenguaje.

Por lo tanto, se considera evidente que es necesario enfatizar la enseñanza de las ciencias incluso desde niveles básicos, ya que la sociedad actual se caracteriza, entre muchas cosas, por la gran cantidad de información disponible. El estudiante del siglo XXI debe preocuparse por alcanzar niveles cognitivos que vayan a la par de su contexto social y el desarrollo de un pensamiento científico es indispensable.

La ciencia y su didáctica son procesos relacionados, donde uno se nutre de otro. Es necesario revisar diversos aspectos relacionados con la particular didáctica de las ciencias y los principales enfoques de enseñanza.

#### 1.1. Didáctica y perspectivas de enseñanza en ciencias

El término *didáctica* cuenta con diferentes connotaciones originadas desde el contexto donde se desarrolla, sin embargo, dentro de todas las concepciones existentes, se pretende integrar una que contemple las principales aportaciones de diferentes teóricos en el campo, pero es fundamental ubicar conceptualmente la didáctica de las ciencias y puntualizar aquellos rasgos que la hacen diferente de otras didácticas generales.

En su origen griego, la didáctica se asociaba con la parte que enseña, instruye o expone con claridad, posteriormente, en el latín, se dio origen a los términos *docere* y *discere*, es decir, enseñar y aprender respectivamente, añadiendo la parte que instruye y la parte que es instruida (Mallart, 2001). Así, desde la antigüedad se contemplaba en un proceso didáctico, no solo al sujeto que enseña sino también al que aprende, lo que da pauta a inferir que para que exista un aprendizaje, ambas partes juegan un papel fundamental.

En sus inicios, la didáctica se asociaba con géneros literarios como la poesía; utilizada como estrategia para transmitir una idea. Comenio la definió como el “artificio universal para enseñar todas las cosas a todos con rapidez, alegría y eficacia”. Hoy en día, de acuerdo con Mallart (2001), la didáctica es entendida como una ciencia de la educación que tiene el propósito de estudiar e intervenir en el proceso de enseñanza-aprendizaje, con la finalidad de conseguir la formación intelectual del educando. De esta última concepción, debe resaltarse su aspecto teórico-práctico que habrá de mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje a través de estrategias y líneas de acción bien definidas.

Como ciencia de la educación, la didáctica general surge de la pedagogía, y posteriormente sufre modificaciones que buscan llevar sus procesos y normas a contextos disciplinares dando origen a las llamadas didácticas especiales. Dentro de dichas didácticas encontramos a la didáctica de las ciencias naturales.

Resulta sencillo creer que la didáctica de las ciencias surge como resultado de una especialización de la didáctica general, sin embargo, diversos análisis sugieren que esta no guarda una relación de estricta dependencia con disciplinas como la pedagogía, la psicología o las mismas ciencias naturales, sino que se apoya de ellas, pero surge en la historia como una disciplina independiente a raíz de las reformas curriculares anglosajonas y las innovaciones metodológicas latinas (Adúriz, 2000).

Es importante analizar la didáctica de las ciencias como un campo de estudio consolidado e independiente, ya que muchas de las perspectivas teóricas que abordan los procesos de Enseñanza-Aprendizaje surgieron a la par del desarrollo de los diversos marcos conceptuales y descubrimientos científicos. Más tarde se buscó la manera de trasladar dichos métodos de generación de conocimiento al contexto escolar. Dentro de dichos enfoques teóricos, existen cuatro que se tratarán de abordar en este trabajo: el aprendizaje por descubrimiento, cambio conceptual, investigación dirigida y el enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad, todo dirigido a resaltar sus características generales, así como sus ventajas y desventajas.

## 1.2. Aprendizaje por descubrimiento

Surge como una de las muchas alternativas al modelo tradicional, se caracteriza principalmente por la participación del alumno, el privilegio del método de la

ciencia por encima del contenido y tiene a la experimentación como estrategia didáctica principal (Honomichl y Chen, 2012).

En sus años, esta corriente pedagógica sufrió críticas de muchos expertos, quienes señalaban que contaba con limitaciones e inconsistencias como un burdo bosquejo del trabajo del investigador. Sin embargo, a pesar de los años que han pasado desde que surgió y de los muchos errores encontrados, puede llegar a tener resultados favorables en el aprendizaje de los estudiantes si se practican las adecuaciones necesarias. Por tal motivo, algunas investigaciones (Pierre, Parra, y Bascuñan, 2007) han ido en torno a cómo mejorar sus procesos, para establecer una serie de condiciones a partir del conocimiento previo del estudiante respaldado por docente durante todo el proceso, para aclarar las dudas sin dar respuestas completas, considerar una situación problemática y motivadora, identificación de variables, diseño y comprobación de hipótesis y sistematización de información.

De acuerdo con (Eleizalde, Parra, Palomino, Reyna, y Trujillo (2010) han existido dos momentos del aprendizaje por descubrimiento, uno en el que se dejó total libertad al alumno, y otro considerado como un hallazgo guiado. En el primero de ellos se encontraron ciertas particularidades como el hecho de que los alumnos a la hora de redescubrir conceptos y leyes, proporcionaban conclusiones alejadas de la idea original, por lo cual se empezó a modificar el enfoque dando origen al segundo momento, donde el rol del docente cambia y busca acompañar al alumno durante el proceso de construcción de conocimiento, resumiendo en que, no se trata solo de experimentar, sino de llevar un control total del experimento.

Esta descripción general permite inferir ciertas ventajas y desventajas tanto para los docentes como para los estudiantes al llevar a cabo estrategias didácticas bajo este enfoque:

Tabla 8. Ventajas y desventajas del aprendizaje por descubrimiento

Ventajas	Desventajas
Docente	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Motivación hacia el trabajo</li> <li>- Aula motivada, en busca del aprendizaje</li> <li>- Evaluaciones integrales</li> <li>- Amplia gama de herramientas de trabajo en clase</li> <li>- Disposición de distintos niveles de evaluación</li> <li>- Decide el nivel de aprendizaje que busca generar en los alumnos (dependiendo de las tareas)</li> <li>- Apoyo interpretativo, apoyo experimental y apoyo reflexivo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Exigencia alta del dominio del método por parte del profesor</li> <li>- Exigencia al evaluar</li> <li>- Elaboración de trabajos con alto índice de dificultad</li> <li>- Necesidad alta de contenidos y herramientas de trabajo</li> <li>- Escasas opciones de metodologías disponibles para la aplicación de aprendizaje por descubrimiento</li> <li>- Demanda tiempo de planeación y control</li> </ul>

Ventajas	Desventajas
Alumno	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Motivación hacia el trabajo</li> <li>- Motivación por el aprendizaje</li> <li>- Comprensión profunda de los temas</li> <li>- Desarrollo de habilidades sociales</li> <li>- Desarrollo en distintas áreas</li> <li>- Actúa de manera eficaz ante los problemas que se le presenten</li> <li>- Alumnos con habilidades de razonamiento altas son más autónomos.</li> <li>- Es más probable que recuerde lo aprendido a largo plazo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Si las bases conceptuales son pobres, las verdades encontradas son inadecuadas</li> <li>- Pérdida o desorientación del objetivo principal</li> <li>- Alta exigencia en su participación</li> <li>- Alta demanda de habilidades y características personales</li> <li>- Dificultad para generar y adaptar hipótesis</li> <li>- Experimentos pobremente diseñados</li> <li>- Dificultad para interpretar datos</li> <li>- Alumnos con habilidades de razonamiento bajas necesitan apoyo experimental</li> <li>- Alumnos con habilidad de razonamiento media presentan dificultad con apoyo experimental debido a la sobrecarga cognitiva</li> <li>- Aprendizaje no necesariamente significativo</li> </ul>

Nota. Ventajas y desventajas de la enseñanza de las ciencias bajo el enfoque del aprendizaje por descubrimiento.  
Fuente: elaboración propia.

### 1.3. Cambio conceptual

Al igual que el Aprendizaje por Descubrimiento en su momento, el Modelo por Cambio Conceptual (MCC) suscitó gran interés entre la comunidad de investigadores y profesores en el área de la enseñanza de las ciencias.

El MCC señala que los estudiantes tienen nociones a temprana edad de los conceptos que se manejan en ciencias a partir del sentido común y que no guardan relación en absoluto con los marcos conceptuales de las ciencias. Sin embargo, existe una etapa intermedia donde ambas perspectivas se reconcilian, dando origen al cambio conceptual (Soto, 1998).

El mismo trabajo señala que para que ocurra dicho cambio, deben existir ciertas condiciones, una de ellas es el conflicto cognitivo, es decir, presentar una inconsecuencia en el marco conceptual del estudiante que lo habrá de motivar a encontrar una solución o una salida de dicho conflicto.

Esta primera característica proporciona una idea del tipo de estrategias que pueden implementarse bajo este enfoque, así como las consideraciones a tomar en cuenta antes de aplicarlas, una de ellas es partir de las preconcepciones del estudiante, ya que si se presenta una inconsecuencia que no va acorde a sus saberes previos la actividad carecerá de sentido. Posner (precursor del MCC) señala que una nueva concepción será aceptada siempre y cuando cumpla con ciertas condiciones. Citado por Franke y Bogner (2011):



- *Insatisfacción*: conflicto cognitivo entre el nuevo concepto y sus preconcepciones.
- *Inteligibilidad*: el nuevo concepto debe ser claro, de manera que pueda percibirse correctamente y sin distorsión.
- *Plausibilidad*: debe existir una posibilidad de comprenderlo.
- *Fructífero*: ser capaz de extender su comprensión a otras áreas del conocimiento.

Es posible deducir que el MCC haya tenido diferentes fallas en sus primeras aplicaciones al interpretar e implementar estos requisitos; antes de fundamentar alguna estrategia. En esta teoría se deben considerar los siguientes puntos.

Tabla 9. Ventajas y desventajas del MCC

Ventajas	Desventajas
Docente	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor acercamiento con los marcos conceptuales del alumno</li> <li>• Guía clara de lo que hay que hacer</li> <li>• Clases impulsadas por la motivación de aprender del alumno</li> <li>• Diversidad en las estrategias de E-A</li> <li>• Puede ser logrado mediante muchos métodos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todos tienen preconcepciones diferentes</li> <li>• Dominio alto de la disciplina.</li> <li>• Dominio de los errores comunes del alumno</li> <li>• Velocidad de la clase debe ser alta</li> <li>• Las clases demandan estar bien estructuradas (Objetivos, métodos, ejercicios claros)</li> <li>• Desorden e indisciplina debido a la participación del alumno</li> </ul>
Alumno	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Genera procesos metacognitivos</li> <li>• Obtiene aprendizajes significativos</li> <li>• Utiliza con mayor eficiencia lo aprendido en clase</li> <li>• Analiza/aborda desde distintas situaciones el mismo fenómeno</li> <li>• Motivación constante en clase</li> <li>• Recibe una formación integral</li> <li>• Generan un criterio propio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estancamiento con conceptos abstractos</li> <li>• Resulta complicado salir del conflicto</li> <li>• Dificultades para aprender mediante actividades</li> <li>• Metodología difícil para elaborar por parte del alumno</li> <li>• Adoptar concepciones ajenas y no propias</li> </ul>

Nota. Ventajas y desventajas de la enseñanza de las ciencias bajo el enfoque del cambio conceptual.  
Fuente: elaboración propia

Esta revisión del MCC permite observar que más que una perspectiva transformada en una estrategia didáctica consiste en un ideal de la enseñanza de las ciencias, para lograr que las ideas intuitivas y muy arraigadas acerca de los fenómenos científicos, sean convertidas en conceptos más avanzados y próximos a las teorías de la ciencia. Este ideal será logrado a través de diferentes metodologías de enseñanza y aprendizaje, como el aprendizaje por descubrimiento y con el refuerzo detallado en los siguientes párrafos.

#### 1.4. Investigación dirigida

Una finalidad de la enseñanza de la ciencia es transformar las preconcepciones cotidianas del estudiante en conceptos más acercados a la realidad científica, así como mostrar y tratar de imitar el camino que recorrieron los científicos para llegar a una determinada conclusión. Con base en este ideal, han surgido diferentes tendencias como alternativa a la enseñanza tradicional que no estaba dando los frutos que se esperaba, una de ellas es la investigación dirigida, cuyo fundamento se centra en la construcción activa del conocimiento y el aprender a aprender (Moya, Chaves y Castillo, 2003).

Una de las características fundamentales de la investigación dirigida (ID), es que busca integrar los componentes esenciales de la ciencia: los conceptos, la resolución de problemas y el trabajo práctico, que durante muchos años han sido abordados de manera aislada.

Al igual que el cambio conceptual, otro ideal de la enseñanza de las ciencias que pretende lograrse mediante la investigación dirigida es el desarrollo de la competencia científica, esta pretende medirse con la prueba PISA caracterizada por la capacidad de identificar y explicar cuestiones científicas, o con otras pruebas del mismo carácter (Franco, 2015).

Dicha competencia se logrará acercando a los estudiantes al contexto donde trabajan los científicos, cualidad que resulta inherente de la enseñanza por investigación, al adoptar como referente las distintas fases del trabajo científico: necesidad de un problema, existencia de un conocimiento teórico previo, el desarrollo de hipótesis, el diseño de investigaciones, etcétera (Jiménez y Oliva, 2016).

El motor del aprendizaje de un nuevo concepto se ubica en los problemas del entorno, así, el proceso de mediación hacia el nuevo conocimiento es traducido a una secuencia lógica, constituida por los siguientes pasos: “planteamiento del problema, expresión de ideas relacionadas, planteamiento de hipótesis, diseño de estrategias (experimento), análisis de resultados, comunicación de hallazgos, contextualización de los conceptos en el entorno, aplicación de los conceptos aprendidos y planteamiento de nuevos problemas” (Moya et al., 2003).

Esta breve caracterización del Modelo por ID, permite darnos una idea de las bondades que ofrece, pero también abre el panorama para visualizar no solo sus ventajas, sino también sus desventajas.

Tabla 10. Ventajas y desventajas del modelo por ID

Ventajas	Desventajas
Docente	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Produce clases con alta motivación para el alumno</li> <li>- Promueve la participación del estudiante</li> <li>- Sus clases son interesantes y como tal el alumno se encuentra interesado.</li> <li>- Mejora la calidad de su enseñanza</li> <li>- Evita estrategias tradicionalistas como el examen escrito.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sus clases deben mostrar interdisciplinariedad entre sus temas (difíciles de elaborar)</li> <li>- Difícil aplicación efectiva de las actividades</li> <li>- Los entornos deben ser favorables en todos los aspectos</li> <li>- Una carga mayor de trabajo en sus actividades</li> <li>- Es difícil apoyar a alumnos con distintos conocimientos previos y ritmos de aprendizaje</li> </ul>
Alumno	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Las habilidades adquiridas las puede utilizar para su vida cotidiana</li> <li>- Aprende de manera más profunda el tema o disciplina</li> <li>- Se acerca a los pasos de la investigación científica</li> <li>- Analizar información o datos</li> <li>- Aprende de manera autodirigida</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Debe tener una postura activa</li> <li>- Mantener un alto nivel de concentración</li> <li>- Capacidad crítica y analítica</li> <li>- Las actividades demandan una interpretación profunda de los conocimientos</li> <li>- Demanda uso de valores y trabajo colaborativo</li> <li>- Si se parte de cero, cuesta trabajo ir a la par de lo solicitado</li> <li>- Demanda tiempo y dedicación en comparación a otros trabajos</li> </ul>

Nota. Ventajas y desventajas de la enseñanza de las ciencias bajo el enfoque de investigación dirigida.  
Fuente: elaboración propia

En resumen, podemos hallar diferentes fines para la investigación dirigida; uno ya mencionado sería lograr el cambio conceptual, pero al ver la naturaleza de su aplicación podemos añadir otro más apegado al desarrollo de una competencia científica, al acercar al estudiante al contexto de la investigación en ciencias, aplicando con sus respectivas diferencias el método científico para la resolución de problemas en el entorno escolar.

### 1.5. Enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad

Una última perspectiva que será abordada en este capítulo es el enfoque Ciencia Tecnología y Sociedad (CTS), movimiento que surgió como una situación ajena a la Enseñanza de las Ciencias, que pretendía regular las actividades, al señalar que no están aisladas del contexto social y que toda acción y decisión tomada en la comunidad científica tiene repercusiones en todo el mundo, pues sus actividades se mueven en torno a las demandas y necesidades de la sociedad, por lo que es esta misma la que

toma las decisiones en torno a los alcances y límites de la ciencia, por tal motivo, la ciudadanía debe estar capacitada y actualizada en las tendencias científicas, para que sus opiniones y decisiones se fundamenten en los marcos conceptuales de la ciencia. Esta formación ciudadana solo se logrará a través de la enseñanza de las ciencias.

Así, surge un enfoque que tiene como finalidad principal no solo lograr la comprensión de conceptos y fenómenos científicos, sino lograr una completa alfabetización científica, entendida como la capacidad de los ciudadanos para participar en los procesos de toma de decisiones y en la solución de problemas de la sociedad relacionados con la ciencia y la tecnología (Santos, 2003).

Más que una meta, el enfoque CTS presenta una filosofía de enseñanza de las ciencias, que habrá de lograrse a través de múltiples planes, proyectos y líneas de acción, cuyas metas concretas habrán de lograrse en la escuela. De esto han surgido múltiples estrategias que permiten visualizar las principales características de una secuencia didáctica.

Es necesario facilitar el aprendizaje de contenidos científicos, motivar el interés por la ciencia y crear una conciencia que sensibilice respecto a las repercusiones de la ciencia y la tecnología en la sociedad. Esto se logrará abordando temas científicos de relevancia social, relacionando sus contenidos con la elaboración de hipótesis, observación e interpretación de datos, experimentos, demostraciones, pequeñas investigaciones, lecturas científicas, debates, conferencias, visitas a museos y principalmente con la toma de decisiones.

En síntesis, para el logro de la alfabetización científica es necesario atender las tres dimensiones de enseñanza de las ciencias: conceptual, procedimental y actitudinal, esto de manera integral y no aislada (Vázquez, Acevedo y Manassero, 2003), esto representa considerar los problemas del contexto y la vida diaria, para encauzar soluciones mediante procesos de investigación que rindan utilidades más allá del entorno disciplinar y académico tras encuadrar las ventajas y desventajas de cada enfoque.

Tabla 11. Ventajas y desventajas del enfoque CTS

Ventajas	Desventajas
Docente	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elaboración de temas contextuales</li> <li>- Puede hacer uso de fenómenos actuales</li> <li>- Variedad de técnicas en clase que le permiten mantener al alumno atento</li> <li>- Promueve la formación de estudiantes comprometidos con el medio social, científico y tecnológico que los rodea</li> <li>- De un solo trabajo se derivan diferentes estrategias</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Demanda de mayor comprensión de fundamentos científicos</li> <li>- Fuerte formación e involucramiento en el área de las ciencias</li> <li>- Constante actualización de contenidos temáticos</li> <li>- Altos conocimientos en técnicas de enseñanza</li> <li>- Constante necesidad de innovar en el aula</li> <li>- Necesidad de conocimiento de los problemas de la región</li> </ul>

Ventajas	Desventajas
Alumno	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Adquiere conocimientos acordes a los fenómenos ocurridos en la sociedad</li> <li>- Mayor comprensión de temas de índole científico y tecnológico además de establecer relación con el medio social</li> <li>- Se forma de manera integral en las áreas del conocimiento de ciencia, tecnología y sociedad</li> <li>- Recibe clases activas, innovadoras y contextualizadas</li> <li>- Desarrolla diferentes habilidades en un solo trabajo</li> <li>- Cambia su postura respecto a temas científicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Debe mantenerse siempre activo</li> <li>- Mantener un nivel alto de concentración</li> <li>- Desarrollar un pensamiento crítico ante fenómenos científicos y sociales</li> <li>- Tener y/o desarrollar nuevas habilidades como el análisis e identificar la relación entre fenómenos de la ciencia, la tecnología y sociedad</li> </ul>

Nota. Ventajas y desventajas de la enseñanza de las ciencias bajo el enfoque de aprendizaje por descubrimiento.  
Fuente: elaboración propia.

## 1.6. Otros enfoques de enseñanza en ciencias experimentales

Dentro de toda práctica pedagógica, se requiere la presencia de un modelo o enfoque de enseñanza que la sustente, pues de este deriva el conjunto de factores que componen el fenómeno de la enseñanza. En el caso de las ciencias experimentales, es apreciable la presencia de uno o más estilos de enseñanza, ya que como todo campo disciplinar, sus métodos son propios y diferentes a los utilizados en otros campos disciplinares.

En este apartado es necesario describir modelos que se encuentran presentes en la enseñanza de las ciencias y que, para efectos de este trabajo, se hará énfasis solo en aquellos relacionados con la enseñanza a través de la práctica o experiencias vivenciales.

De acuerdo con Martínez (2004) los modelos de enseñanza son una acción generalizada, ya que, en la práctica pedagógica diaria, los docentes implementan no solo uno, sino diferentes modelos educativos para sustentar su enseñanza. Así mismo, cada uno de esos modelos se articula para sustentar y enriquecer las planeaciones didácticas, las actividades y el sistema de evaluación utilizado.

Desde la perspectiva anterior se considera que un modelo de enseñanza está constituido por diferentes teorías que sustentan ciertas metodologías de enseñanza, y dichas metodologías dan paso a los diferentes instrumentos didácticos que encontramos materializados en el aula, de tal modo que el contenido de cierta área disciplinar será transmitido al alumno basándose en un determinado modelo.

### 1.6.1. La enseñanza contextualizada de la ciencia

Este modelo pretende orientar la enseñanza a la vida cotidiana de los estudiantes y articular sus intereses en el aspecto personal, profesional y social con la enseñanza de la ciencia experimental.

Este enfoque educativo basa su visión en el denominado aprendizaje situado que enfatiza la circunstancia y situación donde el aprendizaje tiene lugar. La argumentación principal de este modelo menciona que para que el aprendizaje sea transmitido de manera exitosa, el conocimiento debe adquirirse mediante un proceso autodependiente, activo y en un contexto autentico (Caamaño, 2011, pp. 21-23).

Este primer modelo o enfoque presentado por los trabajos de Caamaño, describe al proceso de enseñanza de una manera activa y autónoma en un contexto particular. Relacionándolo directamente con la tesis principal de este trabajo, es posible interpretar que el aprendizaje significativo de las ciencias, no se logra únicamente de manera abstracta y dentro de las concepciones propias del individuo, sino que requiere de las actividades vivenciales en un contexto específico como el representado por las prácticas experimentales de gran importancia para el apoyo psicocognitivo de los alumnos.

Fumagalli et al., (2002), señalan que una de las principales problemáticas respecto a este punto es la falta de dominio y actualización de los maestros con respecto a los contenidos escolares de la disciplina. En la mayoría de las ocasiones no se sabe lo que se enseña, y los alumnos no comprenden lo que el maestro desea enseñar. Por ello es importante analizar la naturaleza misma de los contenidos científicos, caracterizados por ir más allá de cuestiones conceptuales, integrados por tres dimensiones fundamentales en su enseñanza: procedimientos, valores y actitudes. Es importante resumir, que, para enseñar alguna disciplina, en este caso la ciencia, es necesario conocer la naturaleza de los aprendizajes, sabiendo que no es lo mismo enseñar y aprender ciencia que enseñar y aprender otras disciplinas.

Es importante señalar que las problemáticas en la enseñanza de las ciencias pueden ser variadas, pero se considera significativo profundizar más en los factores que caracterizan a la enseñanza que hablar de los diferentes enigmas encontrados en su aplicación.

Este *saber-hacer*, no se desarrolla de manera aislada, sino que debe integrar una serie de procedimientos de nivel de complejidad distintos:

*Observación:* Aptitud para obtener información de manera cualitativa y cuantitativa.

*Medición:* Cuantificar las observaciones a través de diferentes metodologías.

*Registro de datos:* Capacidad de organizar la información mediante esquemas, gráficos, etc.

*Identificación:* Reconocer objetos por sus propiedades permitiendo poder nombrarlo, compararlo, etc.

*Comparación:* Decretar similitudes y divergencias entre objetos o fenómenos.

*Clasificación:* Aislar un grupo de elementos que comparten ciertas propiedades en común.

*Predicción:* Relacionar las pautas de observación secuenciadas y a partir de ello pronosticar lo que ocurrirá en el futuro.

*Formulación de preguntas:* Plantear cuestionamientos con un lenguaje propio de la disciplina de manera clara y resolverlas de una manera sistemática.

*Formulación de hipótesis:* Establecer posibles respuestas a los problemas o patrones de observación de los fenómenos.

*Control de variables:* Cuando se es capaz de identificar y recluir agentes que pudieran influir en el resultado de un determinado fenómeno.

*Diseño de investigaciones:* Surge a raíz de la formulación de preguntas e hipótesis. Se identifican las variables constantes, controladas y las independientes.

*Modelización:* Diseñar de manera figurativa prototipos que intenten explicar la realidad observada.

*Comunicación:* Capacidad de intercambiar ideas y difundir resultados como muestra del proceso llevado a cabo para la construcción del conocimiento.

Este conocimiento va más allá del simple seguimiento de pasos, sino que los factores anteriormente mencionados deben ser tomados en cuenta en las actividades relacionadas con el aprendizaje. Por lo tanto, para que una práctica tenga un impacto verdadero deben tomarse las medidas de tiempo, recursos y conocimientos previos del alumno.

### 1.6.2. Los modelos científicos y el proceso de modelización escolar

El historial de conocimientos, conceptos, teorías y leyes contenidas en la ciencia es el resultado de experimentos y metodologías desarrolladas a lo largo del tiempo. Es evidente que la mejor manera de aprender una ciencia es a través de un proceso que invite al estudiante a pensar científicamente donde pueda desarrollar, evaluar, revisar modelos, explicaciones y teorías.

Dentro de la actividad científica, se puede apreciar un proceso conformado por una serie de pasos; generación de hipótesis, comprobación de hipótesis, recopilación de pruebas a través de la experimentación hasta llegar a las conclusiones.

En el contexto escolar se propone que el proceso de aprendizaje debería ser un proceso de elaboración de modelos mentales, donde la generación de ideas y su comprobación sean los pilares de la enseñanza.

Este modelo sugiere llevar diferentes metodologías científicas al aula, para que el alumno construya su propio conocimiento de manera gradual con la ayuda de un profesor guía, mediante procesos de experimentación desarrollados a partir de incógnitas que el alumno deberá resolver para explicar el mundo que lo rodea.

### *1.6.3. Aprendizaje basado en problemas*

Cura, Mandolesi y Sandoval (2013) sugieren diferentes estrategias didácticas que pueden ser de gran utilidad en el momento de enseñar una ciencia exacta como la química, donde el aprendizaje basado en problemas es uno de ellos y contiene cinco pasos fundamentales:

- Introducción: presentación del problema y generación de hipótesis
- Desarrollo: identificación de necesidades
- Búsqueda de información: se pone a prueba la hipótesis
- Culminación: regresar al problema para realizar conclusiones
- Autoevaluación: cada miembro reflexiona su proceso y hallazgos

Este enfoque concibe al alumno como un ente activo que moviliza sus conocimientos de manera constante, articulando a cada momento contenidos teóricos con la práctica, consiguiendo así una mejor integración de conocimientos declarativos y procedimentales, hasta apropiarse de ellos e intercambiar información con sus compañeros, para dar solución y fundamentación adecuada a un problema.

