

Análisis del estado del arte de las dificultades de aprendizaje y estrategias de enseñanza del concepto de disoluciones químicas en estudiantes de secundaria

Julieth Paola Vargas García

Licenciada en Ciencias naturales: Física, química y biología

Estudiante de la maestría en química

Modalidad profundización

Código: 16818220423

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Universidad de Caldas

Manizales, Caldas

17/05/2023

Dedicatoria

A Dios, por la sabiduría y la fuerza de voluntad para culminar este proyecto.
A mi hijo, por ser la motivación para culminar este estudio y por su paciencia de
esperar todas las noches para poder jugar.
A mi esposo, a pesar de las circunstancias siempre me apoyo y confió en mis
capacidades.
A mis padres, que me han formado en valores para ser una persona de bien,
motivarme cada día y cuidar de mi hijo.

Análisis del estado del arte de las dificultades de aprendizaje y estrategias de enseñanza del concepto de disoluciones químicas en estudiantes de secundaria

Este trabajo se presenta como requisito parcial para optar el título de Magister en química, en la modalidad de profundización

}

Julieth Paola Vargas García

Licenciada en Ciencias Naturales: Física, Química y Biología

Estudiante de la Maestría en Química

Modalidad profundización

Código: 16818220423

Directora

José Mauricio Rodas Rodríguez

Candidato a Doctor en Ciencias Químicas

Co-director

Luz Amalia Ríos Vásquez

Doctora en Ciencias-Química

Docente titular del Departamento de Química

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Universidad de Caldas

Manizales, Caldas

17/05/2023

Tabla de contenido

1	Resumen	9
2	Planteamiento del problema	11
3	Justificación.....	13
4	Objetivos.....	15
4.1	Objetivo general	15
4.2	Objetivos específicos	15
5	Marco referencial.....	16
5.1	Fundamento histórico de las disoluciones químicas.....	16
5.2	