Finalmente, establece que el alumno desarrolla diferentes operaciones cognitivas tales como la interpretación, análisis, deducción, inducción, especificación, comparación, interrelación, fundamentación y síntesis, entre otras, que evitan un aprendizaje sin sentido y superficial.

Este enfoque resulta de gran importancia ya que la experimentación, y la interpretación de resultados forman un papel fundamental en la generación de conocimiento en el camino hacia la resolución de un problema.

### *1.6.4. Experimentando la química*

Esta estrategia didáctica expresa la urgente necesidad que existe de relacionar conocimientos abstractos con la vida cotidiana del estudiante, para despertar su interés por el aprendizaje de la química. Suele practicarse fuera del aula, generalmente en laboratorios, mediante procesos sencillos donde el estudiante observa ciertos fenómenos y los relaciona directamente con los conceptos aprendidos en clase.

Durante el proceso, el alumno aprende más que un simple proceso, pues recopila la información de su experiencia, para plantear generalizaciones y análisis respecto a sus resultados. De este modo, se pretende evitar la simple memorización



de conceptos aprendidos de manera mecánica, promoviendo una actitud activa del alumno y un protagonismo experimental que lo oriente hacia una apropiación gradual de conocimientos significativos adquiridos a través de un saber vivenciado.

Este tipo de estrategias y enfoques pedagógicos planteados por las dos investigaciones vistas, promueven una participación del alumno en su aprendizaje, así como la articulación directa de los conceptos aprendidos de manera abstracta con el aprendizaje vivencial a través de diferentes prácticas experimentales a nivel laboratorio o en diferentes contextos.

## 1.7. Enseñanza de la química

La didáctica de las ciencias no surge como una rama de la didáctica general, sino que se desarrolla a la par de los avances científicos en los diferentes campos del conocimiento (como la química), no es extraño que sus conceptos y métodos deban ser comprendidos y explicados a partir de su naturaleza epistemológica, por tal motivo, se hablará de los diferentes enfoques desde los cuales debe ser comprendida.

La química es la ciencia encargada de estudiar la materia y sus transformaciones, su aprendizaje involucra comprender desde fenómenos macroscópicos hasta los submicroscópicos, por lo cual, en niveles básicos puede ser muy concreta (como las sustancias y sus nombres), pero en niveles altos llega a ser abstracta (comprender el modelo atómico), y además debe explicarse a través de un lenguaje simbólico que resulta muy diferente del cotidiano (Izquierdo, 2004).

Retomando lo anterior, se reconocen en la actualidad tres niveles descriptivos en la química, es decir, tres formas diferentes en las cuales los científicos explican la materia y sus interacciones (Caamaño y Oñorbe, 2015);

- *Macroscópico*: observaciones realizadas a fenómenos que se pueden percibir a simple vista, como la evaporación del agua o las tormentas eléctricas.
- *Microscópico*: el estudio de dichos fenómenos desde el modelo atómico y molecular y sus interacciones en el plano tridimensional.
- *Simbólico*: la representación de dichos modelos a través de símbolos (tabla periódica), fórmulas químicas y ecuaciones, es decir, la representación matemática de dichos fenómenos.

Al reconocer como docentes de química la existencia de estos niveles descriptivos, es posible comprender con base en otros elementos, como la edad cognitiva del estudiante, en qué nivel los alumnos presentan mayores dificultades a la hora de intentar aprenderla.

Con base en lo anterior, y recuperando la línea del presente trabajo, es necesario cambiar el enfoque de enseñanza tradicional que se limita a la

transmisión o explicación superficial de conocimientos, por alternativas que se apeguen a la naturaleza científica de la química, al igual que la práctica científica, se debe enseñar ciencia haciendo ciencia. De acuerdo con Lewis (2003) se deben incorporar tantas estrategias como sea posible, desde mapas conceptuales, modelos, demostraciones y desde luego trabajo práctico, que exijan al alumno utilizar altos niveles de pensamiento.

En los siguientes apartados se hablará de las estrategias de enseñanza-aprendizaje más utilizadas por los docentes de ciencias, encaminadas al diseño de una propuesta de intervención fundamentada en la investigación dirigida y el trabajo práctico de la química.

## 2. Importancia de la enseñanza de las ciencias

Son variados los propósitos que la enseñanza de las ciencias puede tener para la educación en general, en este trabajo, se enfatizará en aquellos aspectos relacionados con el desarrollo del pensamiento formal y competencias de carácter científico.

### 2.1. Enseñanza de las ciencias para el desarrollo del pensamiento formal

La educación al igual que la ciencia, dirige sus acciones con base en las necesidades de la sociedad como se explicó en el apartado de perspectivas teóricas en ciencias, uno de los enfoques actuales conocido como CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad), señala que, así como el trabajo de los científicos se rige bajo normas establecidas en torno a los intereses de la población, también lo harán las acciones encaminadas a la enseñanza de la ciencia. En este sentido, una de las demandas u objetivos actuales de los programas de ciencias es el desarrollo formal de los ciudadanos.

Resulta evidente la labor que tienen los maestros de ciencias con los estudiantes de Educación Media Superior, quienes, para esas alturas de su formación académica, deberían ser capaces de pensar más allá de sus propias concepciones y creencias a través del manejo de abstracciones y tratamiento de situaciones hipotéticas que nunca han experimentado. Es en esta etapa del desarrollo, donde los alumnos son capaces de llegar mentalmente de lo inmediato a lo futuro, realizando formulaciones de hipótesis, rechazando unas y confirmando otras a través de la experimentación o el análisis de datos ya establecidos, para posteriormente emitir conclusiones y aplicarlas en situaciones nuevas.

Ante este panorama, la situación actual continúa en un ideal utópico, y con base en los resultados recuperados en la Encuesta Nacional sobre la Percepción Pública de la Ciencia y la Tecnología, la realidad muestra un escenario donde, alrededor de la mitad de la población en México no alcanza aún esta etapa del

desarrollo. Pero, lo que resulta más alarmante, es la postura de la escuela ante esta situación, que de acuerdo con Simone (2001), se limita a la transmisión de conocimientos o marcos conceptuales bien definidos, evadiendo tres mecanismos esenciales en la actualidad; el rápido avance del conocimiento, la diversidad de metodologías y el acceso al conocimiento, respondiendo ante ellos de manera cognitiva y metodológicamente lenta.

La química como campo del conocimiento posee conceptos difíciles de comprender, pues se encuentran relacionados con otros marcos referenciales de mayor complejidad, por lo que resulta complicado para quienes aún no alcanzan el pensamiento formal entenderlos y diferenciarlos de otros.

En síntesis, resulta necesario introducir desde edades tempranas, una educación centrada en el aprendizaje activo, donde aquellos rasgos más sencillos del método científico (como la formulación de preguntas) puedan ponerse en práctica desde las etapas preoperacional y de las operaciones concretas del desarrollo, para que a la hora de llegar a la etapa de las operaciones formales, el sujeto sea capaz de asimilar a la perfección el método científico y poder insistir en su práctica ya sea para la comprensión de principios o fenómenos o para la solución de problemas.

## 2.2. Desarrollo de competencias científicas en el nivel medio

Para referir los programas de estudio expedidos por la SEP, es pertinente analizar los principales conceptos que plantean, ya que cada uno de ellos corresponde al diseño curricular del enfoque por competencias. Dichos conceptos llevados a la práctica guardan una estrecha relación entre sí, a tal grado que para alcanzar niveles de logro idóneos en los aprendizajes, es necesario fortalecer competencias y atributos que tengan taxonomía propia.

## 2.3. Competencias

En México, los niveles educativos comprendidos entre el básico y el medio superior centran su práctica pedagógica en el enfoque por competencias. Como lo afirma la SEP (2016), en el nivel medio superior es un modelo educativo ya consolidado, sustentado por diferentes teorías y una historia de práctica de varios años. No obstante, es importante recalcar que la definición de competencias se orientará hacia términos académicos y epistemológicos, ya que, como se verá a continuación, el término es usado en diferentes disciplinas científicas y de igual modo en la vida diaria.

Al abordar el término *competencias*, se encontrará que es un vocablo usado comúnmente en diferentes aspectos de la vida del ser humano, pero rara vez se conoce su significado real, por lo cual ha llegado a ser un concepto muy vago, no solo en el uso público, sino también en las diferentes ciencias sociales que existen.

Sin embargo, en todas estas disciplinas la competencia es interpretada como un conjunto especializado de habilidades y capacidades necesarias o suficientes para alcanzar una meta específica (Dominique y Hersh, 2004).

Las competencias también son vistas desde una perspectiva interconductual, como una capacidad o conocimiento profundo, es decir, la posibilidad de aprender algo y volver a realizarlo en el futuro, y que en ambas situaciones el resultado alcance los estándares de calidad esperados (Fuentes, 2007, p. 54).

Charria, V. H. et. al. (2010), definen las competencias desde un punto de vista académico y señalan que están clasificadas en habilidades básicas como pensamiento creativo, solución de problemas, toma de decisiones, etcétera. Y son consideradas como un conocimiento aplicado que surge a partir de un aprendizaje significativo.

Encaminando el enfoque del término a lo que esta investigación necesita, se considera a las competencias como un conjunto de conocimientos, habilidades y actitudes que han sido adquiridas de manera significativa, así mismo, tienen la cualidad de ser utilizadas en diferentes contextos sociales e históricos de la vida del ser humano, permitiéndole seguir aprendiendo de manera autónoma, delimitándolas en un área del conocimiento específica.

## 2.4. Taxonomía de competencias

A la hora de clasificarlas es posible encontrar una variedad taxonómica muy amplia, de tal forma que al igual que en su conceptualización, su clasificación se orienta según el área donde sean aplicadas.

En primer lugar, se revisa la clasificación dada por Dominique y Hersh (2004), que propone una serie de competencias consideradas *fundamentales* para la realización personal en general, dentro de ellas encontramos:

### 2.4.1. Competencias conceptuales

Se pueden clasificar en dos rubros: a) las competencias conceptuales generales (conocimientos cotidianos independientes de cualquier contenido y conocimiento previo) que se encuentran relacionadas con el ambiente, la generación de paradigmas y el procesamiento de la información; b) las competencias conceptuales específicas, que son dependientes de un determinado contenido y de un conjunto de prerrequisitos cognitivos.

El autor sugiere que dichas competencias conceptuales se manifiestan de diversas maneras:

*Competencias de procedimiento:* Son el conjunto de habilidades y procedimientos para aplicar las competencias conceptuales.

*Competencias de motivación:* Es la capacidad del sujeto para involucrarse en una situación efectiva y de sincronía con el ambiente que lo rodea con una actitud de motivación adecuada.

*Competencias de acción:* Es la capacidad del sujeto para solucionar problemas, y generar un conocimiento crítico. Es una habilidad práctica para analizar problemas y generar estrategias para posibles soluciones.

Esta primera clasificación sugiere un esquema amplio de competencias fundamentales para la vida y son adquiridas a través de la herencia o producto de influencias ambientales de cantidad y calidad de oportunidades especiales de aprendizaje.

Zabalza (2006), plantea una clasificación de competencias orientadas al desarrollo profesional:

*Competencias referidas a comportamientos profesionales y sociales:* Hacen referencia al tipo de adecuaciones ordinarias que el sujeto llevará a cabo en la empresa donde desempeña sus labores, es decir, la capacidad de adaptarse a los diferentes roles que debe cumplir en su labor profesional.

*Competencias referidas con actitudes:* Es la manera en la cual el sujeto afronta las relaciones con otras personas, y las situaciones que configuran el trabajo a desarrollar.

*Competencias relacionadas con capacidades creativas:* Es la manera en la cual los sujetos afrontan el trabajo en su totalidad, su capacidad de buscar soluciones nuevas, de asumir riesgos, de ser originales, etc.

*Competencias de actitudes existenciales y éticas:* Muestran la capacidad del sujeto de autoanalizarse y autoevaluarse, en el sentido de ser capaz de analizar las consecuencias de sus acciones, su trabajo, si posee un proyecto personal y si en general posee un conjunto de valores humanísticos y de compromiso social y ético.

En esta segunda clasificación se aprecia un panorama orientado al desarrollo profesional de manera general, es un marco de competencias básicas que todo trabajador debe poseer para poder ser *competente* en el desarrollo de su trabajo.

En tercer lugar, Tobón (2005) sugiere una de las clasificaciones más extendidas al dividir las competencias básicas, competencias genéricas, y competencias específicas.

*Competencias básicas:* Son competencias de gran importancia para vivir en sociedad y poder desenvolverse en cualquier ámbito laboral. Se caracterizan principalmente por lo siguiente: (1) son la base sobre la cual se desarrolla el resto de las competencias; (2) se constituyen en la educación básica y media; (3) hacen posible analizar, comprender y resolver problemas de la vida habitual; (4) forman el eje central del procesamiento de la información de cualquier tipo. Algunos ejemplos son: competencia comunicativa, matemática, competencia de autogestión del proyecto ético de vida, manejo de las TIC, afrontamiento del cambio y liderazgo.

*Competencias genéricas:* Son competencias afines a diferentes ocupaciones o profesiones. Se les empieza a dar un mayor énfasis en la formación universitaria encaminada a enseñar cómo afrontar un mundo laboral en constante cambio.

Se caracterizan por: (1) aumentar la posibilidad de empleo; (2) benefician la gestión, consecución y gestión empresarial; (3) hacen posible la adaptación a diferentes entornos laborales; (4) no están asociadas con una profesión en particular; (5) son adquiridas mediante procesos sistemáticos de enseñanza-aprendizaje; (6) su obtención y ejercicio se puede evaluar de manera minuciosa. Algunos ejemplos son: emprendimiento, gestión de recursos, trabajo en equipo, gestión de información, comprensión sistémica, resolución de problemas y planificación del trabajo.

*Competencias específicas:* Son competencias exclusivas de una determinada profesión u ocupación. Su grado de especialización es alto, generalmente en programas técnicos, de formación para el trabajo y de educación superior. En este caso, cada profesión tendría su bagaje de competencias a desarrollar en sus estudiantes, por ejemplo, no son las mismas competencias que debe tener un médico idóneo, a las competencias de un docente idóneo.

En esta tercera clasificación proporcionada por Tobón, encontramos una serie de competencias orientadas a una perspectiva más académica, que van de lo general a lo específico; se puede concluir que entre más alto sea el grado de estudios, las competencias se irán especializando cada vez más, pero para poder delimitarse, es necesario un andamiaje de conocimientos previos que las sustenten y permitan su desarrollo.

Finalmente, la SEP (2008), en el acuerdo número 444 por el que se establecen las competencias que constituyen el marco curricular común del Sistema Nacional de Bachillerato (SNB), en el capítulo 1 y en el artículo número 2, propone una clasificación de competencias inscritas en el marco curricular de la Educación Media Superior (EMS) en México.

*Competencias científicas:* Las competencias pueden ser explicadas desde diferentes perspectivas teóricas, desde múltiples clasificaciones que delinean la formación del ciudadano ideal, aquel que tiene las habilidades necesarias para desempeñarse en la vida académica, laboral y personal como un miembro activo y funcional de la sociedad.

Una clasificación más y que es necesaria desarrollar en este trabajo, contempla aquellas competencias que, desde el punto de vista curricular, son adquiridas, fortalecidas y consolidadas mediante la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Se tiene por tanto la intención de encontrar una definición adecuada de dicho concepto, ejemplificar algunas de las competencias que los estudiantes desarrollan en ciencias, compararlas con la clasificación de la SEP y mostrar

situaciones didácticas puntuales empleadas por los docentes para el desarrollo de estas habilidades.

*Competencias científicas:* Primero que nada, más que una definición única e inmutable, se pretende llegar a una concepción de competencias científicas que permita fundamentar los objetivos y metas de las secuencias didácticas. Este enfoque se resume en conducir a los estudiantes en el desarrollo de habilidades propias de las disciplinas científicas.

Un primer acercamiento lo da Hernández (2005) quien realiza una división entre las competencias que permiten hacer ciencia y aquellas que deberían poseer todos los ciudadanos independientemente del rol que cumplan en la sociedad. Es importante recuperar esta separación, las habilidades analizadas son aquellas que todos deberíamos poseer en vistas a la toma de decisiones como población y la capacidad para resolver problemas. Así mismo, son estas competencias las que interesan al sistema educativo interesado en trasladar el trabajo de los científicos al aula.

Hernández señala que pueden considerarse competencias científicas todas aquellas habilidades fundamentales para producir, generar y aplicar de manera comprensiva los conocimientos científicos; además las considera transversales, es decir, aplicables a cualquier campo disciplinar de ciencias naturales o sociales.

Sánchez y Gómez (2013) resaltan la importancia de la formación científica desde niveles básicos, donde se fomenten los procesos investigativos que permitan al estudiante el desarrollo de habilidades como la curiosidad, formulación de preguntas, y solucionar problemas, lo cual abre el abanico de atributos que permiten describir más a detalle los aspectos propios de las competencias que se fortalecen en ciencias.

Las aportaciones recuperadas permiten visualizar la connotación que ha adoptado el término de competencias científicas utilizado por muchos autores de manera singular, ya que lo colocan en la parte alta de una jerarquización de conceptos derivados. En otras palabras, desde el punto de vista académico, la competencia científica podría considerarse como una serie de habilidades que conforman un perfil de egreso, situación que ocurre con el currículo de la Educación Media, donde un cierto número de competencias las que conforman aquellos rasgos que todo estudiante debe poseer al finalizar sus estudios en el nivel medio.

Existen multitud de trabajos que ven a la competencia científica como un conjunto de habilidades. Por ejemplo, Chona, et al., (2006) señala que la competencia científica es la capacidad del sujeto para emplear correctamente el lenguaje científico, desarrollar habilidades experimentales, organizar información y trabajar en equipo. Adams, Turner, McCrae y Mendelovits (2006), añaden otra serie de atributos como la capacidad para identificar problemas, explicar fenómenos, extraer conclusiones fundadas en hechos y así adquirir conocimientos nuevos.

Finalmente, Furman y Podesta (2009), señalan que los currículos actuales deberían orientar sus acciones hacia el desarrollo de ciertas competencias científicas como la observación y descripción, formulación de preguntas investigables, formulación de hipótesis y descripciones, diseño y realización de experimentos, formulación de explicaciones teóricas, comprensión de textos científicos y la argumentación.

En conclusión, la competencia científica puede considerarse al igual que otras, una habilidad o capacidad que posee un individuo, al obtener un estado de curiosidad mayor en torno a los fenómenos y hechos naturales lo cual le permite tener una gran capacidad de observación para la detección de problemas, situándolo en el inicio de una secuencia de investigación lógica en la cual habrá de poner en práctica otras habilidades hacia la construcción de nuevos saberes o la solución de un problema.

Esto permite contemplar que, en una clase de ciencias, se deben generar estrategias que estimulen el proceso de investigación científica, dando no solo énfasis al resultado sino al proceso, ya que es este momento didáctico donde el alumno habrá de despertar y ejercitar de manera contigua estas capacidades que le serán de utilidad no solo para efectos propios de las asignaturas científicas, sino también para la vida.

Es importante hablar de igual forma de aquellas estrategias de enseñanza-aprendizaje que utilizan frecuentemente los docentes en ciencias y que coadyuvan al desarrollo de competencias científicas.

*Comunicación de hallazgos:* Es importante detallar los aspectos o atributos que se toman en cuenta a la hora de evaluar competencias, específicamente la capacidad del estudiante para comunicar los hallazgos de una investigación.

De acuerdo con Chona et al., (2006), una de las habilidades que desarrollan los docentes de ciencias es la capacidad de comunicar los hallazgos de una investigación, al apropiarse y reconocer adecuadamente un lenguaje científico, uno de los atributos que será tomado en cuenta para evaluar esta habilidad.

Cañas, Díaz y Nieda (2007) afirman que la competencia científica conlleva al desarrollo de capacidades como la identificación de cuestiones científicas, la explicación científica de fenómenos, y la utilización de pruebas o experimentos científicos. Al evaluar la comunicación de hallazgos en una investigación se debe contemplar no solo la habilidad genérica de comunicar, sino también la recuperación de las etapas del trabajo realizado, contrastando las preguntas e hipótesis generadas con los resultados y detallar todo aquel fenómeno que llame la atención, ya sea porque no estaba previsto en el protocolo o porque confirma una predicción, de esta manera el proceso de investigación adquiere mayor apertura y se generan nuevas preguntas e hipótesis que pueden ser discutidas.



El acuerdo número 444 establece las competencias que constituyen el marco curricular común del Sistema Nacional de Bachillerato (SNB), en el Capítulo 1 y en el artículo número 2, se seleccionaron algunas competencias disciplinares básicas que son compatibles con todo el bachillerato general, pues contemplan capacidades relacionadas con el proceso de investigación y la comunicación de hallazgos:

**CDBE4.** Obtiene, registra y sistematiza la información para responder a preguntas de carácter científico, consultando fuentes relevantes y realizando experimentos pertinentes.

**CDBE5.** Contrasta los resultados obtenidos en una investigación o experimento con hipótesis previas y comunica sus conclusiones.

Estas competencias serían el equivalente de los planes y programas de estudios a la habilidad que hemos denominado como comunicación de hallazgos, en ella se contemplan atributos o aspectos como registrar y sistematizar información (observaciones y resultados), contraste entre las hipótesis con los resultados de un experimento y finalmente comunicar todo ello a manera de conclusiones.

Con base en esta descripción, se evaluará el progreso de los estudiantes en cuanto a su capacidad para comunicar los hallazgos de su investigación.

## 2.5. Estrategias para el desarrollo de competencias científicas

Se ha visto de acuerdo con las ideas anteriores que la educación científica tiene como propósito que los alumnos desarrollen conocimientos, conceptos, procedimientos y actitudes (Cappello, Castro y Cervantes, 2016). Este propósito es común en cada una de las disciplinas que conforman la educación científica (Física, biología, química, etcétera).

*Observación:* Aptitud para obtener información de manera cualitativa y cuantitativa

*Medición:* Cuantificar las observaciones a través de diferentes metodologías

*Registro de datos:* Capacidad de organizar la información mediante esquemas, gráficos, etc.

*Identificación:* Reconocer objetos por sus propiedades permitiendo poder nombrarlo, compararlo...

*Comparación:* Decretar similitudes y divergencias entre objetos o fenómenos

*Clasificación:* Aislar un grupo de elementos que comparten ciertas propiedades en común

*Predicción:* Relacionar las pautas de observación secuenciadas y a partir de ello pronosticar lo que ocurrirá en el futuro

*Formulación de preguntas:* Plantear cuestionamientos con un lenguaje propio de la disciplina de manera clara y resolverlas de una manera sistemática

*Formulación de hipótesis:* Establecer posibles respuestas a los problemas o patrones de observación de los fenómenos

*Control de variables:* Cuando se es capaz de identificar y recluir agentes que pudieran influir en el resultado de un determinado fenómeno

*Diseño de investigaciones:* Surge a raíz de la formulación de preguntas e hipótesis. Se identifican las variables constantes, controladas y las independientes

*Modelización:* Diseñar de manera figurativa prototipos que intenten explicar la realidad observada

*Comunicación:* Capacidad de intercambiar ideas y difundir resultados como muestra del proceso llevado a cabo para la construcción del conocimiento

Lo anterior sugiere que un conocimiento procedimental es característico de las ciencias, y en la mayoría de ellas se pone de manifiesto a la hora de realizar prácticas de laboratorio. Sin embargo, este conocimiento va más allá del simple seguimiento de pasos a modo de recetas, sino que los factores anteriormente mencionados deben ser tomados en cuenta a la hora de realizar alguna actividad relacionada con el aprendizaje de procedimientos. Por lo tanto, para que una práctica tenga un impacto verdadero deben tomarse las medidas de tiempo, recursos y conocimientos previos del alumno.

Desde esta perspectiva, Pozo y Gómez (2001) plantean que uno de los recursos didácticos más utilizados en la enseñanza de la química es la solución de problemas. Partiendo de esa idea sugieren la clasificación de problemas en cualitativos, cuantitativos y pequeñas investigaciones.

*Problemas cualitativos:* son aquellos que el alumno puede resolver sin la necesidad de cuantificar la información o recurrir a procesos experimentales, sino pueden solucionarlos con base en sus conocimientos y razonamientos teóricos. Este tipo de problemas se orienta a instaurar relaciones entre contenidos de química específicos y los fenómenos que estos explican. Orillan al alumno a reflexionar acerca de sus propios conocimientos y teorías, por lo cual resultan una buena herramienta para trabajar en el aula y alcanzar un mayor nivel formativo cuando se discuten de manera grupal.

*Problemas cuantitativos:* son problemas centrados en la cuantificación numérica de distintos tipos de información. Utilizan cálculos matemáticos, formulas y comparación de datos. Este tipo de problemas son de gran utilidad para los estudiantes, ya que los preparan en el uso de técnicas y algoritmos que permitan la solución de problemas de gran complejidad y la comprensión del medio natural.

*Pequeñas investigaciones:* es un tipo de tarea práctica desarrollada dentro o fuera de un laboratorio escolar. Son una primera aproximación al trabajo científico, ya

que el alumno debe observar fenómenos y generar hipótesis acerca de ellos. Es en este tipo de tareas donde el alumno tiene la oportunidad de trasladar conocimientos escolares a contextos más cotidianos. Aunque una de las recomendaciones dadas al utilizar esta herramienta es evitar convertirla en un simple ejercicio automatizado, para relacionar lo ocurrido en el laboratorio con el contexto cotidiano del alumno.

Resumiendo las ideas de Pozo y Gómez se ha dado una descripción general del proceso de enseñanza-aprendizaje en el área de las ciencias, este se podría delimitar en las siguientes fases según lo observado; generación de conceptos y significados, solución de problemas, y aplicación de conocimientos y su relación con el medio.

Se han revisado al momento ciertas estrategias que tanto docentes como alumnos emplean para los propósitos de una clase de ciencias, a continuación, se presenta una estrategia más, donde se fundamenta la propuesta de intervención de la presente investigación; el trabajo práctico o prácticas de laboratorio. Se indagará en aspectos como su concepción, propósitos y clasificación, para generar un diseño alternativo de sesiones prácticas bajo el enfoque de investigación dirigida.

### 3. El trabajo práctico: concepción, taxonomía y propósitos didácticos

La utilización de prácticas de laboratorio para la integración y aplicación de una gran cantidad de habilidades cognitivas del estudiante se ha ido modificando paulatinamente a lo largo de la historia, influenciado en gran medida por el avance mismo de la disciplina. Por ello es importante indagar en las diferentes concepciones históricas de las prácticas experimentales, para comprender su dimensión actual aplicada a la enseñanza de la química.

Es evidente que la concepción de *praxis* ha tenido diferentes connotaciones según el contexto social, histórico y cultural en el cual esta era concebida. Aristóteles (384 -322 a.C.) y muchos pensadores de la antigüedad, trataban de explicar diferentes fenómenos basándose en observaciones y deducciones fragmentadas, menospreciando por completo la experimentación como apoyo en el reforzamiento al reforzamiento del mismo conocimiento (Cardona, 2013, p. 4).

Desde dicha perspectiva, las prácticas experimentales son concebidas como un espacio donde el alumno reforzará los conocimientos teóricos vistos en clase, aprenderá habilidades manipulativas y de procesos, para la verificación de conocimientos ya establecidos.

Sabiendo lo anterior, partiremos con la idea de que “una clase teórica de ciencias, de la mano de la enseñanza experimental creativa y continua, puede aportar al desarrollo en los estudiantes de algunas de las habilidades que exige

la construcción de conocimiento científico” (López, Milena, Tamayo y Eugenio, 2012, p. 148).

Como es evidente, la visión de las practicas experimentales han evolucionado con el paso del tiempo, en este trabajo no se pretende indagar acerca de las diferentes concepciones que el ser humano ha tenido respecto a la práctica experimental, pero es necesario saber la situación actual para partir de ese punto y averiguar si en la situación educativa actual, las prácticas de laboratorio representan un verdadero desafío cognitivo para los alumnos, a partir del cual se pueda generar un verdadero aprendizaje significativo.

Se ha observado la evolución de la conceptualización de las prácticas experimentales, pero es pertinente hablar también de la evolución del laboratorio como un espacio físico como tal, donde se llevan a cabo múltiples experimentos y a lo largo de la historia han sido el centro de diferentes descubrimientos y avances científicos.

Zárraga, Velázquez y Rodríguez (2004) mencionan que la idea de un laboratorio, es decir, un espacio en el cual el hombre pudiera llevar a cabo sus experimentos surge a partir de su interés y curiosidad producido por la observación de múltiples fenómenos que apreciaba en su andar diario.

En el mismo estudio encontramos que el laboratorio de química como tal, surgió en la época medieval con los estudios alquimistas, donde el conocimiento producido era de carácter informal y basado en observaciones cualitativas. Fue hasta 1825 cuando Justus Von Liebig, estableció el primer laboratorio moderno para complementar las cátedras de química de la Universidad de Giessen, Alemania. En este laboratorio se produjo una gran cantidad de descubrimientos y se aplicó el método científico en su máxima expresión. Este modelo de laboratorio fue tomado por múltiples escuelas utilizando mesas de trabajo, agua, energía eléctrica, vertederos, conductos de ventilación, etcétera. Actualmente los laboratorios de docencia e investigación siguen en modificación constante de acuerdo con sus mismas necesidades.

### 3.1. Concepción y objetivos del trabajo práctico

Las prácticas de laboratorio son concebidas por muchos expertos, López y Tamayo (2012), como una manera de percibir la enseñanza de la ciencia en el sentido de permitirle al estudiante la construcción de conocimientos, apropiación de metodologías de trabajo científico y desarrollo de habilidades y destrezas propias de un laboratorio experimental.

De igual manera, el trabajo práctico es considerado como una metodología de enseñanza, donde la experiencia inmediata en la manipulación y observación de materiales científicos es superior en muchos aspectos a otros métodos en cuanto a

su capacidad para desarrollar la comprensión y el discernimiento. Y así mismo es usado para capacitaciones necesarias en estudios e investigaciones más avanzadas (Torres et al., 2005).

Los objetivos de una práctica experimental son entonces evidentes, pretendiendo no solo el reforzamiento de aprendizajes teóricos, sino la construcción de nuevos conocimientos, pero dicho recurso, como en todo proceso educativo, tiende a descubrir en el acto diferentes obstáculos que irán modificando su metodología hasta el punto de establecer diferentes enfoques que sustenten una práctica pedagógica idónea para un determinado grupo de estudiantes que se ven inmiscuidos en un ambiente de aprendizaje tan complejo como lo es una práctica de laboratorio.

### 3.2. Didáctica del laboratorio

López y Tamayo (2012) afirman en un estudio realizado en la Universidad de Caldas; Colombia, que el panorama actual de las prácticas de laboratorio presenta una metodología en la cual el estudiante sigue una simple serie de instrucciones donde solamente aprende cuestiones algorítmicas para arrojar posteriormente una conclusión de los hechos, dejando de lado el metaanálisis de su trabajo, supeditado por una mayor preocupación en el aprendizaje de conceptos que por el aprendizaje de conocimientos procedimentales y actitudinales.

Tomando en cuenta lo anterior, se supondría entonces que muchos estudiantes que participan en prácticas de laboratorio no alcanzan los niveles de aprendizaje esperados con relación a los objetivos didácticos planteados dentro de ella, en donde se pretende llevar al estudiante a la generación de un verdadero aprendizaje significativo.

Con respecto a esta reflexión, el mismo estudio revela que las principales causas de esta realidad son la falta de materiales, espacios adecuados, limitaciones de tiempo, grupos numerosos y la falta de disposición y motivación por parte de los estudiantes y profesores. Por lo tanto, es importante considerar a las prácticas experimentales como un instrumento que promueva la adquisición de conocimientos conceptuales, procedimentales y actitudinales en conjunto, pero para alcanzar dichas expectativas, el laboratorio debe tener un objetivo claro y definido, y el docente es el encargado de dar sentido y saber en qué momento es pertinente la utilización de este medio.

Siguiendo la misma línea, Hodson (1994), citado por Flores, Caballero y Moreira (2009), señala que en la enseñanza de la ciencia se deben tomar en cuenta tres aspectos fundamentales: el aprender ciencia (conocimientos teóricos), el aprender la naturaleza de la ciencia (metodologías y relación con la sociedad), y

finalmente el aprender a hacer ciencia (práctica integradora para la resolución de problemas), y que, aunque estas particularidades pueden separarse para finalidades didácticas, por sí solas son insuficientes.

Siguiendo la misma tendencia, Insausti y Merino (2016), concuerdan en el hecho de que el diseño curricular de la enseñanza de las ciencias tiende a separar sus contenidos en conceptuales, procedimentales y actitudinales, pero se cometería un error por parte de los educadores si fueran tomados como factores aislados y sin relación alguna, lo correcto sería entonces mostrar una visión integradora de los tres contenidos y saber que la mejor receta para enseñar es utilizar diferentes estrategias didácticas.

El mismo estudio de Insausti y Merino, confirma que la principal problemática no es el recurso mismo, sino la manera en la cual este es aplicado, para fomentar la utilización de una didáctica de carácter inductivo, donde se habrán de identificar problemas, generar hipótesis, comparar variables, diseñar experimentos, trabajar y decidir en equipo, entre otras ventajas que esta metodología ofrece.

Finalmente, en un panorama más apegado a la situación actual, Furman y Podesta (2009), proponen un aprendizaje por indagación en el cual se deben generar situaciones de aprendizaje donde se tome en cuenta el aprendizaje de conceptos, pero también el desarrollo de ciertas competencias científicas presentes en currículos de diferentes países como:

- La observación y descripción
- Formulación de preguntas investigables
- Formulación de hipótesis y descripciones
- Diseño y realización de experimentos
- Formulación de explicaciones teóricas
- Comprensión de textos científicos
- La argumentación

Para lograr la generación de conceptos y desarrollo de estas competencias es necesario que las actividades experimentales sean planeadas de manera minuciosa, definiendo cuáles son los conceptos que se desea enseñar, y las competencias que se quiere fortalecer, para escoger qué situación experimental es la indicada para ello.

Este último trabajo propone el desarrollo de conceptos y competencias claves en la educación científica, pero para lograrlo en conjunto con el trabajo experimental, se deben plantear detalladamente los objetivos de aprendizaje que se desean alcanzar junto con las habilidades que se desea desarrollar y/o fortalecer en los alumnos, para escoger qué actividad experimental es la indicada para lograr dichas finalidades.

En el análisis y reflexión de los estudios anteriores se ha hecho evidente que el laboratorio no es un simple recurso, sino que ha tenido al igual que la ciencia y la enseñanza, una serie de transformaciones que lo han ido adaptando a las necesidades curriculares actuales, para generar un ambiente de aprendizaje donde el alumno fortalezca y genere competencias conceptuales, procedimentales y actitudinales de carácter científico, que lo lleven a un proceso de metacognición donde sea consciente de lo que está aprendiendo y relacione dichos saberes con su contexto y con otras áreas del conocimiento.

### 3.3. Taxonomía del trabajo práctico

Uno de los objetivos del presente trabajo es implementar diferentes tipos de prácticas de laboratorio con un grupo de estudiantes, tomando en consideración que esta estrategia de enseñanza puede aplicarse de diferentes maneras:

#### 3.3.1. Según el nivel de complejidad

Herron citado en López y Tamayo (2012) distingue cuatro niveles por los cuales los estudiantes deben pasar al realizar distintas prácticas:

Tabla 12. Clasificación de prácticas experimentales según su nivel de complejidad

Nivel cero	Se da la pregunta el método y la respuesta
Nivel uno	Se le da la pregunta y el método, y el estudiante tiene que hallar la respuesta
Nivel dos	Se da la pregunta y el estudiante tiene que encontrar un método y una respuesta
Nivel tres	Se le indica un fenómeno y tiene que formular una pregunta adecuada y encontrar un método y una respuesta a la pregunta

Nota. Clasificación de Herron del trabajo práctico por niveles de complejidad.  
Fuente: elaboración propia.

Esta clasificación manifiesta la complejidad del trabajo realizado por el alumno, en detrimento de la actividad del docente, conforme aumenta el nivel de complejidad la intervención del docente disminuye, esto garantiza una mayor demanda cognitiva por parte del estudiante, quién al ir escalando en los distintos niveles, tendrá que poner en práctica competencias más complejas.

#### 3.3.2. Según su nivel de abertura

De acuerdo con Schwab y Tamir citados en Valverde, Jimenez y Viza (2006), el nivel de abertura clasifica a los procesos cognitivos en niveles experimentales

desarrollados en un entrenamiento práctico que puede ir desde los niveles más bajos de prácticas tradicionales hasta los niveles de prácticas de investigación.

En ese sentido, Bloom citado en el mismo trabajo, añade seis categorías de manera jerárquica, según el esfuerzo que requieren.

Tabla 13. Niveles de abertura del trabajo práctico

Categoría del experimento	Niveles de abertura (P; planificado por el profesor, A; realizado por el estudiante)					
	Plantear problema	Formular hipótesis	Planificar el experimento	Realizar experimento	Apuntar datos/ observaciones	Conclusiones
1	P	P	P	P	P	A
2	P	P	P	P	A	A
3	P	P	P	A	A	A
4	P	P	A	A	A	A
5	P	A	A	A	A	A
6	A	A	A	A	A	A

Nota. Clasificación del trabajo práctico según su nivel de apertura.

Fuente: elaboración propia tomada de Valverde, Jiménez y Viza, (2006).

Como complemento de la clasificación anterior, Priestly citado en Valverde, Jimenez y Viza (2006), señaló en su clasificación los niveles de cognitivos que son potenciados con cada práctica.

Tabla 14. Clasificación según el proceso cognitivo que es potenciado

Nivel	Título	Descripción de las actividades de laboratorio	Proceso cognitivo requerido
1	Herméticamente cerrado	Se proporcionan todos los elementos al alumnado. Los estudiantes apuntan los datos en los huecos reservados en el informe de laboratorio. Se incluyen tablas con los datos	Conocimiento
2	Muy cerrado	Se proporcionan todos los procedimientos. Se incluyen tabla de datos	Conocimiento
3	Cerrado	Se proporcionan todos los procedimientos a los estudiantes	Conocimiento y comprensión
4	Entreabierto	Se proporcionan todos los procedimientos a los estudiantes. Algunas preguntas o conclusiones son abiertas	Comprensión y aplicación



Nivel	Título	Descripción de las actividades de laboratorio	Proceso cognitivo requerido
5	Ligeramente abierto	Se proporcionan la mayoría de los procedimientos a los alumnos. Algunas preguntas o cuestiones son abiertas	Aplicación
6	Abierto	Los estudiantes desarrollan sus propios experimentos. Se les proporciona una lista con el material. Muchas preguntas o conclusiones son abiertas	Análisis y síntesis
7	Muy abierto	A los estudiantes se les indica un problema que tienen que resolver (o que ellos mismos proponen) los estudiantes realizan el procedimiento y sacan sus propias conclusiones	Síntesis y evaluación

Nota. Se resalta que a medida que el esfuerzo del estudiante aumenta, el nivel del proceso cognitivo también se incrementa. Elaboración propia: Basada en Valverde, Jiménez y Visa, (2006).

Las clasificaciones ilustran en primer lugar la diversidad didáctica existente en torno al trabajo práctico e invitan a no depender únicamente de un tipo taxonómico, sino de los objetivos de instrucción o los aprendizajes esperados en el programa de química, para que se puedan diseñar actividades prácticas variadas que demanden un esfuerzo gradual y ascendente, y por consecuencia potencialicen procesos cognitivos distintos.

### 3.4. Trabajo práctico bajo el enfoque de investigación dirigida

Se han revisado en apartados anteriores, cuatro de las perspectivas teóricas más conocidas (Aprendizaje por descubrimiento, Cambio conceptual, Investigación dirigida y CTS) en la enseñanza de las ciencias, con el propósito de fundamentar la propuesta.

Más que describir nuevamente las perspectivas involucradas se pretende reconsiderar los elementos esenciales del proyecto en aras de realizar una comparación que justifique su selección.

El estudio parte de la problemática que señala que el enfoque actual del trabajo práctico se limita a que los estudiantes sigan una serie de pasos, donde no se les da la oportunidad de cuestionar, manipular (más allá de las instrucciones) y compartir sus hallazgos e intereses. Así, la propuesta para atender dicha problemática consiste en diseñar actividades prácticas con un enfoque diferente al convencional, argumentando que el trabajo práctico suele clasificarse de diferentes maneras según su naturaleza metodológica y profundizar dichas clasificaciones.

A manera de ejemplo, Caballer y Oñorbe (1999), distinguen tres tipos de prácticas: problemas-cuestiones, problemas-ejercicios y problema-investigación, siendo esta última una de las propuestas para el libro, pues permite que los alumnos resuelvan problemas basados en principios o leyes utilizando metodología de la investigación.

*Fases en las que se formulan las preguntas:* en el trabajo práctico bajo el enfoque mostrado se parte de una pregunta relacionada con un fenómeno, que, dependiendo de

los saberes previos y habilidades del estudiante, será propuesta por el profesor o ellos mismos, y durante el proceso, tanto el profesor como los alumnos deberán realizar cuestionamientos que giren en torno al mismo problema.

*Papel asignado a las ideas iniciales del alumnado:* como se adelantó en el criterio anterior, para que el alumno pueda dar sentido a las inconsecuencias planteadas, formular o entender una pregunta, plantear hipótesis, diseñar o comprender las razones de los experimentos, las ideas previas son fundamentales, ya que son el punto de partida de la actividad.

*Grado de apertura de la tarea:* existen elementos que son dados por el profesor, así como otros que el estudiante deberá desarrollar, de igual manera, unos exigen mayor demanda cognitiva que otros, la apertura de la tarea dependerá nuevamente en los saberes y capacidades previas del estudiante. Se pretende que, de manera gradual, los trabajos tengan mayor apertura.

*Qué tipo de contenido predomina:* se pretende evaluar no solo el producto, sino dar énfasis al proceso y las habilidades que serán desarrolladas con él, por lo tanto, el contenido predominante es el procedimental, pero basado en la construcción de los marcos conceptuales de la disciplina, en este caso la química.

*Visión de la ciencia que se ofrece:* como se ha venido observando, el objetivo curricular del trabajo es que el alumno desarrolle habilidades mediante la resolución de un problema, utilizando como herramienta el método científico trasladado al contexto escolar.

*Contextualización de la situación planteada:* el contexto de los problemas o inconsecuencias planteadas a partir de la observación de fenómenos será meramente académico, ya que como se mencionó, partirá de las leyes y principios de la química propuestos en los planes y programas de estudios del nivel educativo.

Esta descripción y comparativa permite justificar la ubicación teórica del proyecto, sin embargo, es evidente que deberán hacerse ciertas adecuaciones que difieren en cuestiones mínimas del modelo por Investigación Dirigida inicial, una de ellas es el tiempo de duración de las secuencias, en este enfoque los trabajos tienden a ser trabajados durante un periodo largo de tiempo, o por lo menos mayor al de las sesiones prácticas, por tal motivo, una de las adecuaciones al enfoque será utilizar una estrategia que Pozo y Gómez (2001) denominan *pequeñas investigaciones*, que son un tipo de tarea práctica que puede ser llevada a cabo dentro o fuera de un laboratorio escolar. Son una primera aproximación al trabajo científico, ya que el alumno debe observar fenómenos y generar hipótesis acerca de ellos. Es en este tipo de tareas donde el alumno tiene la oportunidad de trasladar conocimientos escolares a contextos más cotidianos. Aunque una de las recomendaciones dadas al utilizar

esta herramienta es evitar convertirla en un simple ejercicio automatizado y, a su vez, relacionar lo ocurrido en el laboratorio con el contexto cotidiano del alumno.

A manera de cierre, considerando las adecuaciones planteadas, el enfoque del trabajo sigue centrado en la aplicación del método científico a la resolución de un problema para la comprensión de un fenómeno, pero principalmente para el desarrollo de competencias científicas, justificando así la ubicación de la propuesta en la Investigación dirigida. En apartados posteriores se hablará sobre los detalles del diseño de secuencias didácticas bajo el enfoque de investigación dirigida para el trabajo práctico.

#### 4. Estudios similares sobre la enseñanza de las ciencias y las prácticas experimentales

A continuación, se presenta un conjunto de investigaciones que se han difundido y plasmado en diferentes maneras principalmente tesis, artículos e informes parciales. La mayoría de ellas muestran parte de la realidad en torno al contexto de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en países como España, Estados Unidos, México y algunas regiones de América Latina. Los estudios se han centrado principalmente en realizar una evaluación y caracterizar de cierto modo la manera en la cual se enseña ciencia en las escuelas, es decir, temas concretos de química o biología y la metodología más común que los profesores utilizan para su enseñanza.

Otros estudios han partido del diagnóstico de la didáctica actual, y han generado propuestas alternativas a partir de las áreas de oportunidad detectadas. Dicho contraste clasifica a la enseñanza de la ciencia en dos tipos: la enseñanza tradicional por transmisión de conocimientos y la enseñanza basada en un modelo constructivista, donde el alumno participa de una manera más activa en su aprendizaje y el docente pasa de ser un transmisor de información a un facilitador del aprendizaje.

De dicho enfoque pedagógico, es de donde han partido los investigadores para diseñar metodologías de enseñanza innovadoras, y algunos de ellos han dado gran relevancia a la utilización del laboratorio de prácticas como un recurso fundamental para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Dichos estudios presentan hallazgos favorables y desfavorables; algunos muestran, al igual que la enseñanza de la ciencia en general, diferentes tipos de enfoques pedagógicos que orientan la práctica de los profesores dentro del laboratorio, y han clasificado las prácticas de diferente manera desde un enfoque tradicional, hasta otros donde se incorpora al alumno en actividades de tipo investigación, donde este debe generar hipótesis, manipular variables, contrastar resultados, generar conclusiones y comunicar sus hallazgos.

En cuanto a las metodologías utilizadas, predomina una orientación hacia un carácter cualitativo, aunque en ocasiones se complementan con instrumentos cuantitativos. Esto se debe a la naturaleza de las investigaciones, ya que la mayoría busca la observación prolongada del objeto de estudio, por ende, requieren de instrumentos que les permitan registrar eventos que se presentan en el día a día. De ahí que los instrumentos generados son entrevistas, encuestas, listas de control y cotejo, diagramas, rubricas, estudios de caso, trabajos en grupo, etcétera.

4.1. Estudios centrados en la ciencia y su metodología de enseñanza  
Tamayo (2001) en su tesis de doctorado titulada *Evolución conceptual desde una perspectiva multidimensional. Aplicación al concepto de respiración*, sigue una línea centrada en las concepciones mentales que en este caso el estudiante genera a lo largo de su formación, planteando como objetivo general:

Abordar el estudio de la evolución conceptual desde una perspectiva multidimensional que reúna aportes de las dimensiones conceptual, cognitivo-lingüística, metacognitiva y motivacional, y como objetivos específicos: comprender posibles interacciones entre los aspectos cognitivo-lingüísticos, motivacionales, metacognitivos y conceptuales que faciliten u obstaculicen la evolución conceptual de los estudiantes, identificar algunos aspectos profundos y superficiales de la estructura cognitiva de los estudiantes que inician en su evolución conceptual, elaborar un modelo teórico general para la evolución conceptual del concepto de respiración que integre las diferentes dimensiones estudiadas. Partiendo de la pregunta de investigación: ¿Cómo se produce la evolución conceptual de los estudiantes en clases de ciencias?

Es un tipo de investigación generativa dado su interés por el descubrimiento y comprensión de posibles relaciones que se producen entre las diferentes categorías estudiadas, por lo cual la metodología pertinente ha sido de tipo cualitativa y en cierto grado se utilizó el método comparativo.

En cuanto a los resultados y aportaciones, se ha comprobado que una parte importante de los alumnos emplea distintos modelos explicativos de manera más o menos significativa para responder a las distintas situaciones que se les presentan, es decir, en su estructura cognitiva coexisten diferentes modelos explicativos. Así mismo, la posibilidad de identificar distintos niveles de coherencia e integración entre los modelos utilizados por los estudiantes nos proporciona marcos útiles para una enseñanza orientada hacia la evolución conceptual. En este sentido, más que tratar de cambiar los modelos de los estudiantes, sería interesante buscar que ellos aprendan gradualmente a emplearlos de manera más significativa según las

situaciones a las que hagan referencia, lo cual requiere a su vez que los alumnos establezcan relaciones validas entre sus conceptos y los estudiados en el aula, que aprendan a diferenciarlos entre sí, que establezcan relaciones jerárquicas entre ellos y que puedan establecer relaciones de semejanza entre sus modelos y los hechos que estos explican.

En un estudio altamente delimitado titulado *Aprendizaje profundo en semiología neurológica mediante una herramienta informática*, relacionado con la enseñanza de una disciplina de la ciencia médica, Ramírez y Tamayo (2011) diseñan e implementan una estrategia didáctica utilizando como recurso principal las TIC. Dicho trabajo tuvo por objetivo desarrollar y aplicar una herramienta interactiva que proporcione una experiencia virtual en el tema de la semiología neurológica y propicie el logro de aprendizajes profundos de esta y el mejoramiento en el proceso de aprendizaje de los estudiantes de medicina de la Universidad de Caldas en el año 2010.

Su investigación fue de tipo observacional analítico de cohortes con desarrollo de dos herramientas informáticas: BLOG educativo y CD con apoyos audiovisuales. Población de estudio: 52 estudiantes de medicina de la Universidad de Caldas que cursaban Semiología General en el primer semestre de 2010: 24 hombres y 28 mujeres entre 18 y 24 años. Los participantes del BLOG fueron 30 estudiantes y los no participantes, 22. Los momentos evaluativos fueron tres: al inicio, en la mitad y al final del semestre; en cada evaluación se analizaron cuatro categorías de aprendizaje profundo: capacidad de análisis, riqueza de vocabulario técnico, riqueza conceptual y resolución de problemas.

Sus resultados y aportaciones finales señalan que en la mayoría de los estudiantes que participaron en el BLOG predominaron las respuestas adecuadas en cada una de las categorías de aprendizaje profundo, y que el uso de una herramienta informática para la enseñanza y el aprendizaje de la semiología neurológica demostró ser útil para facilitar la adquisición de aprendizajes profundos; el desarrollo del BLOG permitió a los estudiantes adquirir confianza al momento de realizar el examen clínico de los pacientes.

#### 4.2. Estudios centrados en las prácticas de laboratorio y su metodología de enseñanza

Tenreiro y Vieira (2006) en su estudio *Diseño y validación de actividades de laboratorio para promover el pensamiento crítico de los estudiantes* plantearon como objetivo generar un foro de discusión que permita reflexionar en torno a las acciones realizadas por parte de los profesores de ciencias al utilizar el laboratorio como recurso didáctico, detectar áreas de oportunidad y generar propuestas a partir de ellas.

En cuanto al diseño de la investigación, el grupo de investigación/formación involucró a dos investigadores y cinco profesores de ciencias de enseñanza básica (1º, 2º y 3º ciclos - 1º hasta 9º año de escolaridad). La metodología pertinente fue de corte cualitativo, ya que en las primeras fases de la investigación se realizaron reuniones tipo seminario donde los participantes explicaban sus posturas en torno a la problemática y las contrastaban con diferentes teorías. Posteriormente se requirieron instrumentos que permitiesen evaluar el desempeño del docente y los alumnos al estar inmiscuidos en una práctica de laboratorio.

Los resultados obtenidos, sobre la base de los registros de observación, muestran que cada vez más alumnos iban usando progresivamente de forma más eficaz las capacidades de pensamiento crítico exigidas en el contexto de las actividades de laboratorio propuestas. Por ejemplo, en relación a la capacidad de “Observar y evaluar observaciones”, se constató que los alumnos tendían a tener presentes algunos criterios en la realización de observaciones necesarias para confiar en los datos así. Entre esos criterios se encuentra disponer de registros hechos por el observador tras realizar la observación y usar cuidadosamente los instrumentos o materiales. Por esta vía, se puede no solo aumentar la cantidad, sino sobre todo la calidad del trabajo de laboratorio en la educación en ciencias, y así, minimizar el salto existente entre las actuales propuestas para la enseñanza de las ciencias y las propuestas presentadas en algunos materiales como los manuales escolares.

Torres et al., (2005) titularon su trabajo *Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de la química en Educación Superior* y plantearon como objetivo general: La implementación de programas guía de actividades que guíen las PL como resolución de problemas y específicamente como microinvestigaciones, y como objetivo específico: caracterizar las concepciones y acciones que sobre prácticas de laboratorio mantienen los profesores y/o estudiantes del nuevo proyecto curricular de la licenciatura en química, y experimentar una propuesta didáctica de investigación en el aula.

Como única hipótesis, se tuvo el supuesto de que el diseño de una estrategia pedagógica didáctica basada en el modelo de resolución de problemas posibilita una familiarización de los estudiantes con los procesos de trabajo científico.

En cuanto a la metodología, esta parece ser estrictamente cualitativa, ya que se aplicaron diferentes instrumentos a estudiantes y profesores tales como: encuestas de tipo abierto y cerrado, entrevistas semiestructuradas y fijación de videos. Además, se realizó un análisis de los informes de laboratorio realizados por estudiantes, a las guías de laboratorio realizadas tanto por profesores como por estudiantes. En el año 2003, se implementó una estrategia pedagógica didáctica con estudiantes del curso de teorías químicas III del proyecto curricular de licenciatura en Química de

la UPN, por medio de la cual se diseñaron (3) programas guía de actividades para el desarrollo de las temáticas de Termodinámica, Soluciones y Equilibrio Químico.

Se encontró que tanto los profesores y estudiantes consideran que las PL: son un medio para comprobar la teoría y desarrollar habilidades y destrezas, a través de guías elaboradas por los estudiantes, o suministradas por los profesores, se llevan a cabo en horarios definidos previamente, se evalúan a través de los informes y no se enmarcan en un proceso de resolución de problemas. La fase de implementación permitió que los estudiantes se familiarizaran con la metodología científica en cuanto a la formulación de sus propias hipótesis en los temas relacionados, el diseño de los montajes, la identificación de los reactivos y materiales a utilizar, la contrastación de sus hipótesis en el laboratorio sobre soluciones, equilibrio químico y termodinámica, la sistematización y procesamiento adecuado de los resultados de las temáticas abordadas, elaboración, análisis y conclusiones coherentes con las hipótesis planteadas y el modelo teórico que las sustenta en cada caso.

Silsko y Madrigal (2010) en su artículo denominado *Un frasco flota en el agua y se hunde en el aceite: ¿Cómo los alumnos de bachillerato explican tales hechos y que predicen para una situación más compleja?*, centran su atención en un aspecto muy específico de un hecho ocurrido durante una práctica experimental, que permite indagar en las competencias comunicativas de los alumnos de bachillerato. Su objetivo principal fue investigar cómo esos estudiantes construyen sus esquemas predictivos y explicativos para los fenómenos de flotación y hundimiento de los cuerpos, en situaciones sencillas y situaciones complejas.

La investigación fue de corte cualitativo, dado que se realizó por medio de entrevistas grabadas, en una situación didáctica donde los alumnos tenían que explicar el fenómeno de la flotación.

Los resultados iniciales de esta investigación muestran que los estudiantes de bachillerato, igual como los estudiantes de escuela primaria y secundaria, comienzan la conceptualización del fenómeno de flotación con los esquemas monocausales, siendo el peso del objeto el factor que determina si flota o se hunde. Tales esquemas pueden cambiar al extender sus experiencias, presentándoles a ellos diferentes situaciones desafiantes.

Un último estudio titulado *Aprendizaje Grupal en la Enseñanza de la Química* (Ramírez, Albor y Villar, 2006), tuvo como objetivo general desarrollar habilidades de: lectura, comprensión, análisis y elaboración de resúmenes, en los cursos de Química en la Preparatoria Agrícola, y como específico: evaluar las dinámicas aplicadas.

Se utilizó un método exploratorio en un grupo de 25 alumnos del cuarto semestre del ciclo escolar 2004 2005 de la Preparatoria Agrícola. Se propuso el tema de proteínas para que se trabajara en equipo, la conformación de los equipos fue decisión

de los estudiantes. El trabajo en el aula fue desde la revisión de bibliografía, elaboración de apuntes, preparación de material didáctico y elaboración de conclusiones del contenido temático, evaluación de los conocimientos y del trabajo grupal. La función del profesor fue coordinar el proceso y facilitar que el alumno participara.

Al finalizar el tema los alumnos lograron los siguientes aprendizajes y habilidades: (1) lectura de los materiales bibliográficos. Los alumnos manifestaron interés al realizar la lectura, preguntaron sobre conceptos que no entendían, como anfótero, zwitterion, solución *buffer*, grupo prostético. Elaboración del resumen. Se observó la colaboración y participación de los integrantes, para tratar de retomar y seleccionar lo más importante del tema; (2) elaboración del material de exposición. En láminas de papel vaciaron la información del resumen, con letra clara y de buen tamaño y adecuada, distribución observándose su creatividad en la elección de dibujos y colores; (3) manejo de la información Se observó que cada equipo pudo conceptualizar el tema de diferente forma, de tal manera que algunos elaboran cuadros sinópticos, diagramas de flujo, mapas conceptuales, y otros organizan los conceptos de lo complejo a lo sencillo o viceversa; (4) en el tema de niveles formales de estructura proteica, manifestaron su creatividad al elaborar modelos tridimensionales con diferentes materiales como papel, cartón, listones de tela o papel, plastilina, resortes metálicos, etc. Lo que les permite interpretar, manipular y visualizar lo abstracto (ver fotografías de los modelos elaborados).

En este capítulo fue posible dar una revisión a diversos trabajos relacionados con tres dimensiones: (1) la ciencia y su didáctica, donde los trabajos en primer plano proponían diferentes estrategias relacionadas con el diseño de representaciones visuales, y en un segundo plano centraban su estudio en el cambio conceptual del estudiante al abordar terminologías y concepciones de carácter científico; y (2) las prácticas de laboratorio como recurso de enseñanza, donde muchos autores daban una definición y caracterización del trabajo práctico, que como se mencionó con anterioridad, generalmente giran en torno a aquellas prácticas tradicionales de tipo receta, y otras vistas desde un enfoque constructivista.



# Capítulo 3

## Orientación metodológica

El trabajo se llevó a cabo en tres etapas: diagnóstico, intervención y evaluación, cada una de ellas subdividida en metodologías, técnicas, procesos y elementos, explicadas en la etapa correspondiente. La metodología del trabajo se considera mixta, es decir, con rasgos tanto cuantitativos como cualitativos, pero con un sesgo ligeramente mayor hacia este último. De acuerdo con (Hernández, 2014), ambas perspectivas emplean procesos cuidadosos, empíricos y metódicos para generar conocimiento, poniendo en marcha ciertas estrategias en común como la observación y evaluación de fenómenos, establecimiento de supuestos con base en dichas observaciones, revisión del fundamento de las ideas o supuestos, análisis de estos y la generación de nuevas propuestas.

### 3.1. Diagnóstico

El objetivo principal es describir y valorar el estado actual del proceso de enseñanza-aprendizaje en el entorno didáctico de las prácticas experimentales con alumnos de bachillerato. Se pretende generar información que sirva como punto de partida para el diseño y la implementación de la intervención, ya que solo se tiene referencia teórica de contextos diferentes, más no del centro educativo que será atendido. Para este proceso se requerirá el apoyo del docente titular de química en el plantel analizado.

Se utilizó la escala de valores o escala estimativa como parte de la técnica de observación, ya que se pretende evaluar la conducta o comportamiento del objeto. Este instrumento es considerado una lista de cotejo enriquecida, pues indica la gradualidad de cierta característica y no solamente pretende verificar la presencia o ausencia de algo (Ramírez y Santander, 2013).

### 3.1.1. Descripción del instrumento: escala de valores

Para la generación de los ítems se crearon tres dimensiones y tres indicadores que permitieran organizar la entrevista de acuerdo con los objetivos del diagnóstico.

Fue seleccionada la dimensión ambiente de aprendizaje, para observar al laboratorio como un ambiente holístico donde se desarrollan las secuencias didácticas implementadas:

*Programas de estudios:* busca caracterizar el tipo de prácticas propuestas en los programas de estudios.

*Saberes previos:* pretende conocer la presencia o no de saberes previos necesarios por parte de los estudiantes en el momento de efectuar una práctica.

*Secuencia didáctica:* pretende describir cómo se lleva a cabo una clase en el laboratorio.

*Evaluación:* describe los elementos que se toman en cuenta para evaluar una práctica.

Cada uno de estos criterios cuenta con diferentes indicadores que permiten valorar y describir su gradualidad, a continuación, se presenta el diseño final del instrumento

### 3.1.2. Resultados del diagnóstico

El diagnóstico surge de la observación de los formatos de prácticas experimentales utilizados en el plantel atendido, así como la observación de una sesión práctica virtual celebrada por el docente titular y los estudiantes de acuerdo con los siguientes criterios.

#### **Criterio 1**

*Resultado: regular*

El primer criterio que buscaba evaluar las características de los formatos de prácticas de laboratorio utilizados por el plantel arroja un resultado regular con base en la escala preestablecida, esto debido a que en su mayoría el diseño de las prácticas muestra un enfoque tradicionalista, donde el alumno deberá llenar espacios o apartados previamente establecidos como los objetivos de la práctica, los pasos del experimento, los resultados y sus conclusiones.

#### **Criterio 2**

*Resultado: regular*

Los estudiantes demostraron tener los conocimientos necesarios para el desarrollo de la práctica, sin embargo, es importante mencionar que estos saberes iban en función de la demanda cognitiva del trabajo, es decir, solo requerían conocer los conceptos que habrían de corroborar de manera práctica. En un determinado caso

donde se desarrolle un proceso de investigación complejo la demanda cognitiva será mayor, al igual que los saberes previos requeridos para ponerse en marcha.

### **Criterio 3**

*Resultado: insuficiente*

La práctica realizada presenta un enfoque tradicionalista, no parte de la observación de un fenómeno o detección de un problema, simplemente se dan una serie de pasos para desarrollar un experimento fundamentado en una ley o principio, por tal motivo, tampoco se generan preguntas de investigación ni hipótesis. En cuanto a las conclusiones, estas carecen de criterios para considerar, por lo que cada estudiante puede comentar lo realizado, pero no puntualiza la relación entre resultados e hipótesis previas, ni tampoco se toma en cuenta el lenguaje utilizado por el alumno.

### **Criterio 4**

*Resultado: regular*

Se demuestra que el docente proporciona a los alumnos un instrumento de evaluación y también se parte del logro de un aprendizaje o competencia. Sin embargo, este instrumento evalúa solamente el cumplimiento de los apartados del reporte de práctica, pero no la calidad de estos y su diseño no considera el desarrollo de competencias. Esto último resulta contradictorio, ya que la competencia evaluada a raíz de esta actividad contempla aspectos relacionados con el desarrollo de habilidades científicas pero la tarea en sí no ayuda a cumplir dicha meta.

Este diagnóstico deja en evidencia lo que se tenía previsto de manera teórica y permite corroborar el problema delimitado; un enfoque tradicionalista del trabajo práctico que deriva en competencias científicas con bajos niveles de idoneidad.

## **3.2. Intervención o implementación de la propuesta**

Al ser este un proyecto de intervención educativa, la metodología se fundamenta en la didáctica de las ciencias y en la cuestión instrumental y técnica; de acuerdo con los programas de estudio de la SEP, mediante los formatos de planeaciones didácticas institucionales. La Ley General de Educación (2019) señala que los planes y programas de estudio se enfocarán de manera tangible en los estudiantes mediante la intervención directa de los docentes, quienes a través de un proceso conocido como *secuencias didácticas* buscarán gestionar el proceso de enseñanza-aprendizaje con el objetivo de desarrollar o fortalecer habilidades hasta alcanzar los niveles de logro esperados. En el contexto particular de Tamaulipas las secuencias didácticas tienen tres componentes principales: “situación didáctica, tareas para el aprendizaje y evaluación para el aprendizaje” (Secretaría de Educación Tamaulipas, 2017).

*Situación didáctica:* se plantea al estudiante una situación problemática o desafiante y se establece el proceso para resolverla.

*Tareas para el aprendizaje:* trabajos extra-clase que fortalecerán las habilidades empleadas en la resolución del problema.

*Evaluación para el aprendizaje:* buscará evaluar principalmente el proceso y no solo el resultado, siguiendo los lineamientos de la LGE (2019), que señala en el Artículo 21: “la evaluación será integral, valorando los conocimientos, habilidades, destrezas, y contemplando los logros establecidos en los programas”.

El INEE (2019), en un trabajo que describe la labor docente, señala que las secuencias didácticas se llevan a cabo en tres momentos:

*Inicio:* se indaga en los saberes previos del estudiante a través de preguntas detonadoras, lluvias de ideas, representaciones o ejemplificaciones.

*Desarrollo:* se dan las instrucciones, la forma de evaluación, la organización del grupo y la evaluación es formativa.

*Cierre:* se da la síntesis del tema, solicitud de tareas extra-clase, así como reflexiones y conclusiones, y la evaluación es sumativa a través de rúbricas, portafolio de evidencias, ensayos, reportes, etc.

Este modelo de secuencias didácticas es llevado a cabo por la mayoría de los profesores de EMS del país, y puede ser utilizado en contextos distintos y no solamente en las aulas.

### 3.2.1. Método

Para el diseño e implementación de la propuesta se partirá de los datos del diagnóstico relacionados con los aprendizajes de los estudiantes y la situación actual de la enseñanza.

Por la naturaleza del trabajo, el método que se ha elegido para diseñar la intervención es el de *situaciones prácticas* (SPR), ya que como mencionan López, Serra y Vilà (2015), las SPR son consideradas una herramienta metodológica que favorece el vínculo entre el conocimiento teórico y las experiencias prácticas.

Así mismo, para el análisis de resultados se tomarán en cuenta dos aspectos: analizar con detalle la puesta en marcha de las secuencias didácticas y también la evaluación cualitativa y cuantitativa de la competencia evaluada (comunicación de hallazgos). Para el primer momento de evaluación, se utilizará la técnica de notas de campo, ya que es importante llevar a cabo un registro de las actividades a la hora de implementar la propuesta, específicamente, el instrumento utilizado será la bitácora o diario de campo (Hernández, 2014), ya que se observará la puesta

en marcha de las secuencias didácticas previamente diseñadas con el objetivo de contrastar los eventos reales con lo preestablecido en la teoría y también recuperar aspectos o variables que no fueron consideradas en la etapa del diseño.

En cuanto a la evaluación de los productos, se utilizará por una parte el método de estudio de caso, ya que según Durán (2012), permitirá abordar a profundidad las respuestas de los estudiantes en torno a una tarea solicitada con respecto a los objetivos de la secuencia didáctica, permitirá valorar el desempeño del alumno en relación con el fortalecimiento de competencias científicas. Para evaluar el producto final se utilizará una rúbrica que será previamente diseñada junto con las secuencias, que de acuerdo con Alsina et al., (2013), posibilitará generar los criterios de aprendizaje en torno al fortalecimiento de la competencia científica; comunicación de hallazgos, y también compartirlos con los estudiantes a manera de una guía que les permita llevar a cabo la tarea solicitada.

### *3.2.2. Plan de trabajo y diseño de las secuencias*

El procedimiento de la intervención consistirá en la implementación de una serie de planeaciones didácticas que incluirán como estrategia la realización de prácticas de laboratorio. Las planeaciones didácticas estarán fundamentadas en el diseño de la SEP mostrado anteriormente. En cuanto a las prácticas de laboratorio, se tomarán en cuenta primeramente las que se encuentran propuestas en los programas de estudio de química I del bachillerato tecnológico, una vez seleccionadas y rediseñadas para acoplarse al enfoque metodológico propuesto por Caballer y Oñorbe (1999) que se caracteriza por ser de tipo problema-investigación, donde el alumno resuelve problemas utilizando una metodología de investigación y al de López y Tamayo (2012), donde la meta será que el alumno formule una pregunta adecuada, encuentre un método y dé respuesta a dicha pregunta. Así mismo, en caso de que las prácticas de los programas no sean pertinentes con el enfoque metodológico, se buscarán aquellas que se acoplen tanto al método como a los aprendizajes esperados y contenidos del campo disciplinar. Es necesario planear las sesiones de intervención, estas podrían sufrir modificaciones en cuanto a la cantidad de sesiones y secuencias por situaciones externas o la disponibilidad del docente titular:

Tabla 15. Plan general de trabajo para la implementación de la propuesta

	Contenido central	Actividades	Instrumentos de evaluación	Tiempo estimado
		Sesión 1: -Explicación de la modalidad de trabajo -Presentación de la calendarización de sesiones	-Diario de campo	1.30 h
Secuencia 1 1° parcial	Semejanzas y diferencias de los materiales de antes y ahora; y como serán los de mañana	Sesión 2: -Repaso teórico del contenido central -Diseño grupal de la práctica de la siguiente sesión (Fenómeno, formulación de pregunta, hipótesis, diseño del experimento)	-Cuestionario -Reporte de laboratorio	2 h
		Sesión 3: -Experimento: Densidad de las sustancias -Aplicación del experimento, observaciones, resultados, conclusiones y comunicación de hallazgos	-Reporte de práctica -Rúbrica -Diario	2 h
Secuencia 2 2° parcial	Estructura y composición de la materia	Sesión 1: -Repaso teórico del contenido central. -Preparación para la práctica de la siguiente sesión (fenómeno, formulación de pregunta, formulación de hipótesis, diseño del experimento)	-Cuestionario -Reporte de práctica. -Diario de campo	2 h
		Sesión 2: -Práctica de laboratorio: ¿Por qué se infla el globo? -Aplicación del experimento, observaciones, resultados, conclusiones y comunicación de hallazgos	-Reporte de práctica. -Rúbrica -Diario	2 h
Secuencia 3 2° parcial	Estructura y composición de la materia	Sesión 1: -Repaso teórico del contenido central -Preparación para la práctica de la siguiente sesión (fenómeno, formulación de pregunta, formulación de hipótesis, diseño del experimento)	-Cuestionario -Reporte de práctica	2 h
		Sesión 2: -Práctica de laboratorio: propiedades físicas y químicas de los elementos, métodos de identificación de elementos y electronegatividad -Aplicación del experimento, observaciones, resultados, conclusiones y comunicación de hallazgos	-Reporte de práctica. -Rúbrica -Diario	2 h

	Contenido central	Actividades	Instrumentos de evaluación	Tiempo estimado
Secuencia 4 3° parcial	Síntesis de sustancias y nomenclatura química	Sesión 1: -Repaso teórico del contenido central -Preparación para la práctica de la siguiente sesión (fenómeno, formulación de pregunta, formulación de hipótesis, diseño del experimento)	Cuestionario Reporte de práctica	2 h
		Sesión 2: -Práctica de laboratorio: reacciones químicas irreversibles y exotérmicas. -Aplicación del experimento, observaciones, resultados, conclusiones y comunicación de hallazgos	-Reporte de práctica. -Rúbrica -Diario	2 h
		Sesión 3: -Evaluación del progreso de las competencias seleccionadas	-Rúbrica -Diario de campo	2 h

Fuente: elaboración propia.

La tabla anterior muestra una perspectiva general del proceso de implementación de la propuesta, sin embargo, es necesario detallar los eventos planeados para cada secuencia de manera esquemática, de acuerdo con el modelo establecido por la SEP y con el enfoque de sesiones prácticas desde la perspectiva de investigación dirigida.

Es necesario considerar el nivel académico, saberes y habilidades previas del alumno antes de poner en marcha la secuencia lógica de investigación, ya que entre menores sean los referentes investigativos del estudiante, mayor será el apoyo que requerirá por parte del docente en el acompañamiento de las actividades de la secuencia.

Considerando lo anterior se ejemplifica el diseño de secuencias por investigación dirigida situado entre las categorías 3 y 5 según la clasificación de Bloom mostrada en los referentes teóricos, alterna las actividades de formulación de hipótesis y diseño de experimentos realizadas en conjunto con el estudiante considerando su contexto.

Tabla 16. Secuencia didáctica

Propuesta de secuencia didáctica para sesiones prácticas		
Etapa	Descripción	No. de sesión
Inicio	• Repaso teórico de los conceptos asociados	1 (1 a 2 horas)
	• Análisis del fenómeno químico	
	• Cuestionamientos de activación	
	• Formulación de preguntas investigables	
	• Formulación de hipótesis	
	• Diseño experimental y selección de variables	
Desarrollo	• Diseño de formatos de registro y observaciones	2 (1 a 2 horas)
	• Pruebas experimentales	
	• Preguntas docente-alumno, alumno-alumno, alumno-docente	
	• Llenado de registros y observaciones	
	• Comunicación documental de hallazgos (extra-clase)	
Cierre	• Evaluación de productos; registros y conclusiones (extra-clase)	3 (1 a 2 horas)
	• Comunicación oral de hallazgos	
	• Nuevas preguntas basadas en el experimento realizado	
	• Nuevo proceso de investigación abstracto	

Nota. Se muestran las etapas y actividades específicas a realizar durante las secuencias didácticas bajo el enfoque predeterminado. Fuente: elaboración propia.

Como es posible observar, las prácticas tradicionales se realizan generalmente en una sola sesión con experimentos que solo ejemplifican teoría y siguen una secuencia algorítmica que no demanda mayor esfuerzo por parte del alumno, quien solo corroborara aspectos teóricos de manera práctica. Esta propuesta parte de la observación de un fenómeno del cual derivarán otros procesos donde el estudiante habrá de poner en práctica habilidades de carácter científico como la formulación de preguntas e hipótesis, diseño de experimentos, selección y control de variables, análisis de resultados y comunicación de hallazgos, siendo esta última la competencia que habrá de ser evaluada y ponderada.

### 3.2.3. Rúbrica para evaluar la competencia: comunicación de hallazgos

En cuanto a la evaluación del producto que pretende valorar el progreso de la competencia; comunicación de hallazgos, se toman en cuenta los referentes mencionados en el apartado de competencias científicas, donde se mencionan aquellos atributos o aspectos relacionados con la habilidad del estudiante para emitir las conclusiones de una investigación. Con base en lo anterior, se diseñó una rúbrica donde se contemplaron cuatro criterios que permitirían evaluar la competencia



mencionada: el uso adecuado del lenguaje científico, el contraste entre preguntas de investigación-hipótesis-resultados y la observación de fenómenos inesperados.



## Capítulo 4

### Puesta en marcha y resultados de la intervención

La intervención se llevó a cabo en el Colegio de Bachilleres del Estado de Tamaulipas (Cobat), en el plantel 02 ubicado en el municipio de Matamoros, Tamaulipas, con un grupo de 45 alumnos del 1er semestre inscritos en la asignatura de Química 1, cuyo plan de estudios está disponible en la DGB y en el sitio web del Cobat. Del total de alumnos se seleccionaron 4 para ser evaluados mediante los instrumentos diseñados junto con las secuencias didácticas.

Es importante señalar que todo el proceso se llevó a cabo de manera virtual debido al confinamiento sanitario impuesto por el COVID-19, o SARS-CoV-2 durante la pandemia decretada en los inicios del 2020 (Gobierno de México, 2021). Por tal motivo fue necesario recurrir a plataformas digitales, específicamente las aplicaciones de Google Classroom, Drive y Meet, para implementar un aula virtual que permitiera crear una base de datos en la nube donde los trabajos se guardaban de manera automática para organizar y sistematizar la información subida por maestros y alumnos de acuerdo con los formatos y la metodología estipulada por la SEP. En este proceso la comunicación fue apoyada por videollamadas grupales (Google for Education, 2021).

#### 4.1. Secuencia didáctica 1: ¿Por qué diferentes sustancias no se mezclan?

*Tipo de práctica:* Nivel 1

*Competencia de la DGB:* CDBE5. El alumno contrasta los resultados de una investigación o experimento con hipótesis previas y comunica sus conclusiones.

*Competencia científica:* Comunicación de hallazgos

#### 4.1.1. Diario de campo

La secuencia de las observaciones, la evaluación cualitativa de la estrategia y los progresos de los estudiantes por secuencia y sesión se registraron en un diario de campo.

##### *Inicio (1 h)*

Mediante Google Meet se difundió una presentación electrónica para repasar algunos conceptos relacionados con la densidad, todos asociados con el fenómeno por analizar y la pregunta de investigación, en el entendido de que el proceso era relevante. Estos conceptos ya habían sido trabajados por el grupo atendido y el docente titular en sus sesiones regulares, por lo que solo se proporcionó una retroalimentación breve.

La información del fenómeno por estudiar fue respaldada por presentaciones electrónicas y algunas preguntas respondidas de manera oral para encaminar la activación de saberes previos.

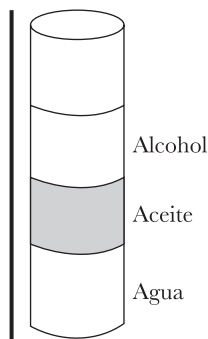
En un recipiente se colocaron 3 sustancias (agua, aceite y alcohol) de diferente densidad, por lo que permanecieron sin mezclarse. Las preguntas fueron:

*¿Por qué ocurre esto?*

*¿Qué sustancia presenta una mayor densidad?*

De este modo se pretendía inducir las respuestas de los estudiantes para iniciar el proceso de investigación científica mediante la observación. La mayoría respondió de acuerdo con lo esperado señalando que las sustancias no se mezclaban debido a su densidad.

Figura 1. Fenómeno de densidad estudiado



Nota. Gráfico mostrado al estudiante para introducir e ilustrar el concepto de densidad.  
Fuente: elaboración propia.

Llamó la atención el hecho de que los estudiantes comenzaron a utilizar conceptos como peso y volumen; ambos directamente relacionados con las sustancias al destacar que el agua era más densa que el aceite y el alcohol. Es importante señalar que el objetivo de la secuencia no consistía en responder una práctica, pues algunos alumnos ya conocían las respuestas, sino en proporcionar herramientas que les permitieran comunicar sus hallazgos mediante la escritura.

Teniendo en cuenta el grado de los estudiante (1° de bachillerato), el hecho de ser la primera sesión y los saberes previos del mismo, la complejidad de la sesión práctica fue de nivel 1, de acuerdo con la clasificación de Herron, citado en López y Tamayo (2012), donde el estudiante tiene que hallar la respuesta tras recibir la pregunta y el método. Las preguntas a responder de manera metódica fueron:

*¿Qué pasaría si vierto miel en el recipiente?*

*¿En qué sustancia (agua, aceite, alcohol o miel) quedarían distribuidos cada uno los siguientes objetos: ¿una moneda, una tapa de plástico y un pedazo de zanahoria?*

En esta primera sesión, las posibles respuestas o hipótesis se externaron de manera grupal de acuerdo con los aspectos ya mencionados y el diseño experimental producto de la participación oral y la guía del docente.

Así concluyó la primera sesión o inicio de la secuencia didáctica con un enfoque práctico, concertando que los estudiantes prepararían un espacio en sus hogares para experimentar contando de antemano con las sustancias y materiales requeridos.

Figura 2. Experimento 1



Nota. Experimento casero realizado por un alumno del grupo atendido.

Fuente: elaboración propia.

### *Desarrollo (1 h)*

El seis de octubre del 2020 se continuó con la secuencia para desarrollar el experimento diseñado en conjunto con los estudiantes. Esto inició con una retroalimentación de las preguntas de investigación, las hipótesis planteadas y el diseño experimental. Se corroboró que los estudiantes contaran con el espacio, las sustancias y los materiales necesarios para la sesión.

El docente proporcionó las instrucciones paso a paso buscando que todos estuvieran en sintonía con la modalidad en línea y las dificultades que implica una educación personalizada.

Ciertamente, en muchos apartados del referente teórico de este trabajo se menciona una crítica a las prácticas realizadas como si se atendieran recetas de cocina, pues de acuerdo con López y Tamayo (2012), el panorama de las prácticas de laboratorio presenta una metodología donde el estudiante sigue una simple serie de instrucciones donde solamente aprende cuestiones algorítmicas para arrojar una conclusión de los hechos. Durante el experimento se siguió una serie de pasos, pero es importante diferenciar que esos *pasos* fueron diseñados por los estudiantes, es decir, conocen los fundamentos del proyecto y tienen la oportunidad de involucrarse en el proyecto.

El docente preguntó de acuerdo con las predicciones del estudiante:

*¿Qué sucede?*

*¿Dónde se ubicó la miel?*

*¿Cuál sustancia presenta mayor densidad?*

Los alumnos respondieron empleando los conceptos trabajados hasta ese momento. Sin embargo, hubo situaciones donde, por ejemplo, el alcohol se posicionó en el mismo lugar que el aceite o donde cierto objeto no se colocó en la sustancia que se pensaba debía estar, por lo cual se dio la orden de anotar todo aquello que les llamara la atención.

La competencia implicó registrar las observaciones del experimento de carácter formativo y el seguimiento de un cuestionario guía como pauta para obtener el producto final consistente en la descripción de los hallazgos y la corroboración de las hipótesis. De estos productos, las observaciones y el cuestionario guía serían revisados de manera cualitativa, mientras que la conclusión se evaluaría de forma cuantitativa mediante las rúbricas previamente diseñadas. Dicho trabajo se realizaría en horario extra-clase, posteriormente se compartiría en la plataforma Google Classroom como tarea para ser evaluada y retroalimentada por el docente.

### Cierre (1 h)

Los estudiantes tuvieron los 3 días posteriores al experimento para preparar los productos solicitados, así como un día extra para su evaluación y retroalimentación, tras ello se agendó una última sesión de cierre con el objetivo de ejemplificar mediante dos trabajos (uno con desempeño autónomo y otro con desempeño insuficiente) las áreas de oportunidad a trabajar para sesiones futuras. También se dio oportunidad a los alumnos de exponer sus conclusiones de manera verbal mediante preguntas clave. Para este punto, los alumnos autónomos ya dominaban a la perfección los conceptos relacionados con el fenómeno y estaban más familiarizados con la metodología de trabajo en ciencias, al punto en que relacionaban sus resultados con las hipótesis planteadas. Para comparar las diferencias entre un estudiante autónomo con los demás niveles de desempeño se analizaron los trabajos de 4 estudiantes.

#### 4.1.2. Evaluación de productos

##### Alumno 1

Nivel de desempeño: 3

##### Observaciones y cuestionario guía

En la primera etapa que tenía por objetivo responder a la pregunta; *¿Qué pasaría si vierto miel en el recipiente?* El alumno 1 describe los sucesos ocurridos mediante el uso correcto de los conceptos de densidad, volumen y masa, añadiendo un intento por explicar el fenómeno a raíz del modelo de partículas con la frase *la forma de las partículas impide que se mezclen*; esto ilustra el nivel de desempeño del estudiante que en inicios de un curso básico ya trata de comprender el mundo natural a partir del nivel microscópico de la química (Caamaño y Oñorbe, 2015), al analizar la manera en que los modelos atómicos y moleculares interactúan en el espacio.

Es pertinente añadir que el alumno fue capaz de percibir un hecho inesperado con base en sus saberes previos, se esperaba que el alcohol al ser la sustancia de menor densidad se situara encima del aceite, sin embargo, el alumno menciona en la penúltima y última línea; *gran parte de este se mezcló con el agua, esto se debe a la presión con la que fue vertida*, demostrando no solo la capacidad para experimentar, sino también la necesidad de llevar un control y justificar sucesos que no formaban parte de sus hipótesis. Así, en esta primera etapa del experimento quedó pendiente explicar la relación entre sus hipótesis y resultados.

Observaciones realizadas por el alumno 1 con respecto a la primera etapa del experimento:

Al verter el aceite en el agua se posicionó sobre ella en lugar de mezclarse, esto se debe a que la forma de las partículas impide que se mezclen; al no poder mezclarse el líquido menos denso flota por encima del más denso. Cuando vertí

el alcohol se posicionó sobre el aceite (porque este ocupa una menor masa por volumen ocupado), pero una gran parte se mezcló con el agua, esto se debe a la presión con la que fue vertida. Después vertí la miel y se situó al fondo del recipiente, esto se debe a que tiene mayor cantidad de masa por volumen ocupado que el agua, aceite y el alcohol.

Para la segunda etapa del experimento, se intentó responder a la pregunta:

¿En qué sustancia (agua, aceite, alcohol o miel) quedarían distribuidos cada uno de los siguientes objetos: ¿una moneda, una tapa de plástico y un pedazo de zanahoria?

Para poder contrastar resultados con las posibles respuestas planteadas. El alumno 1 de nivel autónomo muestra nuevamente el dominio conceptual del fenómeno, además de añadir explicaciones complementarias, por ejemplo, en el primer párrafo menciona *los sólidos son generalmente más densos que los líquidos*; esto demuestra su capacidad de esclarecer acontecimientos alternos a partir de diferentes niveles del lenguaje químico haciendo uso de los modelos y leyes que conoce.

Más adelante el estudiante demuestra su dominio de los conceptos asociados con los fenómenos observados al comparar las densidades de las sustancias y materiales añadidas. Manifiesta el control que posee sobre el experimento mismo al señalar que la tapa flota en el aceite, pero no en el alcohol debido a su densidad y a *que no se aplicó fuerza externa*, dando a entender que el hecho de aplicar una fuerza mayor hubiera traído consigo resultados diferentes.

Observaciones realizadas por el alumno 1 con respecto a la segunda etapa del experimento:

Al colocar la moneda en el recipiente se hundió hasta el fondo, esto se debe a que posee una densidad mayor que todas las sustancias del recipiente. Esto era esperado, pues los sólidos son, en general, más densos que los líquidos.

Después, coloqué la zanahoria en el recipiente y quedó ubicada sobre la miel, esto significa que la zanahoria es más densa que el alcohol, el aceite y agua pero menos densa que la miel.

En el momento de colocar la tapa con la boquilla hacia arriba se quedó flotando en el aceite, esto se debe al peso y densidad de la tapa y a que no se aplicó ninguna fuerza extra. Pero también se observó que la tapa tiene un mayor peso en cuestión del alcohol, porque no flota sobre él.

Hasta este punto, el alumno demostraba un dominio sobresaliente sobre los conceptos, el control experimental y las explicaciones proporcionadas, sin embargo, aún no contrastaba sus hallazgos con las hipótesis previas, lo cual era necesario para poder demostrar un desempeño autónomo en la competencia científica evaluada.



Por tal motivo y como parte de la estrategia recibió la instrucción de completar un cuestionario como guía para la comunicación final de sus conclusiones.

El cuestionario de esta secuencia consistió en dos preguntas a manera de resumen y reflexión, en la primera el alumno corrobora su dominio respecto a los conceptos del fenómeno estudiado; densidad, volumen y masa, al expresar que aunque las sustancias posean el mismo volumen su peso no es necesariamente el mismo. En el segundo cuestionamiento se pretendía poner en manifiesto el avance en el desarrollo del pensamiento formal del estudiante (Eugene, Kenneth, Maureen y Miles, 1992), al analizar su capacidad de explicar fenómenos sin la necesidad de observarlos, para responder la pregunta haciendo uso de sus saberes, señalando que al añadir sal al agua incrementaría su masa y volumen, aumentando así su densidad al incrementarse también la cantidad de partículas presentes (oxígeno, hidrógeno, cloro y sodio), haciendo uso del nivel simbólico y conceptual de la química.

Respuestas anotadas en el cuestionario guía:

1. *¿Qué sustancia tiene mayor cantidad de masa por volumen ocupado? ¿Por qué?*

Con base en las observaciones podemos ver que las sustancias están ordenadas de mayor a menor densidad. Primero la miel, después el agua, luego el aceite y por último el alcohol. La miel es la sustancia con mayor densidad porque acumula más masa en un volumen determinado, mientras que el agua, el aceite y el alcohol acumulan menos masa, con respecto a la miel, en el mismo volumen.

2. *¿Si mezclo sal en el agua, se hará más o menos densa? ¿Por qué?*

Más densa, al mezclar el agua con la sal aumenta la masa y el volumen y dado que  $D=m/v$ , por ende también aumenta la densidad. Esto se debe a que cuando se vierte la sal en el agua y se mezcla, los compuestos se unen fuertemente aumentando la cantidad de masa por un volumen ocupado, porque ahora no solo tienes hidrógeno y oxígeno, ahora tienes más partículas: hidrógeno, oxígeno, sodio y cloro.

### Comunicación de hallazgos

Esta etapa se presentó por escrito y fue evaluada mediante una rúbrica.

Conclusiones del alumno 1:

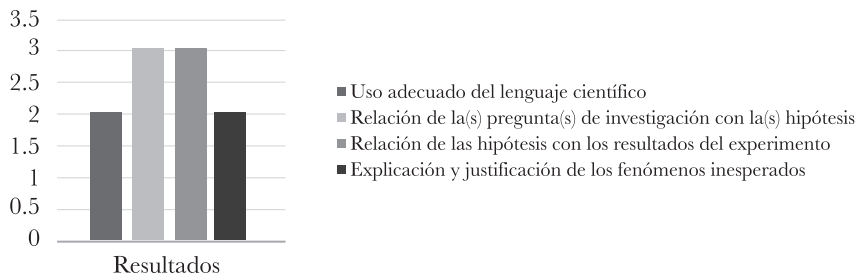
De acuerdo con las observaciones realizadas en el experimento podemos ver que las sustancias quedaron ordenadas de mayor a menor densidad. Primero la miel, después el agua, luego el aceite y por último el alcohol. La primera hipótesis no se cumplió, pues decía que la miel quedaría ubicada entre el agua y el aceite, pero la miel quedó situada en el fondo del recipiente por debajo del agua. Esto se debe a que tiene una mayor cantidad de masa por volumen ocupado (densidad) que el aceite y el agua.

Como segunda hipótesis se decía que la moneda y el pedazo de zanahoria se irían al fondo y que la tapa de plástico flotaría en el alcohol. Esta no se cumplió completamente, ya que la zanahoria quedó situada sobre la miel, esto sucedió porque la zanahoria es más densa que el alcohol, el aceite y el agua, pero tiene una menor densidad que la miel. Cuando se colocó la tapa de plástico en el recipiente quedó flotando sobre el aceite y no sobre el alcohol como se especulaba, esto se debe al peso y densidad de la tapa. En cambio, la moneda sí se fue al fondo, esto sucedió porque tiene una densidad mayor que todas las sustancias del recipiente y aleja a las partículas de las sustancias, pues se abre espacio.

Como conclusión, un líquido menos denso flotará por encima de uno más denso, porque tiene una menor cantidad de masa por volumen ocupado.

En la siguiente figura se presentan los indicadores diseñados en la rúbrica que pretende evaluar la competencia científica (comunicación de hallazgos). El alumno 1 obtuvo un desempeño de nivel 4 en cada aspecto, el primero de ellos evaluaba el uso del lenguaje científico. Al observar su trabajo es posible apreciar cómo utiliza correctamente conceptos relacionados con el fenómeno estudiado (densidad, masa y volumen). El siguiente indicador muestra cómo relaciona todo el proceso dentro de un solo trabajo y no como elementos o tareas aisladas, ya que es capaz de mencionar la relación existente entre las preguntas de investigación planteadas y las hipótesis surgidas de ellas. El tercer indicador es similar al anterior, ya que compara las 2 hipótesis previas con los resultados del experimento, al mencionar que el primer supuesto resultó erróneo, pues la miel no se ubicó del todo entre el agua y el aceite; mientras que la segunda predicción cumplió parcialmente, pues la moneda se fue al fondo, pero el pedazo de zanahoria flotó en la miel. Un último indicador evaluó la capacidad del alumno para observar fenómenos que no ocurrieron de acuerdo con lo planeado, hecho que se cumple en la cuarta, quinta y sexta línea del segundo párrafo, donde el alumno señala que la tapa de plástico flotó en el aceite y no en el alcohol como se especulaba.

Figura 3. Resultados del alumno 1 (secuencia 1)



Fuente: elaboración propia.

## Alumno 2

Nivel de desempeño: 3

### Observaciones y cuestionario guía

La respuesta experimental a la pregunta *¿qué pasaría si vierto miel en el recipiente?* El alumno 2, cuyo desempeño fue de nivel 3, demostró cierto dominio del lenguaje relacionado con el marco conceptual perteneciente al fenómeno planteado al utilizar el concepto de densidad, pero omitiendo descripciones que implicaran volumen y masa. Hasta este punto no menciona las hipótesis planteadas.

Observaciones realizadas por el alumno 2 con respecto a la primera etapa del experimento:

Al echar las sustancias en el recipiente se empezaron a distribuir de mayor a menor densidad. Como la miel de maple tiene densidad se posicionó en la parte del fondo del recipiente; arriba de la miel de maple se ubicaron el agua y el alcohol y en la superficie del recipiente se posicionó el aceite ya que tiene menor densidad.

En la segunda pregunta de investigación *¿en qué sustancias quedarían distribuidas una moneda, un pedazo de zanahoria y una tapa de plástico?* El alumno demuestra un nivel cognitivo de comprensión al referir la razón principal que explica el fenómeno observado, sin embargo, excluye ahora los conceptos de densidad y volumen, cuestión que diferencia hasta este punto su trabajo en comparación con el alumno 1, quién sí se auxilió con los conceptos comprendidos hasta ese momento. Ninguno de los dos estudiantes habla de la relación de las preguntas de investigación con las hipótesis y resultados.

Observaciones realizadas por el alumno 2 con respecto a la segunda etapa del experimento:

Las sustancias se distribuyeron dependiendo de la masa del objeto.

La moneda por tener más masa quedó hasta el fondo del recipiente en la miel de maple. El pedazo de zanahoria por tener una cantidad de masa regular quedó entre el agua y el alcohol. La tapa de plástico por tener menos masa quedó en la superficie flotando en el aceite.

El alumno demuestra la misma tendencia a limitarse en sus explicaciones, proporcionando nuevamente una respuesta concreta al usar algunos conceptos, pero omitiendo otros. Al igual que el estudiante anterior, en este caso no se presentan aún las relaciones entre las hipótesis y resultados.

Respuestas dadas por el alumno 2 en el cuestionario guía:

1. *¿Qué sustancia tiene mayor cantidad de masa por volumen ocupado? ¿Por qué?*

R: La miel de maple ya que es una sustancia que es un poco sólida y más pesada que las otras sustancias

2. *¿Si mezclo sal en el agua, esta se hará más o menos densa? ¿Por qué?*

R: Cuando mezclas agua con sal esta se hace más densa ya que se descompone en iones que luego son atraídos por las moléculas de agua y esto hace que se unan fuertemente, aumentando la cantidad de materia por volumen.

### Comunicación de hallazgos

Conclusiones del alumno 2 respecto a la primera secuencia:

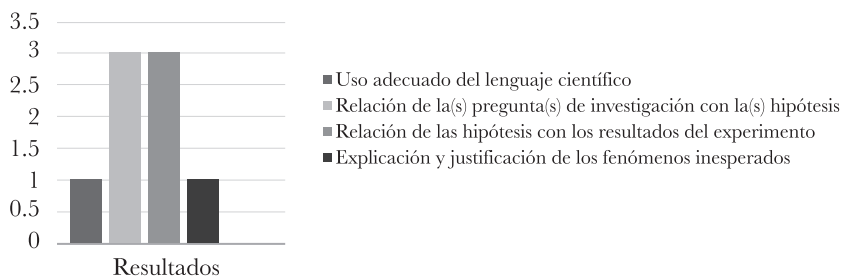
La primera hipótesis decía que la miel de maple quedaría ubicada entre el agua y el aceite. Al hacer el experimento descubrimos que estaba incorrecta ya que la miel de maple tenía más densidad y se quedó en el fondo del recipiente.

La segunda hipótesis decía que la moneda se iría al fondo, la tapa de plástico flotaría en el alcohol y el pedazo de zanahoria se iría al fondo. Al hacer el experimento descubrimos que la hipótesis tenía algunas partes correctas y otras incorrectas; la moneda sí se fue al fondo del recipiente y la tapa de plástico quedó en la superficie del aceite; mientras que el pedazo de zanahoria se quedó en la mitad del recipiente entre el agua y el alcohol. La parte incorrecta de la hipótesis fue en qué sustancia quedaba cada objeto, ya que haciendo el experimento una sustancia tenía más o menos densidad y quedaba en diferente orden de cómo las habíamos planteado.

El siguiente gráfico muestra los resultados del segundo alumno evaluado con un nivel 3 de desempeño, al promediar los criterios en torno a su capacidad para comunicar hallazgos. En el primer indicador el alumno omitió conceptos como volumen y masa en sus conclusiones, pero usó de manera correcta la densidad. Dicha área de oportunidad venía demostrándose desde sus primeros registros, esto proporciona información elemental para una correcta retroalimentación. En cuanto al segundo y tercer indicador, el estudiante cumple con el nivel esperado, relacionando las preguntas e hipótesis planteadas con los resultados, caso similar al del estudiante 1 que también reservó dicho comentario hasta el producto final, aspectos que elevaron su desempeño al nivel 3. El último criterio pretende valorar la capacidad del estudiante de ir más allá de los resultados observables contemplando aspectos como errores en el experimento, materiales poco indicados o falta de técnica a la hora de proceder. En este aspecto, el alumno se limitó a demostrar asombro en un resultado y su relación con una de las hipótesis al comentar *la parte incorrecta de la*

*hipótesis fue en qué sustancia quedaba cada objeto, ya que haciendo el experimento una sustancia tenía más o menos densidad y quedaron en diferente orden de como las habíamos planteado.*

Figura 4. Resultados del alumno 2 (secuencia 1)



Fuente: elaboración propia.

### Alumno 3

Nivel de desempeño: 2

Observaciones y cuestionario guía

El alumno inicia el proceso de experimentación siguiendo el protocolo planteado de manera grupal en torno a las preguntas de investigación y a las hipótesis planteadas. En el caso de la primera pregunta: *¿Qué pasaría si vierto miel en el recipiente?* El estudiante externó respuestas limitadas en comparación con sus compañeros, pues solo describió con un lenguaje cotidiano los fenómenos ocurridos sin utilizar los conceptos relacionados con el fenómeno estudiado, demostrando quizás áreas de oportunidad con el cambio en sus preconcepciones sobre un determinado problema y las ideas asociadas, recordando que este es un ideal de la enseñanza de las ciencias desde la perspectiva del cambio conceptual, donde una nueva concepción será aceptada siempre y cuando se cumplan las condiciones de insatisfacción, claridad del concepto y su relación con otras disciplinas (Franke y Bogner, 2011).

Observaciones realizadas por el alumno 3 con respecto a la primera etapa del experimento:

Primero se vertieron las sustancias y la miel se fue al fondo del recipiente haciendo que las demás sustancias se elevaran.

Para el segundo estudio que pretendía dar respuesta a la segunda pregunta de investigación y corroborar sus respectivas hipótesis, el estudiante mejora un poco la cuestión de los conceptos al señalar que *la moneda se fue al fondo del recipiente por ser la de mayor masa* proporcionando evidencia de un cierto dominio del marco teórico derivado de la investigación, pero evadiendo palabras como densidad y volumen.

Por lo demás, el estudiante describe de manera correcta los eventos suscitados, pero prevalece el mismo problema de la cuestión conceptual. Una posible respuesta a este resultado (basado en las observaciones de este diario de campo) podría ser el tiempo de entrega de la tarea, en adición a las múltiples responsabilidades del estudiante (considerando que no era la única tarea para ellos), así como las dificultades del entorno virtual y a distancia, derivaron en trabajos limitados como el presente, estos criterios pudieran ser considerados para futuros trabajos.

Observaciones realizadas por el alumno 3 con respecto a la segunda etapa del experimento:

La moneda se fue al fondo del recipiente por ser la de mayor masa, el pedazo de zanahoria se quedó arriba de la miel y la tapa de plástico se quedó arriba del aceite.

En la estrategia para la consolidación de aprendizajes y diseño previo de las conclusiones, el alumno 3 muestra una mejoría notoria en la utilización de conceptos y razonamiento de ideas abstractas al utilizar correctamente el término *peso* en la primera pregunta respecto a las causalidades del fenómeno. En cuestión de las ideas abstractas, la segunda pregunta desafía al estudiante al colocarlo en una segunda e hipotética situación, pero fundamentada en los temas de la sesión. En este sentido, el alumno proporciona una respuesta que demuestra cierto dominio de los niveles macro y microscópico de la química (Izquierdo, 2004), al aplicar adecuadamente términos como iones, moléculas, atracción, materia y volumen en su explicación.

Respuestas dadas por el alumno 3 en el cuestionario guía:

1. *¿Qué sustancia tiene mayor cantidad de masa por volumen ocupado? ¿Por qué?*

La miel por ser más pesada.

2. *¿Si mezclo sal en el agua, esta se hará más o menos densa? ¿Por qué?*

Más densa porque el agua se descompone en iones y luego se sienten atraídos por moléculas de agua y se unen fuertemente aumentando la cantidad de materia por volumen.

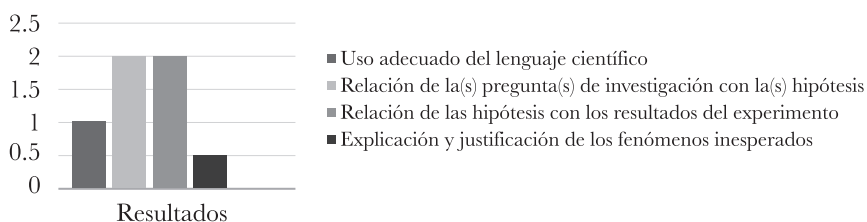
### Comunicación de hallazgos

Conclusiones del alumno 3:

En la primera hipótesis nos equivocamos, porque al mezclar las sustancias la miel se fue al fondo del recipiente, en la segunda hipótesis acertamos en la primera opción, porque la moneda se fue al fondo, en la segunda opción fue errónea, porque la tapa de plástico flotó en el aceite y la tercera opción fue equivocada, porque el pedazo de zanahoria quedó en el agua.

El producto final y único con un determinado peso ponderal es el que engloba las limitaciones que hacen este trabajo acreedor a una calificación baja. El análisis mixto de los resultados revela el posible hecho de mejorar en las competencias asociadas con la organización de tiempo y tareas (Tobón 2005), al tratarse de elementos que aunque no son evaluados de manera directa por este trabajo, cualitativamente son considerados como una condicionante del desempeño de los estudiantes en la tarea. El alumno 3 que había realizado un producto aceptable en el apartado anterior, no tuvo el desempeño que se esperaría en la emisión de sus conclusiones. Por ejemplo, en el criterio No. 1, el estudiante obtuvo 1 punto de 2 posibles al utilizar muy pocos conceptos en comparación con el cuestionario guía y otros estudiantes con mejores desempeños. En relación con los indicadores 2 y 3 asociados con investigación, hipótesis y resultados, el alumno se muestra consciente de los hechos ocurridos y el propósito de la secuencia al describir los hechos del experimento asociados con las preguntas y posibles respuestas planteadas, sin embargo, no justifica de manera científica los resultados y su relación con el proceso de investigación. En el último criterio dedicado a evaluar la capacidad de percibir y explicar situaciones inesperadas al experimentar y manipular, el estudiante responde de manera llamativa al señalar que ciertas hipótesis fueron incorrectas, pero no justifica o explica con sustento teórico dichos hallazgos.

Figura 5. Resultados del alumno 3 (secuencia 1)



Fuente: elaboración propia.

#### Alumno 4

Nivel de desempeño: 2

Observaciones y cuestionario guía

El alumno 4 obtuvo un desempeño similar al anterior; al menos en el punto de vista cuantitativo, sin embargo, el hecho de que la comunicación de sus hallazgos tenga una ponderación similar no significa necesariamente que tengan las mismas áreas a mejorar. Esta cuestión se pretende analizar mediante la descripción cualitativa de sus productos.

En el caso de las observaciones del experimento, en el primer apartado correspondiente a la primera prueba realizada para dar respuesta la pregunta de investigación: *¿Qué pasaría si vierto miel en el recipiente?* el estudiante muestra un gran empeño por comunicar todos los hechos que le causaron curiosidad, cuidando a su vez no perder de vista el propósito principal que es corroborar la hipótesis. Con la frase *después de verter el alcohol, noté algo raro, no sé si se deba al alcohol que yo usé, pero no se separó del agua y se mezcló con ella* demuestra que la secuencia, aunque está centrada en evaluar la capacidad de comunicar hallazgos, también desarrolla y fortalece en el estudiante otras competencias científicas (Sánchez y Gómez, 2013). En este caso inicia la creación de patrones de observación (primer paso del método científico) útil tanto para el alumno como para el docente, ya que esa simple observación puede servir como punto de partida para futuras secuencias, en el entendido de que la posible respuesta sea que el alcohol sí es soluble en agua, pero por un error en la fuerza con la que fue introducida, atravesó la barrera del aceite y se descompuso en iones al entrar en contacto con el agua formando una solución de alcohol en agua. El docente sabe que las respuestas son el camino donde debe iniciar un proceso de investigación y de aprendizaje por descubrimiento privilegiando no solo el contenido sino también el método (Honomichl y Chen, 2012).

Regresando al enfoque central de la secuencia, el alumno hace buen uso del concepto de densidad y añade el de viscosidad, que aunque no es empleado del todo bien, demuestra el esfuerzo por intentar compartir sus observaciones de manera escrita.

Observaciones realizadas por el alumno 4 con respecto a la primera etapa del experimento:

Lo que se pudo observar fue que al verter el aceite después del agua no se logró mezclar con el agua, el aceite se fue hacia arriba y el agua quedó en la parte inferior del recipiente, después al añadir el alcohol, noté algo raro, no sé si se deba al alcohol que usé, pero se mezcló con el agua. El conjunto de agua y alcohol se volvió muy opaco. El alcohol, al igual que el agua, no se mezcló con el aceite, solo con el agua. Al verter la miel de maple lo que se pudo ver fue cómo caía lentamente hasta el fondo, pues debido a que es más densa y viscosa que las demás sustancias, no se mezcló, solo fue hacia el fondo y desplazó los demás líquidos hacia arriba.

Para la siguiente etapa que pretendía responder a la pregunta *¿En qué sustancia quedarían distribuidos los siguientes objetos?: una moneda, una tapa de plástico y un pedazo de zanahoria*, este alumno al igual que el anterior describe la secuencia de los eventos, pero no señala la relación existente entre las preguntas de investigación y los resultados del experimento. Algo que llama la atención es que el estudiante reconoce



el fenómeno ocurrido en la etapa anterior, al señalar que existe una mezcla entre el alcohol y el agua, infiriendo que tiene una preconcepción de una mezcla y de la ley de conservación de la materia, al señalar que el alcohol no desapareció, sino que forma parte de una sustancia nueva (Soto, 1998).

Observaciones realizadas por el alumno 4 con respecto a la segunda etapa del experimento:

El orden en que quedaron distribuidos los materiales fueron los siguientes: Primeramente coloqué la moneda, y quedó hasta el fondo del recipiente junto con la miel. Después se colocó el trozo de zanahoria y quedó en la mezcla de agua y alcohol, totalmente al ras de la miel. Por último se colocó la tapa de plástico que quedó flotando sobre el aceite y hasta permitir recogerla sin tener que sumergir la mano en las mezclas.

En el caso del cuestionario guía el estudiante emplea bien el concepto de densidad y la relación que tiene con el peso y el volumen, añadiendo que el envase que contenía la miel (posiblemente vidrio) era aún más denso. En la segunda pregunta explica correctamente que al añadir sal al agua la sustancia resultante será más densa, sin embargo, comete un error al mencionar que el volumen no aumentará, esta situación, en un entorno de enseñanza de las ciencias tradicionalista, sería vista como una desventaja y la situación se resolvería al corregir la respuesta del estudiante, limitando su capacidad de razonar e iniciar un nuevo proceso de investigación. En el caso del enfoque propuesto cuyo fundamento se centra en la construcción activa del conocimiento y el aprender a aprender (Moya, Chaves y Castillo, 2003), se genera un nuevo fenómeno al surgir nuevas incógnitas e hipótesis por resolver y probar, pudiendo aprovechar el error para preguntar: *¿Si vierto sal en un vaso de agua, aumentará su volumen?* Esto generará hipótesis, la necesidad de diseñar un experimento, repitiendo de esta manera el ciclo.

Respuestas dadas por el alumno 4 en el cuestionario guía:

1. *¿Qué sustancia tiene mayor cantidad de masa por volumen ocupado? ¿Por qué?*

La miel, pues se observó cómo quedó hasta el fondo del recipiente. El envase que contenía la miel era el más pesado de todos, claro, tenemos que tomar en cuenta el material de los envases de las demás sustancias, sin embargo, el envase de la miel era mucho más pesado de lo que se podría esperar

2. *¿Si mezclo sal en el agua, esta se hará más o menos densa? ¿Por qué?*

Debido a que, si nosotros agregamos sal, aunque su volumen no aumentará, si lo hará su densidad, esto es debido a que el agua tiene la capacidad de disolver la sal, y esto en consecuencia crea más masa en un espacio donde no afecta el volumen.

### *Comunicación de hallazgos*

Se mencionó al inicio del análisis de este alumno, que a pesar de obtener un puntaje igual al anterior, sus trabajos distaban en gran manera de ser iguales, mientras uno proporciona tanto observaciones como conclusiones limitadas, el otro demuestra interés, curiosidad y afán por comunicar todo aquello que le parece interesante.

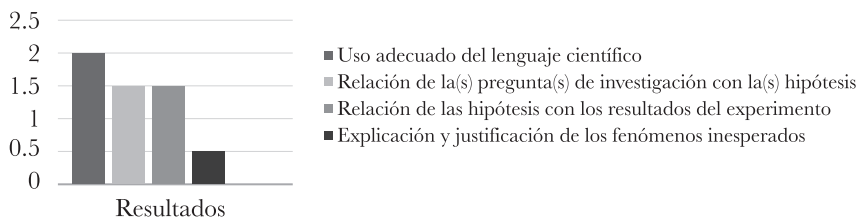
#### Comunicación de hallazgos del alumno 4:

De este experimento se puede deducir qué tan densos son algunos materiales y sustancias, Por ejemplo gracias a esto podemos saber que la miel es más densa que el agua, o que el agua es más densa que el aceite, y esto explica también por qué hay algunos líquidos que no se pueden mezclar entre sí por más que se revuelvan, esto explica igual, por qué algunas partes del océano no se mezclan, y parecen divididas por una tensión superficial debido a que un mar puede tener más sal y ser más denso que el otro.

En cuanto a los indicadores que evalúan la comunicación de hallazgos, el indicador 1 demuestra un buen empleo de los conceptos asociados, siendo quizás este uno de los mayores efectos producidos en el estudiante. Lo que afecta su calificación son los últimos 3 indicadores, ya que el alumno en ningún momento relaciona las preguntas e hipótesis planteadas con los resultados, aunque hable de otros fenómenos donde se aplican los conceptos de densidad, masa y volumen (que también pueden aprovecharse a favor del aprendizaje), estos no tienen relación directa con el eje central del trabajo.

El cuestionamiento o área de oportunidad en este caso no va dirigida tanto al estudiante, sino quizás al desempeño del docente, ya que el alumno generó observaciones y registros muy buenos, pero a la hora de integrar todos sus hallazgos no fue capaz de hacerlo. Lo anterior podría mejorarse en un futuro si se presta atención a las instrucciones dadas al estudiante, quien quizás no comprendió completamente el propósito del instrumento de evaluación compartido o no estuvo al tanto del producto que sería evaluado. Un trabajo como este afecta también la evaluación del estudiante dentro de un entorno de procesos académicos, incluso deberían también considerarse aspectos cualitativos (las observaciones en este caso) a la hora de emitir un juicio y ponderarlo.

Figura 6. Resultados del alumno 4 (secuencia 1)



Fuente: elaboración propia.

## 4.2. Secuencia didáctica 2: ¿Por qué se infla el globo?

*Tipo de práctica:* Nivel 2

*Competencia de la DGB:* CDBE5. Contrasta los resultados de una investigación o experimento con hipótesis previas y comunica sus conclusiones.

*Competencia científica:* Comunicación de hallazgos.

### 4.2.1. Diario de campo

El diario de campo es el instrumento seleccionado para detallar aquellos aspectos relevantes de la puesta en marcha de la intervención o aplicación de la propuesta y poder hacer visibles los elementos del diseño de las secuencias didácticas para sesiones prácticas en química.

#### *Inicio (1 h)*

Al presentar un mismo diseño, es evidente que su implementación presenta grandes similitudes con relación a la secuencia anterior; sin embargo, algo que se aprende en la labor docente es el hecho de que ninguna clase o sesión tiene los mismos resultados o acontecimientos.

La secuencia inicia repasando algunos conceptos asociados con el fenómeno *observar*, mismos que ya habían sido trabajados por el grupo y la docente titular, en este caso estuvieron relacionados con las reacciones químicas y la ley de la conservación de la materia. Términos como reactivos, productos, ecuación química, nomenclatura de compuestos (ácido acético, ácido cítrico, carbonato de calcio, carbonato de sodio) y superficie de contacto, todos necesarios para comprender de mejor manera el fenómeno a analizar, partiendo de la idea que señala que un aprendizaje significativo parte de los saberes previos del estudiante (Jiménez y Oliva, 2016).

Así se procedió a presentar el fenómeno del cual partiría todo el proceso de investigación y generación de habilidades y conocimientos posteriores, en este

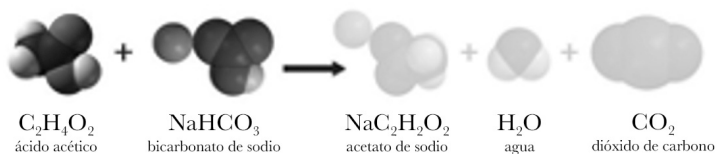
caso consistía en un experimento conocido por muchos, pero ignorado también por la mayoría. Se colocó un globo en la boquilla de una botella que comienza a inflarse al añadir bicarbonato de sodio casero al vinagre produciendo efervescencia, mencionando que esto puede lograrse también con cascara de huevo (bicarbonato de calcio) y jugo de naranja o limón (ácido cítrico). Hecho que como fue mencionado, muchos conocían, pero la mitad del grupo aproximadamente ignoraba haberlo siquiera visto en algún momento de su vida o formación académica.

Posteriormente se inició la activación de saberes previos, para ello el docente se apoyó de dos cuestionamientos; *¿Por qué se infló el globo?* *¿Qué sustancias son los reactivos y cuáles los productos?* En el primero respondieron lo esperado, *se producía gas y eso ocasionaba que el globo se inflase* lo que dio pauta para explicar que el gas producido era bióxido de carbono, un gas bastante común en la naturaleza. En cuanto al siguiente cuestionamiento, la mayoría respondió de manera correcta, señalando que el bicarbonato y el ácido eran los reactivos que producían acetato de sodio, agua y el compuesto que interesaba; bióxido de carbono. Esto permitió consolidar a través de un ejemplo la ley de la conservación de la materia y los conceptos de reacción y ecuación química, así como los nombres comunes y científicos de los compuestos de gran importancia para la correcta comunicación de hallazgos.

Figura 7. Esquema



En una botella se vertió ácido acético y en un globo bicarbonato de sodio, posteriormente se vació el contenido del globo y de manera instantánea comenzó una reacción que provocó efervescencia y el globo comenzó a inflarse hasta un determinado punto. La ecuación química que representa la reacción ocurrida es la siguiente:



Nota. Esquema mostrado al alumno sobre el fenómeno de reacción química estudiado.

Fuente: elaboración propia.

Para esta secuencia didáctica, se pretendió elevar la complejidad del proceso experimental, diseñando la secuencia mediante una práctica de nivel 2, donde se da la pregunta y el estudiante tiene que encontrar un método y una respuesta (López y

Tamayo, 2012). De este modo, se proporcionó la siguiente pregunta de investigación respecto al fenómeno observado: *¿Qué combinación de reactivos inflará más y en menor cantidad de tiempo el globo tomando en cuenta la superficie de contacto? vinagre-bicarbonato de sodio, jugo de limón-bicarbonato de sodio, vinagre-bicarbonato de calcio o jugo de limón-bicarbonato de calcio.* Esto fue presentado gráficamente para su mayor comprensión, apoyando de esta manera el diseño del experimento que sería completado por el estudiante. En contraparte con la secuencia anterior, el estudiante fue quien dio las hipótesis, seleccionando por votación que la combinación entre el ácido acético y el bicarbonato de sodio producirá más CO<sub>2</sub>, en menor tiempo.

Para el diseño del experimento, el docente apoyó con una gráfica el protocolo a seguir para poner a prueba las respectivas hipótesis. Es importante señalar que cuando un experimento incluye cantidades este se vuelve más complejo, ya que en química la cantidad de sustancia es uno de los factores que condicionan el resultado, por lo cual, si se quiere llevar un buen control experimental, los estudiantes deben aprender a manejar cantidades como variables de un experimento. Al encontrarnos en un entorno a distancia se sustituyeron las balanzas granatarias con cucharadas para medir cantidades en vez de vasos de precipitado, etcétera.

El estudiante complementó el protocolo con las etapas a seguir para responder a la pregunta de investigación y probar cada una de las combinaciones, finalizando con los materiales necesarios para llevar a cabo el experimento en la siguiente sesión.

Figura 8. Fragmento del experimento

	Combinaciones	
	Reactivo 1	Reactivo 2
Combinación 1	Ácido acético (vinagre)	Bicarbonato de sodio
Combinación 2	Ácido acético	Bicarbonato de calcio y magnesio (cáscara de huevo)
Combinación 3	Ácido cítrico	Bicarbonato de sodio
Combinación 4	Ácido cítrico	Bicarbonato de calcio y magnesio

Nota. Fragmento del diseño experimental; combinaciones a probar.  
Fuente: elaboración propia.

### *Desarrollo (1 h)*

Para la segunda sesión de la secuencia se llevaría a cabo el protocolo experimental diseñado en la sesión anterior. De igual manera se tomó un espacio para recapitular los elementos relevantes como el fenómeno observado, los conceptos asociados, la pregunta de investigación planteada, las hipótesis emitidas y el diseño experimental

realizado en grupo, efectuando ejercicios de pregunta y respuesta docente-alumno y retroalimentación alumno-alumno.

Al incluir cantidades, este experimento poseía un nivel de complejidad mayor, añadiendo a esto las dificultades del entorno a distancia, por lo que fue necesario supervisar con minuciosidad a cada estudiante en colaboración con la docente titular, pretendiendo que todos los alumnos estuvieran activos y motivados durante toda la sesión. Así mismo, es importante recordar que se debe diferenciar un experimento de una sesión práctica o de indagación, siendo el primero una parte fundamental y constituyente de la segunda (Valverde, Jiménez y Viza, 2006).

Considerando lo anterior, se realizó el experimento de manera conjunta, siendo cada combinación a probar un paso del modelo en conjunto, realizando las pruebas pertinentes de acuerdo a lo establecido, siguiendo el esquema del globo en la botella y mezclando en este sentido; vinagre con bicarbonato y cascara de huevo, repitiendo los últimos, pero sustituyendo con jugo de limón o naranja al vinagre. En todo momento y en cada acción realizada se hicieron cuestionamientos como:

*¿Por qué se produce efervescencia?*

*¿Qué sustancias reaccionan?*

*¿Qué sustancias nuevas se forman*

*¿Qué sustancia infla el globo?*

*¿Cuál combinación lo inflará más?*

Permitiendo a los estudiantes recordar y practicar los términos asociados con el fenómeno y principalmente estar conscientes de lo que realizaban y por qué lo hacían. Al igual que en la secuencia anterior, existieron situaciones donde algunos estudiantes presentaron dificultades procedimentales, generando en ellos una sensación de frustración y ansiedad como si se tratara de una clase presencial, con la diferencia de que en la distancia es complicado estar pendiente de cada uno de los alumnos y proporcionar una instrucción personalizada. Una forma en la que se intentó aprovechar este ambiente, fue invitar al estudiante a documentar los errores presentados y a justificar de algún modo el porqué de dichos resultados; así el docente guía al estudiante hacia resultados conocidos por el primero y desconocidos por este último, aunque el alumno no llegue a las conclusiones deseadas lo importante es que aprenda a contrastar sus hipótesis con sus resultados, para justificar cualquier fenómeno inesperado haciendo uso del lenguaje científico, mientras desarrolla y aumenta otras competencias de carácter científico como la observación y el control experimental.

Figura 9. Experimento 2



Nota. Experimento casero realizado por el grupo atendido.

Fuente: elaboración propia

Durante todo el proceso, los estudiantes tomaron fotografías que les permitirían documentar y enriquecer sus observaciones y conclusiones. Al finalizar la sesión, el docente proporcionó instrucciones acerca de los criterios solicitados para una comunicación sobresaliente de los hallazgos por desarrollar en horario extra-clase, para ser evaluados mediante Google Classroom, permitiendo proporcionar una retroalimentación personalizada por estudiante, antes de la sesión de cierre de la secuencia.

#### *Cierre (1 h)*

Los productos solicitados se evaluaron permitiendo realizar nuevamente el experimento y la documentación de hallazgos a aquellos estudiantes que lo considerasen necesario debido a las dificultades operativas e instrumentales presentadas, esto con el propósito de mantener a todo el grupo motivado.

La última sesión de esta segunda secuencia tuvo de igual escuchar las conclusiones de los estudiantes, al responder la pregunta de investigación clave y contrastarla con las hipótesis y resultados correspondientes. De igual manera se realizaron cuestionamientos que permitían al estudiante reflexionar sobre posibles futuras preguntas cómo: *¿Qué otras reacciones producen también bióxido de carbono?*, iniciando nuevos procesos de investigación, generación de conocimiento y desarrollo de habilidades científicas, apoyando a la mejora del pensamiento formal del estudiante (Carretero, 1979).

Al igual que en la secuencia anterior, se utilizaron 2 trabajos, uno con nivel de desempeño alto y otro bajo, con el objetivo de ejemplificar aquellas áreas de oportunidad a considerar y los aspectos de mayor valor para efectos del aprendizaje.

## 4.2.2. Evaluación de productos

### Alumno 1

Nivel de desempeño: 4

#### Observaciones y cuestionario guía

Como se explicó, el experimento diseñado con base en la pregunta de investigación planteada consistía en poner a prueba cuatro combinaciones de sustancias y ver cuál de ellas produciría más bióxido de carbono, por lo que los alumnos llevaron a cabo el protocolo en cuatro etapas correspondientes.

El alumno 1 obtuvo el desempeño más alto nuevamente, apreciable desde el primer paso del experimento, ya que sus observaciones denotan un amplio dominio de los aspectos evaluados, así como de otros elementos que se desarrollan y fortalecen como efecto secundario. El estudiante es capaz de explicar la reacción ocurrida haciendo uso de los conceptos aprendidos considerando los niveles simbólicos de la química, así como el modelo de partículas. Algo que llama la atención es que el estudiante resalta con letra cursiva información que obtuvo de otras fuentes para enriquecer sus observaciones, esto no fue solicitado ni se citó la fuente de procedencia, pero evidentemente tiene un gran valor para el proceso de aprendizaje, siendo esto un claro ejemplo de los efectos secundarios que produce orientar las clases de química bajo un enfoque científico y no tradicionalista.

El vinagre es un ácido acético y el bicarbonato sódico una base. Al juntar el ácido acético con el bicarbonato tiene lugar una reacción química ácido-base.

*Una reacción química es el proceso mediante el cual unas sustancias, los reactivos, se transforman en otras sustancias distintas llamadas productos.*

Nuestros reactivos son el ácido acético (vinagre) y el bicarbonato sódico (base) que dan como productos agua, acetato de sodio (que es una sal) y dióxido de carbono (un gas).

*Un reactivo es una sustancia que permite revelar la presencia de una sustancia diferente y que, a través de una interacción, da lugar a un nuevo producto.*

El dióxido de carbono,  $\text{CO}_2$ , es el gas responsable de que se formen las burbujas y de que se infle el globo aquí ocurriendo la efervescencia.

*La efervescencia es un fenómeno que consiste en el desprendimiento o liberación de gas a través de un líquido. Las sustancias básicas que provocan la efervescencia son el bicarbonato de sodio y ácido cítrico y ácido acético (un poco las cascarras de huevo) que, al combinarse en un medio acuoso, producen el gas denominado bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). Este gas es el que provoca que el globo, al estar sellado a la botella, se infle.*

Para la segunda combinación el estudiante inicia de igual manera relatando las acciones implementadas para llevar a cabo el experimento, posteriormente



describe el fenómeno haciendo uso correcto de los términos asociados con reacción química empleando el mismo recurso consistente en resaltar información obtenida de otras fuentes no citadas que le sirvieron de apoyo para ejemplificar de mejor manera lo ocurrido.

La cáscara de huevo está compuesta principalmente por bicarbonato de calcio y magnesio,  $\text{CaCO}_3$ . El vinagre es un ácido; el ácido acético  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , siendo este el reactivo.

*Un reactivo es una sustancia que permite revelar la presencia de una sustancia diferente y que, a través de una interacción, da lugar a un nuevo producto.*

Cuando juntamos bicarbonato de calcio y magnesio con ácido acético tiene lugar una reacción química en la que se neutraliza el ácido y en la que se obtienen como productos: una sal, agua y dióxido de carbono,  $\text{CO}_2$ .

*Una reacción química es el proceso mediante el cual unas sustancias, los reactivos, se transforman en otras sustancias distintas llamadas productos. Un producto químico está formado por uno o más compuestos químicos que le permiten cumplir con una determinada función. Los compuestos químicos, por su parte, son sustancias que cuentan con dos o más elementos que forman parte de la tabla periódica.*

La velocidad con la que esto ocurra depende de la efervescencia es un fenómeno que consiste en el desprendimiento o liberación de gas a través de un líquido.

Una de las áreas de oportunidad considerando el nivel académico del estudiante consistiría en permitir a los alumnos utilizar fuentes externas como recurso para la comunicación de sus hallazgos, para citar y referenciar sus fuentes de consulta, cumpliendo así con uno de los efectos de la propuesta y uno de los objetivos del enfoque actual de la Educación Media Superior; la transversalidad, la cual busca relacionar de manera colaborativa el trabajo realizado por docentes y alumnos en los diferentes campos disciplinares (SEP, 2017).

En la siguiente etapa del experimento se pondría a prueba la tercera combinación de sustancias, para este momento el alumno mantiene una correcta interpretación del fenómeno, mediante el mismo esquema utilizado en sus observaciones anteriores, resaltando cuáles sustancias son los reactivos y productos, sin embargo, no se ha presentado información relacionada con la hipótesis planteada, no señala cuál globo se ha inflado y este es una observación necesaria, ya que la comunicación final depende en gran medida de sus registros. Situación similar ocurre en la última combinación a probar, el alumno se limita a describir el fenómeno inicial (un globo inflándose), justificando científicamente el fenómeno, aplicando los términos aprendidos, y apoyándose de fuentes externas sin citar, evadiendo el eje central del trabajo.

Observaciones realizadas por el alumno 1 con respecto a la tercera etapa del experimento:

El jugo de limón es un ácido cítrico y el bicarbonato sódico una base. Al juntar el ácido cítrico con el bicarbonato tiene lugar una reacción química ácido-base.

*Una reacción química es el proceso mediante el cual unas sustancias, los reactivos, se transforman en otras sustancias distintas llamadas productos.*

Nuestros reactivos son el ácido cítrico (jugo de limón) y el bicarbonato sódico (base) que dan como productos agua y dióxido de carbono (un gas).

*Un reactivo es una sustancia que permite revelar la presencia de una sustancia diferente y que, a través de una interacción, da lugar a un nuevo producto. Un producto químico está formado por uno o más compuestos químicos que le permiten cumplir con una determinada función. Los compuestos químicos son sustancias que cuentan con dos o más elementos que forman parte de la tabla periódica.*

Para mantener la estrategia del cuestionario guía que recordaría al estudiante el propósito de realizar el experimento se pregunta:

*¿Qué combinación produjo más  $CO_2$  en menor tiempo?*

*¿Por qué?*

El alumno señala la combinación que infló en mayor medida el globo, produciendo por ende más gas y la contrasta con las demás combinaciones, presentando de manera jerárquica aquellas que produjeron más que otras. Utiliza fuentes externas para argumentar desde la que quizás las demás combinaciones no generaron la misma cantidad de  $CO_2$  debido a que no se pulverizó la cascara de huevo, esto confirma que la estrategia utilizada por el estudiante es uno de los efectos producidos en su aprendizaje sin ser necesariamente uno de los objetivos planteados o competencia evaluada.

Respuestas dadas por el alumno 1 en el cuestionario guía:

1. *¿Qué combinación produjo más  $CO_2$  en menor tiempo? ¿Por qué?*

La combinación 1 ya que sus propiedades y la combinación de estos dos reactivos (ácido acético más bicarbonato de sodio) genera un producto más eficaz a la hora de ocurrir la reacción química) y en menor tiempo con gran efervescencia. La combinación 2 (con los reactivos ácido acético (vinagre) y bicarbonato de calcio y magnesio) y las combinaciones 3 (ácido cítrico y bicarbonato de sodio) y 4 (ácido cítrico y bicarbonato de calcio y magnesio) no fueron tan fuertes como la 1. Investigué por qué me dieron estos resultados y mi conclusión es que es las combinaciones con bicarbonato de calcio y magnesio no resultaron buenas porque no pulvericé de más el bicarbonato de calcio y magnesio(cáscaras

de huevo) de tal manera que no se lograron utilizar toda sus propiedades para producir el dióxido de carbono.

2. *¿Si las cantidades y sustancias fueron las mismas, por qué hubo diferencias?*

En mi caso la combinación 2 (con reactivos el ácido acético(vinagre) y bicarbonato de calcio y magnesio) y la combinación 4 (ácido cítrico y bicarbonato de calcio y magnesio) no resultaron tan fuertes como la 1 (ácido acético más bicarbonato de sodio) y la combinación 3 (ácido cítrico y bicarbonato de sodio) que quedó en segundo lugar, investigué por qué me dieron estos resultados y mi conclusión es que es las combinaciones con bicarbonato de calcio y magnesio no funcionaron tan bien porque no se lograron utilizar toda sus propiedades para producir el dióxido de carbono. En la escala pH de cero a 14, el bicarbonato de sodio se encuentra en 8.2. Esta sustancia es una base (o alcalino), en mi opinión, por esta razón las combinaciones con bicarbonato resultaron más exitosas y produjeron más CO<sub>2</sub> y mayor efervescencia.

Además de que las concentraciones del vinagre variaron del 3 % al 5 % de ácido acético en agua.

Concentración del ácido cítrico. Constante de acidez: pKa 1= 3.15; pKa 2= 4.77 y el pKa 3= 6.40.

Y por esta razón la que destacó fue la combinación 1, ya que sus propiedades y la combinación de ácido acético y bicarbonato de sodio generó un producto más eficaz a la hora de ocurrir la reacción química.

### Comunicación de hallazgos

Es el producto ponderable para efectos de asignación de una nota descrita a través de los resultados en la rúbrica de evaluación.

Mi conclusión de este experimento es que hay muchas formas de lograr un mismo resultado, claro que todas son distintas y tienen sus ventajas y desventajas, aprendí los significados de por qué o cómo describir nuestros resultados que con cada combinación son distintos:

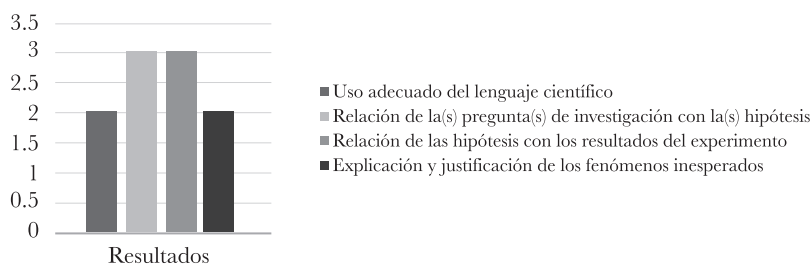
1. *Un reactivo es una sustancia que permite revelar la presencia de una sustancia diferente y que a través de una interacción da lugar a un nuevo producto.*
2. *Un producto químico está formado por uno o más compuestos químicos que le permiten cumplir con una determinada función. Los compuestos químicos, por su parte, son sustancias que cuentan con dos o más elementos que forman parte de la tabla periódica.*
3. *Una reacción química es el proceso mediante el cual unas sustancias, los reactivos, se transforman en otras sustancias distintas llamadas productos.*

4. La efervescencia es un fenómeno que consiste en el desprendimiento o liberación de gas a través de un líquido. Las sustancias básicas que provocan la efervescencia son el bicarbonato de sodio y ácido cítrico y ácido acético que, al combinarse en un medio acuoso, producen el gas denominado bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). Este gas es el que provoca que el globo, al estar sellado a la botella, se infle.

5. La hipótesis: La combinación entre el ácido acético y el bicarbonato de sodio producirá más  $\text{CO}_2$ . Yo considero que esta hipótesis es correcta ya que la combinación 1 que tiene como reactivos el ácido acético y el bicarbonato de sodio es más eficaz, ya que sus propiedades y la combinación como tal de estos dos reactivos (ácido acético y bicarbonato de sodio) generaron mejores resultados al ocurrir la reacción química en menor tiempo y con mayor efervescencia.

En los 4 indicadores el alumno obtiene un resultado de nivel 4, el primero de ellos, que mide el uso correcto de los términos científicos asociados con el fenómeno estudiado, muestra que en su producto final y como lo había venido demostrando en apartados anteriores del reporte, tiene claro el significado integral de términos derivados del estudio de las reacciones químicas, no viéndolos solo como elementos aislados, sino como partes constituyentes de un todo que permiten clarificar los sucesos observados a lo largo de los experimentos abordados. El segundo y tercer indicador manifiestan que el estudiante puso a prueba la hipótesis planteada y que en todo momento estuvo consciente del proceso de investigación relacionando desde el inicio al final elementos como el fenómeno, el problema planteado, la hipótesis, el diseño experimental y el contraste con sus resultados reales y no hipotéticos. En el último indicador, el estudiante cumple al argumentar que un resultado obtenido pudo haberse presentado de manera diferente si las condiciones fueran cambiadas, esto permite al estudiante colocarse en un entorno hipotético e iniciar un nuevo proceso de investigación, fortaleciendo de manera colateral otras competencias como la formulación de preguntas investigables y la identificación de variables propias de estudiantes que presenten un alto desarrollo del pensamiento formal (Simone, 2001).

Figura 10. Resultados obtenidos por el alumno 1 (secuencia 2)



Fuente: elaboración propia.

Los resultados del alumno 1 en la segunda secuencia manifiestan no solo un buen desempeño en la competencia evaluada y los indicadores asociados, sino también un progreso en otras habilidades que si bien no fueron cuantificables, sí fueron percibidas de manera cualitativa, al recapitular algunas se mencionan competencias científicas como la formulación de preguntas, identificación de variables y uso de fuentes externas.

## Alumno 2

Nivel de desempeño: 4

### Observaciones y cuestionario guía

Al analizar las observaciones realizadas por el alumno 2 es posible advertir diferencias evidentes en comparación con el trabajo del estudiante anterior, por ejemplo, el hecho de no utilizar información extra que enriqueciera sus observaciones. Este primer paso consiste en poner a prueba la combinación entre ácido acético y bicarbonato sódico, ahí el estudiante describe de manera correcta lo sucedido y emplea algunos de los términos aprendidos, esto debido a que al ser el primer ensayo no hay otro resultado que permita generar una comparativa.

Observaciones realizadas por el alumno 2 con respecto a la primera etapa del experimento:

En el momento de añadir el bicarbonato de sodio y el ácido acético empezaron a reaccionar y empezaron a producir dióxido de carbono lo que hizo que el globo se inflara.

En el segundo paso contemplado en el diseño experimental de esta secuencia, el estudiante tiene la oportunidad de comparar 2 combinaciones, iniciando con la descripción del fenómeno y señalando el en párrafo 1 y líneas 2 a la 4 que el globo no se infló debido a la poca producción de  $\text{CO}_2$  derivada de la poca superficie de contacto que tiene en este caso la cascara de huevo en comparación con la sustancia anterior. Otro aspecto que llama la atención es una observación que señala; *al esperar unos 5 segundos el globo se infló solo un poco, ya que necesita más bicarbonato de calcio y magnesio*, ya que el alumno cumple con uno de los aspectos a observar de acuerdo con la pregunta de investigación planteada relacionada con el tiempo en que ocurre dicha reacción y debido a que unas sustancias reaccionan más rápido que otras, en este caso, el alumno asocia el tiempo con la cantidad de reactivos utilizados, realizando una predicción al argumentar que al incrementar la porción de cascara de huevo la reacción se efectuará de manera más rápida, lo que muestra otras competencias fortalecida de manera secundaria; la formulación de preguntas e hipótesis (Ligueroi e Irene, 2005).

Observaciones del alumno 2 con respecto a la segunda etapa del experimento:

Al mezclar el bicarbonato de calcio y magnesio con el ácido acético estas dos sustancias empezaron a reaccionar, pero menos ya que la superficie de contacto era menor y al no producir tanto dióxido de carbono y el globo no se infló. Pero al esperar unos 5 segundos el globo se infló solo un poco, ya que necesitaba más bicarbonato de calcio y magnesio.

En la tercera etapa se pone en manifiesto uno de los aspectos que hacen de este trabajo diferente al anteriormente evaluado, pues mientras uno es rico en describir de manera amplia y apoyándose de manera documental en referencias, este destaca por la curiosidad mostrada por el estudiante y los esquemas cognitivos que le permiten asociar los fenómenos observados con diferentes marcos conceptuales derivados de ellos. El alumno manifiesta que el hecho de que el globo se inflase más rápido en esta ocasión se debe al tamaño de la botella, que es más pequeña que las utilizadas anteriormente, haciendo uso del concepto de presión con la frase; *También me di cuenta de que al ser más pequeña la botella hay más presión y eso hace que el globo se infle más rápido que los que tienen una botella más grande*. Esto, además de las competencias científicas fortalecidas, también resulta relevante para el docente que a la hora de realizar la sesión de retroalimentación de la misma secuencia, puede generar un diálogo donde se realicen preguntas investigables y los alumnos puedan responder de manera hipotética, en este caso se podría preguntar:

*¿Si utilizamos las mismas botellas, el resultado sería diferente?*

*¿Qué crees que pasaría en la combinación anterior al utilizar esta misma botella?*

Dando oportunidad a los alumnos de responder si están de acuerdo o no con determinado argumento, fortaleciendo la capacidad de comunicar sus hallazgos y contrastarlos con los demás (SEP, 2008).

Observaciones del alumno 2 con respecto a la tercera etapa del experimento: Al dejar caer el bicarbonato de sodio en el ácido cítrico estas sustancias empezaron a reaccionar y empezaron a producir dióxido de carbono al instante y eso provocó que el globo se inflara. También me di cuenta de que al ser más pequeña la botella hay más presión y eso hace que el globo se infle más rápido que los que tienen una botella más grande.

En la última parte del experimento el estudiante describe nuevamente el fenómeno y lo compara con el resto de las combinaciones empleando los términos apropiados y guardando su postura en relación a la cantidad de reactivos, el tiempo ocupado por la reacción y la cantidad de CO<sub>2</sub> producida.

En la siguiente tarea que permite al estudiante integrar sus observaciones y recapitular sobre la pregunta de investigación, el alumno 2 mostró explicaciones muy limitadas en relación con sus propios registros anteriores, ya que solo responde qué combinaciones produjeron más gas, sin proporcionar una explicación al respecto, situación que puede derivar quizás de la posible monotonía que genera reescribir. Considerando esta explicación como cierta, esta estrategia se considera necesaria, ya que como hay estudiantes que pudieran generar excelentes conclusiones sin responder al cuestionario previo, también hay quienes requieren una guía.

Respuestas del alumno 2 al cuestionario guía:

1. *¿Qué combinación produjo más  $\text{CO}_2$  en menor tiempo? ¿Por qué?*

Las combinaciones 1 y 3. Porque contienen bicarbonato de sodio que hace que produzcan más dióxido de carbono que la que tienen bicarbonato de calcio y magnesio

2. *¿Si las cantidades y sustancias fueron las mismas, por qué hubo diferencias?*

Porque las sustancias que contienen bicarbonato de calcio y magnesio producen menos dióxido de carbono que las que contenían bicarbonato de sodio.

### *Comunicación de hallazgos*

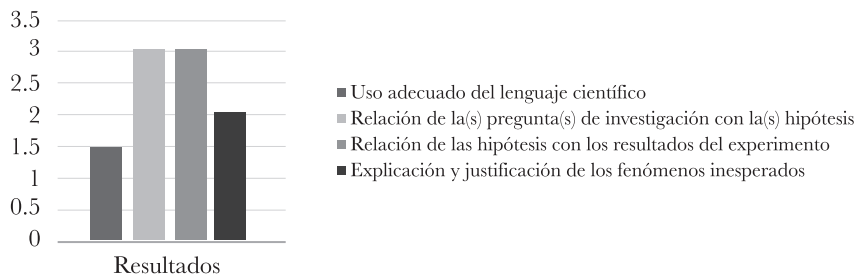
En el apartado de sus conclusiones, el estudiante recapitula de manera correcta los resultados del experimento en contraste con la pregunta de investigación e hipótesis planteadas.

Nuestra hipótesis decía que la combinación entre el ácido acético y el bicarbonato de sodio producirá más  $\text{CO}_2$  y es correcta, pero no contaba con que sí produce  $\text{CO}_2$ , pero también la combinación de ácido cítrico y bicarbonato de sodio produce la misma cantidad o solo un poco menos de  $\text{CO}_2$ , dependiendo del espacio que tiene el dióxido de carbono dependerá qué tan rápido se va a inflar el globo. En conclusión, tener bicarbonato de sodio más producirá dióxido de carbono, ya que menos dióxido de carbono que el bicarbonato de calcio y magnesio.

En términos de resultados calificables de acuerdo con los indicadores, el alumno 2 presenta nuevamente un resultado positivo al obtener un nivel 4 de desempeño, que, si bien no es perfecto como el alumno anterior tiene los elementos suficientes para ser considerado sobresaliente. Por ejemplo, en el primer indicador el alumno 2 obtiene un nivel 3 de desempeño, ya que utilizó correctamente la nomenclatura química de las sustancias, pero dejó fuera conceptos como reacción química o reactivos que pudieron enriquecer su trabajo. En los indicadores 2° y 3° es donde el estudiante demuestra su buen desempeño a lo largo del experimento y la elaboración de sus registros relacionando correctamente la pregunta de investigación con la hipótesis y

sus resultados, obteniendo así la nota más alta. De igual manera, en el último indicador se obtiene un resultado favorable, al señalar la asociación con el tamaño de las botellas utilizadas y puntualizar que condicionaron el resultado obtenido, abriendo la puerta a otro proceso de investigación y un rediseño del protocolo experimental.

Figura 11. Resultados obtenidos por el alumno 2 (secuencia 2)



Fuente: elaboración propia.

### Alumno 3

Nivel de desempeño: 2

Observaciones y cuestionario guía

Los registros realizados por el alumno 3 en torno a los experimentos demuestran estar un peldaño abajo con relación a los evaluados, esto debido a que el estudiante relata lo sucedido y como punto positivo utiliza parte de los conceptos asociados con lo que enriquece medianamente sus explicaciones y las separa de una comunicación convencional.

El primer registro, por ejemplo, describe lo sucedido entre el bicarbonato de sodio y el ácido acético, mediante una correcta descripción de los hechos en términos químicos al utilizar la palabra *produjeran*, reconociendo que debido a esto el globo comienza a inflarse.

Observaciones del alumno 3 respecto a la primera etapa del experimento:

Al verter el bicarbonato de sodio en el ácido acético las dos sustancias hicieron reacción al instante lo que hizo que produjeran dióxido de carbono haciendo inflar el globo.

Para la segunda etapa del experimento se presenta una situación similar, la evidencia presentada sostiene que el estudiante es capaz de explicar desde el nivel teórico o conceptual de la química el fenómeno sin la necesidad de que ocurra, al mencionar *no reaccionaron como se esperaba* demostrando fortalezas en el pensamiento formal, pero omitiendo ejercicios comparativos entre las dos pruebas realizadas (Izquierdo, 2004).



Observaciones del alumno 3 respecto a la segunda etapa del experimento:

Al mezclar el bicarbonato de calcio y magnesio con el ácido acético las sustancias no reaccionaron como se esperaba debido a que no produjeron suficiente dióxido de carbono para inflar el globo.

Las siguientes dos combinaciones muestran un patrón similar ya que el estudiante describe correctamente los eventos, pero no presenta una comparativa entre los demás experimentos lo que pudiera hacer creer que los ve como actividades aisladas y no como parte de un mismo trabajo, situación que va en contra del enfoque de la propuesta.

Esta situación justifica nuevamente el hecho de implementar un cuestionario guía para generar un reporte preliminar de sus hallazgos que permita recuperar información omitida hasta este momento, porque puede haber estudiantes que no lo requieran, pero para otros es imprescindible.

Respuestas dadas por el alumno 3 en el cuestionario guía:

1. *¿Qué combinación produjo más CO<sub>2</sub> en menor tiempo? ¿Por qué?*

La combinación 1 y 3. Porque el bicarbonato de sodio produce más dióxido de carbono.

2. *¿Si las cantidades y sustancias fueron las mismas, por qué hubo diferencias?*

Porque las sustancias que llevaban bicarbonato de sodio produjeron más dióxido de carbono que las que llevaban bicarbonato de magnesio y calcio.

El alumno realiza una comparativa entre los experimentos, sin embargo, sigue mostrando cierta resistencia a ampliar sus explicaciones de lo que pueden surgir diferentes hipótesis pedagógicas, quizás no está acostumbrado a hacerlo, realizó la tarea fuera de tiempo o no contaba con los elementos conceptuales necesarios. Sea cual sea la explicación, son áreas que pueden trabajarse mediante un seguimiento personalizado en futuros ejercicios.

### *Comunicación de hallazgos*

La comunicación de hallazgos por parte del alumno 3 es de igual manera limitada, su progreso real en relación con la secuencia anterior podrá ser visible únicamente cuando se presente la comparativa de resultados entre ambas secuencias.

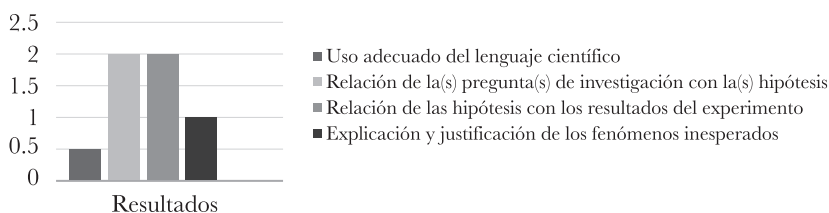
Nuestra hipótesis fue correcta porque cuando mezclamos el ácido acético y el bicarbonato de sodio instantáneamente produjo dióxido de carbono haciendo que el globo se inflara, pero al verter el bicarbonato de sodio en el ácido cítrico sucedió lo mismo.

Para explicar mejor lo anterior a continuación se presenta la interpretación de resultados en la evaluación de la competencia.

En el primer indicador que evalúa la capacidad del estudiante para explicar fenómenos mediante el uso correcto de la terminología científica, el alumno emplea correctamente la nomenclatura de los compuestos que intervienen en la reacción, pero omite otros igual de relevantes como *reactivos*, *productos*, *superficie de contacto*, etcétera.

En los siguientes dos indicadores el alumno rescata medianamente sus hallazgos, ya que cumple con el propósito principal de la secuencia al dar respuesta a la pregunta investigable y comprobar así que la hipótesis planteada fue correcta. Sin embargo, y de acuerdo con el último indicador, no menciona situaciones inesperadas que pudieran llamar su atención como los estudiantes pasados, lo que resulta contraproducente al dar por terminado su proceso de indagación y por ende su proceso de aprendizaje.

Figura 12. Resultados obtenidos por el alumno 3 (secuencia 2)



Fuente: elaboración propia.

## Alumno 4

Nivel de desempeño: 2

Observaciones y cuestionario guía

El estudiante 4 muestra un progreso nulo respecto a los demás estudiantes e inclusive un leve retroceso con respecto a la secuencia anterior. Para responder a la pregunta: *¿Qué combinación producirá mayor cantidad de CO<sub>2</sub>?* El estudiante describe los hechos al igual que todos, sin embargo, para la primera combinación menciona solo algunos conceptos referidos a la nomenclatura de las sustancias, omitiendo inclusive el nombre de la más relevante (bióxido de carbono) para efectos del fenómeno, refiriéndose a este como un *gas*, en ninguna de las combinaciones posteriores se menciona el nombre químico de la sustancia.

Al momento de introducir el globo en la boquilla de la botella que contenía ácido acético, dejé que el contenido de este, que era bicarbonato de sodio, cuando las dos sustancias hicieron contacto, instantáneamente se pudo observar como el ácido acético empezó a burbujear y generar un gas, que instantáneamente infló el globo.

Lo que se presenta en las siguientes combinaciones es similar; inicia con una descripción del proceso que sigue con una explicación del fenómeno con vocabulario limitado, algo que lo diferencia del alumno anterior es su intento por no perder el enfoque del trabajo al comparar la primera y las demás combinaciones, argumentando por ejemplo *a diferencia de la combinación anterior, este no hizo efecto de manera instantánea.*

Observaciones del alumno 4 respecto a la segunda etapa del experimento:

Primeramente, se colocó el bicarbonato de calcio y el magnesio en la botella, seguido de esto el ácido acético e instantáneamente se colocó el globo en la boquilla de la botella para que el gas que se produjera infla el globo. A diferencia de la combinación anterior, este no hizo efecto de manera instantánea, y tampoco fue de una manera muy intensa, lo que ocurrió fue que al momento de que las sustancias hiciesen contacto, no hubo una reacción fuerte, y lentamente el globo se fue inflando, aunque no se infló de una manera tan grande como el otro.

Son claras sus áreas de oportunidad, así como sus fortalezas, por una parte, un limitado marco conceptual y, por otra, un interés de comunicar de alguna manera aquello que le llama la atención o bien aquello necesario para cumplir la tarea encomendada.

Al realizar el cuestionario guía es posible percibir que las prácticas llevadas a través de este enfoque permiten no solo fortalecer competencias de carácter científico, sino también realizar evaluaciones progresivas en torno al mejoramiento de dichas habilidades.

Respuestas dadas por el alumno 4 en el cuestionario guía:

1. *¿Qué combinación produjo más  $CO_2$  en menor tiempo? ¿Por qué?*

La combinación 3 debido al tipo de sustancias que se mezclaron.

2. *Si las cantidades y sustancias fueron las mismas, ¿por qué hubo diferencias?*

Por que no se combinaron de la misma manera, esto queriéndonos referir, a que en una combinación no se mezcló lo mismo que en la otra.

En el caso del alumno 4, tanto en esta como en la secuencia pasada, son claras las deficiencias a la hora de realizar observaciones, ya que al momento de cuestionar los hechos el alumno limita sus explicaciones a la misma observación, argumentando en la primera pregunta que dichos resultados se deben *al tipo de sustancias que se mezclaron*, dejando fuera otras posibilidades contempladas por otros alumnos como el tiempo, el tamaño del recipiente, el estado de las sustancias, etcétera. Esto detiene el proceso de investigación y de aprendizaje.

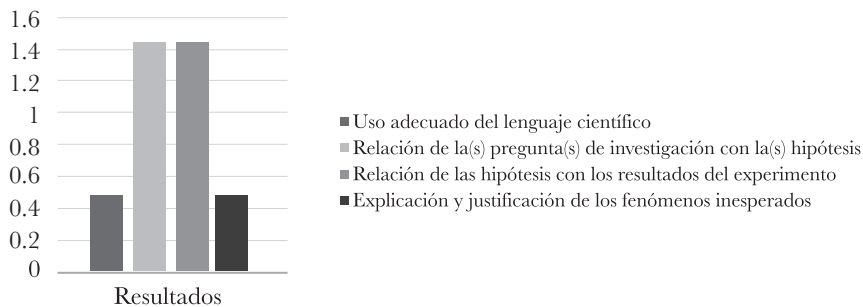
### Comunicación de hallazgos

Antes de emitir algún juicio definitivo en torno al resultado del estudiante o a las posibles deficiencias en la intervención docente (que también las hay), es necesario presentar de manera formal sus resultados en la evaluación de la comunicación de sus hallazgos.

Con todo lo visto llegamos a la conclusión que todas las sustancias tienen una reacción, y que dependiendo de lo que se mezcle, esta reacción será más o menos fuerte, o en su defecto más o menos violenta

Nuevamente, la conclusión presentada por el alumno 4 es muy reducida, incluso en comparación con sus propios registros, los resultados en cuanto a los indicadores son los mínimos en los 4, salvo por el primero donde utiliza pocos conceptos asociados con el fenómeno, pero utilizando para el resto de su explicación un lenguaje cotidiano. En cuanto a los indicadores 2 y 3 no se presenta la relación entre la pregunta planteada, la hipótesis y los resultados; mientras que en el 4º indicador no manifiesta interés por algún evento inesperado.

Figura 13. Resultados del alumno 4 (secuencia 2)



Fuente: elaboración propia.

Los resultados para el estudiante son similares a la secuencia pasada habiendo inclusive un retroceso. Esto permite contemplar en la estrategia implementada ciertas variables que en su momento no fueron consideradas, las más evidentes al momento son los saberes previos, que se consideran como una condición indispensable para la adquisición de nuevos conocimientos y habilidades, otra está relacionada con la motivación hacia el trabajo en un entorno a distancia, donde muchos estudiantes tienden a no dar la importancia debida a las evidencias, realizando los trabajos con el simple fin de cumplir y no con el objetivo de mejorar su aprendizaje, omitiendo procesos como la reflexión, el pensamiento crítico y la autoevaluación.

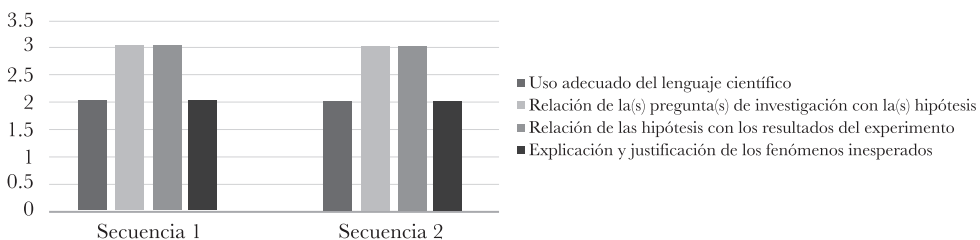
### 4.3. Progreso de la competencia entre ambas secuencias

En este apartado se presenta el progreso de la competencia; comunicación de hallazgos entre las dos secuencias implementadas y el producto final de consolidación evaluado mediante los indicadores seleccionados y presentados, para términos académicos en forma de una rúbrica con niveles de logro.

#### Alumno 1

El caso progreso de este alumno no se percibe de manera cuantitativa, ya que en ambas secuencias obtuvo resultados idénticos, al desarrollar un trabajo que cumplía con los requerimientos necesarios para evidenciar que es competente a la hora de comunicar los hallazgos de un trabajo experimental. Para encontrar diferencias, fortalezas y áreas de oportunidad respecto a futuros trabajos y perfeccionar las habilidades que eleven el nivel de demanda cognitivo para el estudiante, es necesario recurrir a una evaluación cualitativa que no resultó ponderable, sin embargo, fue de utilidad a la hora de proporcionar retroalimentación al estudiante y enriquecer el proceso de enseñanza-aprendizaje. En el caso de este estudiante, una de las principales diferencias y que llamaron la atención del docente, fue el hecho de utilizar fuentes externas en la segunda secuencia para enriquecer sus hallazgos cosa que no implementó en la primera, en adición a eso, pensando en una tercera secuencia se podría apoyar al alumno con herramientas que no son propias de la disciplina como las habilidades de escritura académica, e inclusive trabajar de manera colegiada con otra asignatura fortaleciendo la transversalidad (SEP, 2017).

Figura 14. Progreso de la competencia (alumno 1)



Fuente: elaboración propia.

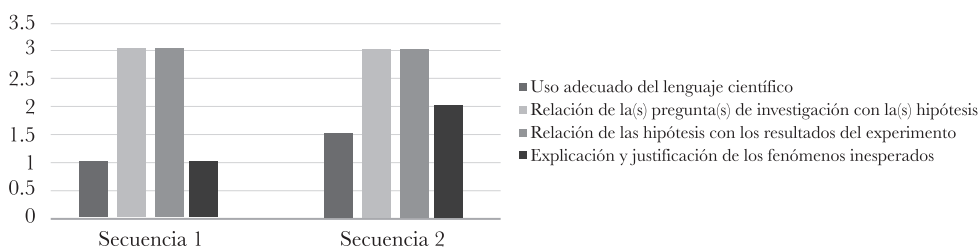
#### Alumno 2

En el caso del alumno 2, los indicadores 1 y 4 permiten visualizar un progreso en dos de los atributos de la competencia. En primer lugar, se percibió una mejora en el bagaje conceptual que el estudiante empleó a la hora de comunicar sus hallazgos, utilizando más y de mejor manera los conceptos asociados con el fenómeno

estudiado, esto resulta relevante considerando que la secuencia fue diseñada con base en un tema de mayor complejidad contenido en el programa de estudios de bachillerato, teniendo como único antecedente el nivel de estudios anterior. En cuanto al indicador número 4 existe un progreso significativo, que indica un mayor estado de alerta y curiosidad en cuanto a eventos que no estaban previstos en las hipótesis ni en el protocolo experimental, esto genera un ambiente de aprendizaje idóneo para ampliar el proceso de investigación escolar, así como para la adquisición de nuevos conocimientos y habilidades (Moya et al., 2003).

En cuanto a los indicadores 2 y 3 relacionados con la capacidad del estudiante para asociar el proceso de experimentación como parte de un solo proceso donde se le da respuesta a una o varias preguntas investigables y se pone a prueba una serie de hipótesis, el estudiante presenta un puntaje similar en ambas secuencias, por lo cual es necesario ir a la descripción cualitativa para poder encontrar diferencias puntuales y emitir de este modo un juicio que exponga las fortalezas y debilidades pertinentes. En la primera secuencia el estudiante genera una explicación detallada en comparación con la segunda, donde cumple con lo solicitado mediante una prosa menos extensa, elemento que no es considerado como un indicador ponderable, pero que sin duda es relevante para el desarrollo de una competencia donde se busca enriquecer la capacidad del alumno para comunicar algo (Cañas, Díaz y Nieda, 2007).

Figura 15. Progreso de la competencia (alumno 2)



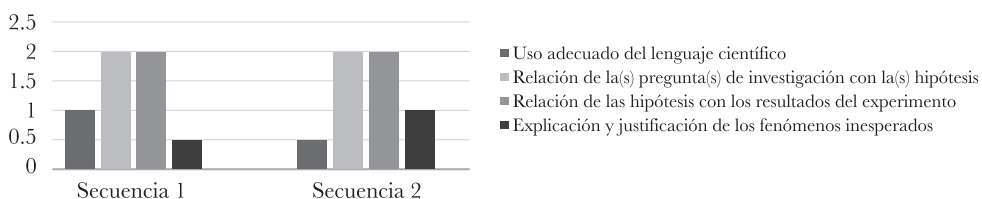
Fuente: elaboración propia.

### Alumno 3

En cuanto al análisis comparativo entre los resultados del alumno 3 en ambas secuencias, este presenta un progreso en uno de los indicadores, pero en detrimento de otro, haciendo que sus resultados sean llamativos para fines didácticos y evaluativos en el sentido de adecuar secuencias posteriores en torno a los estudiantes que requieren mayor atención y apoyo académico. En el primer indicador, por ejemplo, el estudiante tuvo un menor desempeño en su capacidad para hacer uso de los conceptos asociados con fenómeno estudiado, esto puede deberse a que el marco

conceptual ligado a la segunda secuencia es de mayor complejidad en relación con la primera, y como hay estudiantes que van a la par tanto en las sesiones de aula donde se profundiza en los conceptos, también hay quienes dejan lagunas cognitivas que les impiden adquirir nuevos conocimientos y habilidades como puede ser el caso de este estudiante (Mandolesi & Sandoval, 2013). En cuanto a los indicadores 2 y 3 no se percibe un progreso como tal desde la perspectiva cuantitativa, llegando a la conclusión de que el progreso en este sentido fue nulo, relacionando de manera limitada las preguntas de investigación con las hipótesis y el experimento. En el último indicador existe un leve progreso, lo que demuestra un sesgo en el contenido de sus conclusiones para la segunda secuencia, centrándose más en la descripción de otros fenómenos que en los propósitos centrales del trabajo.

Figura 16. Progreso de la competencia: alumno 3



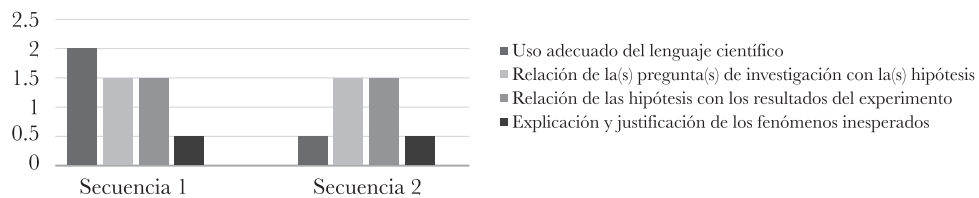
Fuente: elaboración propia.

#### Alumno 4

El alumno 4 es el único que muestra una diferencia negativa en los resultados de ambas secuencias, demostrando un retroceso en lugar de un progreso. En el primer indicador demostró un buen dominio de los conceptos relacionados con el fenómeno de la primera secuencia, pero para la segunda su desempeño en este sentido fue nulo, obteniendo el resultado mínimo, ya que su trabajo no contaba con la información necesaria para proporcionar una valoración de utilidad académica. Esto se asocia nuevamente con la mayor complejidad en torno a los conceptos de la segunda secuencia en relación a la primera, aunado a que el estudiante posiblemente no contaba con los saberes previos necesarios para tener un mejor desempeño. En adición a eso, los indicadores 2 y 3 manifiestan el puntaje mínimo, sin embargo, este es colocado por mera formalidad administrativa contemplando los requerimientos de la institución, pero cualitativamente el trabajo no demuestra relación alguna en cada uno de los procesos de la investigación. El último indicador tampoco expresa un interés real por parte del alumno en el proceso de descubrimiento, llegando a conclusiones superficiales y obvias, demostrando que las siguientes secuencias deberían adecuarse o reforzarse con elementos que proporcionen apoyo académico

a estudiantes con un bajo desempeño o estancamiento como en el caso de los alumnos 3 y 4.

Figura 17. Progreso de la competencia (alumno 4)



Fuente: elaboración propia.



# Referencias

- Acuerdo No 71. Diario Oficial de la Federación. México, 23 de enero de 2009. Recuperado de [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5078335&fecha=23/01/2009](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5078335&fecha=23/01/2009)
- Adams, R., Turner, R., Mccrae, B. & Mendelovits, J. (2009). OCDE of the PISA (Programme for international student assessment). *Official Journal European Union*.
- Adúriz, A. (2000). La didáctica de las ciencias como disciplina. *Enseñanza*, 17(18), 61-74.
- Alsina, P., Argila, A. M., Aróztegui, M., Arroyo, F. J., Badia-Miró, M., Carreras, A., ... & Vila, B. (2013). *Rúbricas para la evaluación de competencias*. (1ª Edición). Barcelona, España: ICE y Ediciones OCTAEDRO, S.L.
- Baena, M. (1993). Interacción teoría-práctica en el profesorado de ciencias. Dos estudios de casos. *Curriculum*, 6(7), 121-13
- Barberá, O. y Valdés, P. (1996). El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión. *Enseñanza de las Ciencias*. 3(14), pp. 365-379.
- Caamaño, A. (2011). *Enseñar Química mediante la contextualización, la indagación y la modelización*. Universidad de Barcelona.
- Caamaño, A. y Oñorbe, A. (2015). La enseñanza de la química: conceptos y teorías, dificultades de aprendizaje y replanteamientos curriculares. *Alambique*, X(41), 68-81.
- Cañas, A., Díaz, M. & Nieda, J. (2007). *Competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico. La competencia científica*. (1ª Edición). Madrid: Alianza Editorial.
- Cappello, H., Castro, R. D., y Cervantes, R.D. (2016). Modelos y teorías para la enseñanza de la ciencia. En E. R. Balderas y H. M. Cappello. (Ed.), *Innovación educativa. Nuevas estrategias para el desarrollo pedagógico*. (pp. 59-94). Ciudad Victoria, México: Colofón.
- Cardona, F. (2013). Las prácticas de laboratorio como estrategia didáctica (Tesis de pregrado). Recuperado de <file:///C:/Users/A/Documents/Diseño%20>

- de%20proyectos/Fuentes/Capitulo%202/Definicion%20de%20practicasy%20 experimentales/CD-0395428.pdf
- Carretero, M. (1979). ¿Por qué flotan las cosas? El desarrollo del pensamiento hipotético-deductivo y la enseñanza de la ciencia. *Journal for the Study of Education and Development*, 2(8), 7-22.
- COBAT. (2020). *Planeación por secuencias didácticas*. Recuperado de <http://www.cobat.edu.mx/cobat/historia/>
- \_\_\_\_\_. (2021). *Historia*. Recuperado de <http://www.cobat.edu.mx/cobat/historia/>
- Charria, V. H. et. al. (2011, diciembre) Definición y clasificación teórica de las competencias académicas, profesionales y laborales. Las competencias del psicólogo en Colombia. *Psicología Desde el Caribe*. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/213/21320758007.pdf>
- Chona, G., Arteta J., Fonseca, G., Ibáñez, X., Martínez, S., Pedraza, M., & Gutiérrez, M. (2006) ¿Qué competencias científicas desarrollamos en el aula? *Revista TEΔ Técné, Episteme y Didaxis*, (20), 62-79.
- Cura, O., Mandolesi, E. & Sandoval, j. (2013). *Estrategias didácticas para la enseñanza de la química en la educación superior*. Universidad Tecnológica Nacional. Vol. 16. No. 1. pp. 126-138.
- Cox, C. (2006) Construcción política de reformas curriculares: el caso de Chile en los noventa. Profesorado. *Revista de currículum y formación del profesorado*. 10(1), 1-24.
- Diario Oficial de la Federación. (2006). Acuerdo número 384 por el que se establece el nuevo Plan y Programas de Estudio para la Educación Secundaria. *México*. Disponible en: <https://www.sep.gob.mx/work/models/sep1/Resource/ca8cef5b-610b-4d55-8a52-03f1b84d0d6c/a384.pdf>
- \_\_\_\_\_. (2008). Acuerdo 442 por el que se establece el Sistema Nacional de Bachillerato en un marco de diversidad. *México*. Disponible en: [http://www.reforma-iems.sems.gob.mx/wb/riems/acuerdos\\_secretariales](http://www.reforma-iems.sems.gob.mx/wb/riems/acuerdos_secretariales) (consultado 15 de marzo de 2011).
- Dirección General de Bachillerato. (2015) *Antecedentes Históricos de la Educación Media Superior*. México: Secretaría de Educación Pública.
- \_\_\_\_\_. (s.f.). *Bachillerato General*. Recuperado de [http://www.dgb.sep.gob.mx/bachillerato\\_general.php](http://www.dgb.sep.gob.mx/bachillerato_general.php)
- \_\_\_\_\_. (2018). *Biología I* Recuperado de <https://www.dgb.sep.gob.mx/informacion-academica/programas-de-estudio/CFB/3er-semester/Biologia-I.pdf>
- Dominique, R. y Laura, H. (2004) Definir y seleccionar las competencias fundamentales para la vida (1ª Edición). México D.F. Fondo de Cultura Económica. P. 94 – 128. file:///C:/Users/A/Documents/Diseño%20de%20proyectos/Fuentes/Capitulo%202/1.%20Definicion%20de%20competencias/Definición%20y%20

clasificación%20teórica%20de%20las%20competencias%20académicas,%20  
profesionales%20y%20laborales.%20Las%20co.pdf

- Durán, M. M. (2012). El estudio de caso en la investigación cualitativa. *Revista nacional de administración*, 3(1), 121-134.
- Eleizalde, M., Parra, N., Palomino, C., Reyna, A. y Trujillo, I. (2010). Aprendizaje por descubrimiento y su eficacia en la enseñanza de la Biotecnología. *Revista de Investigación*, 71(34), 271-290.
- Espinoza, E., González, K. y Hernández, L. (2016). Las prácticas de laboratorio: una estrategia didáctica en la construcción del conocimiento científico escolar. *Entramado*, 12 (1).
- Espinoza, O. (2009). Reflexiones sobre los conceptos de "política", políticas públicas y política educacional. *Education Policy Analysis Archives/Archivos Analíticos de Políticas Educativas*, 17, 1-13
- Eugene, A., Kenneth, G., Maureen, D. y Miles, N. (1992). *Las ciencias naturales en la educación básica. Fundamentos y métodos*. (1ª Edición). México, D.F: Editorial Santillana.
- Flores, J., Caballero, M. C., & Moreira, M. A. (2009). El laboratorio en la enseñanza de las ciencias: Una visión integral en este complejo ambiente de aprendizaje. *Revista de investigación*, 33(68), 75-111.
- Franco, A. (2015). Competencias científicas en la enseñanza y el aprendizaje por investigación. Un estudio de caso sobre corrosión de metales en secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 2 (33), 231-252.
- Franke, G. y Bogner, F. (2011). Conceptual Change in Students' Molecular Biology Education: Tilting at Windmills? *The Journal of Educational Research*, 104, 7-18.
- French, B. y Sanford, P. (1985). *Academic Tasks in High School Biology: a genetics unit*. Washington, DC: National Inst. of Education (ed.).
- Fuentes, M. T. (2007, diciembre) Las competencias académicas desde la perspectiva interconductual. *Acta Colombiana de Psicología*.
- Fumagalli, L., Gómez, L., Labadie, A., Kaufman, M., Kaufman, V., Laceru, L., Tignanelli, H. (2002). *Didáctica de las ciencias naturales. Aportes y reflexiones*. (1ª Edición). Buenos Aires, Argentina: Paidós Educador.
- Furman, M. & Podestá, M. (2009). *La aventura de enseñar Ciencias Naturales*. Buenos Aires: Aique.
- García, G., Hernández, N., Hernández, A., Martínez, R. y Del Caprio, P. (2013). Políticas Curriculares en México. La Educación Básica y Media Superior. En Díaz, A. (1ª Edición). *La investigación curricular en México, 2002-2011*. (55-107). México, DF: Consejo Mexicano de Investigación Educativa.
- García, S., Martínez, C. & Mondelo, A. M. (1998). Hacia la innovación de las actividades prácticas desde la formación del profesorado. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), 353-366.

- García, P., Insausti, M. & Mariano, M. (2003). Evaluación de los trabajos prácticos mediante diagramas V. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. 2(1), 45-57.
- Gil, D. & Paya, J. (1988). Los trabajos prácticos de física y química y la metodología científica. *Revista de enseñanza de la física*. 2(2). 73-79.
- Gobierno de México. (2021). *Todo sobre el coronavirus*. Recuperado de <https://coronavirus.gob.mx/>
- Google for Education. (2021). *Google classroom*. Recuperado de [https://edu.google.com/workspace-for-education/classroom/?gclid=EAIaIQobChMI9WetfGM-AIVqRZMCh0kOAS0EAAYASAAEgLfFD\\_BwE&gclsrc=aw.ds](https://edu.google.com/workspace-for-education/classroom/?gclid=EAIaIQobChMI9WetfGM-AIVqRZMCh0kOAS0EAAYASAAEgLfFD_BwE&gclsrc=aw.ds)
- González, E. (1991). *Las prácticas de laboratorio en la formación del profesorado de física*. (Tesis inédita de maestría). Universidad de Valencia, España.
- Hernández, C. (2005). ¿Qué son las competencias científicas? *Foro Educativo Nacional*, 1-30.
- Honovich, R. y Chen, Z. (2012). The role of guidance in children's discovery learning. *John Wiley and Sons*, (3), 615-622.
- Insausti, M. J., & Merino, M. (2016). Una propuesta para el aprendizaje de contenidos procedimentales en el laboratorio de física y química. *Investigações em Ensino de Ciências*, 5(2), 93-119.
- Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (2011). *Informe sobre la Educación Media Superior en México 2010-2011*. Recuperado de <https://www.inee.edu.mx/wp-content/uploads/2018/12/P1D235.pdf>
- \_\_\_\_\_ (2018). *Educación Media Superior: los desafíos*. México. Recuperado de <https://www.inee.edu.mx/wp-content/uploads/2018/12/Red09.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2017). *INEGI*. Recuperado de INEGI: <https://www.inegi.org.mx/programas/enpecyt/2017/>
- International Study Center. (2020). *TIMSS AND PIRLS*. Recuperado de TIMSS AND PIRLS: <https://timssandpirls.bc.edu/timss2019/index.html>
- Izquierdo, M. (2004). Un nuevo enfoque de la enseñanza de la química: contextualizar y modelizar. *The Journal of the Argentine Chemical Society*, 92(4/6), 115-136.
- Jiménez, N. y Oliva, J. (2016). Aproximación al estudio de las estrategias didácticas en ciencias experimentales en formación inicial del profesorado de Educación Secundaria: descripción de una experiencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1(3), 121-136.
- Lewis, S. (2003). *La enseñanza basada en tópicos o problemas*. Artículo original de Actionbioscience.org. Extraído el 5 de mayo de 2006. De: <http://www.actionbioscience.org/esp/education/lewis.html>.
- Liguori e Irene. (2005). *Didáctica de las ciencias naturales*. (1ª Edición). Santa Fe, Argentina: Homo Sapiens Ediciones.

- López, A. et al. (2012). Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*. Vol. 8, pp. 145-166. Recuperado de file:///C:/Users/A/Documents/Diseño%20de%20proyectos/Fuentes/Capitulo%202/Definicion%20de%20practicass%20experimentales/134129256008.pdf
- López, A., & Tamayo, A. (2012). Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (Colombia)*, 8(1).
- López, V., Serra, J. & Vilà, M. (2015). El uso de “situaciones prácticas reales” en la formación inicial del profesorado. In *Actas V Congreso Internacional Unives’15*.
- Mallart, Juan. (2001). Didáctica: concepto, objeto y finalidades. En Sepulveda, F. y Rajadell, N. (1ª Ed), *Didáctica general para psicopedagogos*. (pp. 1-31) Universidad Nacional de Educación a Distancia, Madrid, España: UNED.
- Martínez, N. (2004). *Los modelos de enseñanza y la práctica en el aula*. Universidad de Murcia.
- Mendoza, D. (2013). La investigación sobre las políticas de la Educación Media Superior. En Díaz Barriga, Á. (1ª Ed), *La investigación curricular en México* (83-148). Ciudad de México: ANUIES-COMIE.
- Meneses, E. (1998). *Tendencias educativas oficiales de México, 1821-1911*. México, DF: Centro de Estudios Educativos-Universidad Iberoamericana.
- Meneses, E. (1998). *Tendencias educativas oficiales de México, 1911-1934*. México, DF: Centro de Estudios Educativos-Universidad Iberoamericana.
- \_\_\_\_\_ (1991). *Tendencias educativas oficiales de México 1964-1976*. México: Centro de Estudios Educativos-Universidad Iberoamericana.
- Moya, A., Chaves, E. y Castillo, K. (2003). La investigación dirigida como un método alternativo en la enseñanza de las ciencias. *Ensayos Pedagógico*, 1(6), 115-132.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. (2019). PISA 2018 Results what students know and can do. *OECD Publishing*, 111-116.
- Paya, J. (1991). *Los trabajos prácticos en la enseñanza de la física y química: un análisis crítico y una propuesta fundamentada* (Doctoral dissertation, Universitat de València).
- Pierre, C., Parra, P. y Bascuñan, N. (2007). Modelo de aprendizaje por descubrimiento para alumnos de química básica experimental. *Edusfarm, revista d’educació superior en Farmàcia*, 2, 1-18.
- Pinar, W., Reynolds, W., Slattery, P. y Taubman, P. (2008). *Understanding Curriculum*. Nueva York, USA: Peter Lang.
- Pozo, J. y Gómez M. (2001). *Aprender y enseñar ciencia*. (3ª Edición). Madrid, España: Ediciones Morata. P. 29-32, 53-75, 150-153, 250-259.
- Ramírez, L. P. & Tamayo, O. E. (2011). Aprendizaje profundo en semiología neurológica mediante una herramienta informática. *Revista Hacia la Promoción de la Salud*, 16(2), 109-120.

- Rodríguez, A. (2018). *La relación entre la interacción con comunicación acertiva y la evaluación institucional en dos instituciones de Educación Media Superior*. (Tesis inédita de licenciatura). Universidad Autónoma de Tamaulipas, México.
- Salcedo, A. et al., (2005). *Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de la química en educación superior*. Recuperado de file:///C:/Users/A/Documents/Diseño%20de%20proyectos/Fuentes/Capitulo%202/Definicion%20de%20practicass%20experimentales/edlc\_a2005nEXTRAp209pralab.pdf
- Hernández, R. (2014). *Metodología de la investigación*. (6ª Edición). México, D.F.: McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. de C.V
- Sánchez, A. C., & Gómez, R. R. (2013). Enseñanza de las ciencias naturales para el desarrollo de competencias científicas. *Amazonia investiga*, 2(3), 30-53.
- Santos, E. (2003). La perspectiva histórica de las relaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad y su papel en la enseñanza de las ciencias. *REEC: Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 3(2), 12.
- Seguel, P., Fredy, A., Valenzuela, S., Sandra, A. & Sanhueza, A. (2012). Corriente epistemológica positivista y su influencia en la generación del conocimiento en enfermería. *Aquichan*, 12(2), [23 de noviembre de 2019]. ISSN: 1657-5997. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=741/74124103007>
- Secretaría de Educación Pública. (2008). Acuerdo número 444 Por el que se establecen las competencias que constituyen el marco curricular común del sistema nacional de bachillerato.
- \_\_\_\_\_ (2013). *Programa de Estudios de Química. Bachillerato Tecnológico. Componentes Básico y Propedéutico*. Recuperado de File:///C:/users/alumno/downloads/química\_acuerdo\_653\_2013.pdf.
- \_\_\_\_\_ (2016). *El Nuevo Modelo Educativo*. Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/114501/Modelo\\_Educativo\\_2016.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/114501/Modelo_Educativo_2016.pdf) P. 32
- \_\_\_\_\_ (2017). *Educación Media Superior Perfil de Egreso*. Recuperado de [http://sems.gob.mx/work/models/sems/Resource/12482/1/images/ems\\_perfil\\_de\\_egreso.pdf](http://sems.gob.mx/work/models/sems/Resource/12482/1/images/ems_perfil_de_egreso.pdf)
- \_\_\_\_\_ (2018). *Programa de estudios del componente básico del Marco Curricular Común de la Educación Media Superior: Biología* Recuperado de [http://www.sems.gob.mx/work/models/sems/Resource/12615/5/images/3\\_Biolog%C3%ADa.pdf](http://www.sems.gob.mx/work/models/sems/Resource/12615/5/images/3_Biolog%C3%ADa.pdf)
- \_\_\_\_\_ (2020). *Secretaría de Educación Pública*. Obtenido de Secretaría de Educación Pública: [http://planea.sep.gob.mx/content/general/docs/2015/PlaneaFasciculo\\_1.pdf](http://planea.sep.gob.mx/content/general/docs/2015/PlaneaFasciculo_1.pdf)
- Silsko, J. & Madrigal, A. (2010). Un frasco flota en el agua y se hunde en el aceite: ¿Cómo los alumnos de bachillerato explican tales hechos y que predicen para una situación más compleja? *Latin-American Journal of Physics Education*. 4(2), 408-414.
- Simone, R. (2001). *La Tercera Fase*. (1ª Edición). Madrid: Taurus

- Soto, C. (1998). El cambio conceptual: una teoría en evolución. *Revista de educación y pedagogía*, X(21), 51-66.
- Székely, M. (2010). Avances y transformaciones en la Educación Media Superior. En A. Arnaut y Giorguli, S. (1ª Edición), *Los grandes problemas de México* (pp. 271-336). México DF, México: El Colegio de México.
- Tamayo, O. E. (2001). *Evolución conceptual desde una perspectiva multidimensional. Aplicación al concepto de respiración*. (Tesis inédita de doctorado). Universidad Autónoma de Barcelona. España.
- Talán, R. (1994). El Sistema Nacional de Educación Tecnológica. En Conacyt, *México, Ciencia y Tecnología en el Umbral del Siglo XXI*. (581-617). México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Tenreiro, C. & Vieira, R. (2006). Diseño y validación de actividades de laboratorio para promover el pensamiento crítico de los estudiantes. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(3), 452-466.
- Tobón, S. (2005). *Formación Basada en Competencias*. (2ª edición). México D.F: Eco Ediciones. P.
- Torres, S. et al., (2005). Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de la química en Educación Superior. *Extra*, 1-5
- Unidad de Educación Media Superior Tecnológica Industrial y de Servicios. (2016). UEMSTIS. Recuperado de <https://uemstis.sep.gov.mx/index.php/quienes-somos/82-historia-dgeti>.
- Valverde, G., Jiménez, R. y Viza, A. (2006). La atención a la diversidad en las prácticas de laboratorio de química: los niveles de apertura. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 24(1), 59-70.
- Vázquez, A., Acevedo, J. y Manassero, M. (2003). Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. *REEC: Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 2(2), 1-32.
- Velázquez, M. (1992). *Origen y desarrollo del plan de estudios del bachillerato universitario 1867-1990*. México, DF: Coordinación de Humanidades, Centro de Estudios sobre la Universidad, UNAM.
- Villa, L. (1999). La Educación Media en México. (1ª Edición) En *InterMedia, Encuentro Internacional de Educación Media. Memorias* (105-110). Bogotá: Alcaldía Mayor de Santa Fe de Bogotá, D.C.-Secretaría de Educación.
- Villa, L. y Rodríguez, R. (2003). Education and Development in Mexico. En Middlebrook, K. y Zepeda, E. (1ª Edición). *Confronting Development: Assessing Mexico's Economic and Social Policy Challenges*. (277-319). Standford: Standford University Press-Center for US Mexican Studies.

- Villa, L. (2010). La educación media superior: su construcción social desde el México independiente hasta nuestros días. En A. Arnaut y Giorguli, S. (1ª Edición), *Los grandes problemas de México* (pp. 271-336). México DF, México: El Colegio de México.
- White, H., & S. Sabarwal (2014). Diseño y métodos cuasiexperimentales. *Síntesis metodológicas: evaluación de impacto* n.º 8, Centro de Investigaciones de UNICEF, Florencia.
- Zabalza, M. (2006). *Competencias docentes del profesorado universitario*. (2ª Edición). Madrid, España. Narcea, S.A. de Ediciones. P. 71-72
- Zárraga, J., Velázquez, I. y Rodríguez, A., (2004). *Química experimental. Prácticas de laboratorio*. (1ª Edición). México, D.F: McGraw Hill.
- Zorrilla, J. (2015). *El bachillerato mexicano: un sistema académicamente precario. Causas y consecuencias*. México: IISUE-UNAM.



## Conclusiones generales

Este trabajo tuvo por objetivo diseñar e implementar estrategias de enseñanza alternativas en el trabajo práctico de la química, para propiciar la obtención de mejores resultados de aprendizaje que contribuyen al desarrollo y fortalecimiento de la competencia científica y la comunicación de hallazgos. Se desarrolló un modelo de investigación-acción que en primera instancia recuperó aspectos teóricos fundamentales para el desarrollo de una propuesta de intervención educativa. Luego del estudio teórico práctico-realizado con estudiantes se ha llegado a las siguientes conclusiones:

El enfoque de enseñanza actual de las ciencias centrado en el aprendizaje de conceptos y cuestiones algorítmicas ha generado resultados negativos en el desarrollo de competencias científicas tales como el planteamiento de hipótesis, control experimental, reporte de resultados y comunicación de resultados.

El trabajo en laboratorio bajo un enfoque de investigación que pretende imitar el trabajo de campo y trasladarlo al aula es el ideal para el desarrollo de las habilidades de carácter científico.

Es posible diseñar secuencias didácticas para el trabajo práctico que formen parte integral de los programas de estudios de química, en vez de considerarlas un trabajo aislado o secundario sin relación con el trabajo en el aula.

Se recomienda reducir la cantidad de prácticas experimentales realizadas en el periodo escolar, pero dándoles mayor complejidad de acuerdo con el número de sesiones necesarias para un proceso de investigación bien fundamentado.

El trabajo práctico en química no está limitado a un espacio físico, pues cualquier lugar que favorezca la curiosidad del alumno ante algún fenómeno físico es considerado un laboratorio experimental en el momento en que se

busquen respuestas. Es posible realizar prácticas de laboratorio bajo el enfoque de investigación dirigida aún y en una situación de educación a distancia.

La propuesta realizada mejoró la capacidad del estudiante para comunicar los hallazgos de una investigación de manera escrita, esto debido a que por cuestiones de tiempo solo fue posible realizar dos secuencias, sin embargo, la descripción de la puesta en marcha de la intervención arrojó información sobre otras variables y resultados que no estaban contemplados en el inicio.

Los estudiantes atendidos cursaban al primer semestre del bachillerato general y tenían conocimientos básicos del nivel macroscópico de la química. En cuanto al nivel simbólico, no contaban con ninguna información, siendo este un problema que deberá atenderse en el futuro, pues el rezago es considerable.

Aunque sola una competencia fue evaluada y ponderada los estudiantes observaron otras competencias científicas y comprendieron que es necesario contar con conocimientos más amplios.

Para elegir el nivel de abertura o la libertad dado al alumno en cada una de las etapas del trabajo, se consideraron saberes y habilidades previas, ya que la capacidad del alumno para desarrollar un proceso de investigación de manera autónoma es directamente proporcional al bagaje de competencias que posee.

Al finalizar un proceso experimental, una vez que se comprendió el fenómeno estudiado, es posible continuar el proceso de nuevos descubrimientos sin necesidad de pasar por la etapa de la experimentación, basta con presentar una serie de datos y generar preguntas investigables, donde el alumno pueda inferir las posibles respuestas y llegar a conclusiones basadas en hechos. Para lograr lo anterior, el alumno debe poseer avances considerables en el desarrollo del pensamiento formal, ideal que se logra a través de la enseñanza de las ciencias bajo este enfoque.

El fin del trabajo práctico es lograr la autonomía total en el proceso de aprendizaje. Un estatus donde el estudiante desarrolle y gestione sus pasos a seguir para la resolución de un problema, la explicación de un fenómeno o responder una pregunta investigable.

El desarrollo del proyecto permite sugerir recomendaciones para próximos estudios:

- a) Se mantiene la postura de cambiar el enfoque tradicional del trabajo práctico y optar por estrategias de tipo investigativo, donde se parta de la observación de un fenómeno para utilizar de manera activa los conceptos asociados contemplando la introducción paulatina de los niveles de la química.
- b) La investigación genera nuevas preguntas de investigación, por ejemplo; ¿Cómo diseñar e implementar este tipo de actividades en grupos numerosos? Una hipótesis al respecto es utilizar datos ya sistematizados a partir de un experimento

realizado por personas ajenas al aula, de donde se desprendan nuevas preguntas, supuestos y conclusiones.

Generar equipos de trabajo, donde se deleguen los pasos del método científico a manera de tareas consistentes en detectar el problema, generar preguntas, hipótesis y diseñar el experimento.

*¿Cómo mejorar la evaluación de tareas tan complejas como el trabajo práctico en términos de eficacia y eficiencia?*

Considerando que la evaluación realizada en este trabajo cumplió en relación con la calidad implementada en una sola competencia y con un grupo integrado por cuatro estudiantes, es necesario recalcar que se trabajó a distancia por las limitaciones impuestas por la pandemia, por lo que debemos preguntarnos cómo se desarrollaría en el aula con un grupo de 45 alumnos insertos en un contexto curricular que demanda la revisión puntual de los métodos de aprendizaje.



*Enseñanza de las ciencias en tiempos de pandemia: Prácticas de investigación para el fortalecimiento de competencias científicas* de Antonio de Jesús Estrada Maldonado, Evelia Reséndiz Balderas y Rosa Delia Cervantes Castro, autores, se publicó de manera digital en noviembre de 2022 mediante la Universidad Autónoma de Tamaulipas y Ediciones Coyoacán, S.A. de C.V. Av. Hidalgo No. 47-B, Colonia Del Carmen, Alcaldía de Coyoacán, 04100, Ciudad de México. La revisión y diseño editorial correspondieron al Consejo de Publicaciones UAT.

La enseñanza de la ciencia tiene como misión desarrollar competencias que doten al individuo de capacidades destinadas a ampliar sus perspectivas de aprendizaje. De esta manera podrá entender de mejor manera los elementos básicos que rigen el funcionamiento de la naturaleza, para ello será necesario modificar los rumbos de la enseñanza tradicional; ese espacio donde es frecuente enfocarse en conceptos aislados y rutinas destinadas a obtener resultados que poco motivan a los estudiantes.

Este libro pretende otorgar los elementos de análisis necesarios para que los alumnos obtengan mayores beneficios de la formación obligatoria con vistas al desarrollo de competencias científicas, mediante una propuesta de intervención educativa fundamentada en la investigación a través del trabajo práctico desarrollado en talleres o laboratorios.

ISBN UAT: 978-607-8750-98-6

ISBN Fontamara: 978-607-736-765-9



**Consejo de  
Publicaciones**

ISBN 978-607-736-765-9



9 786077 367659

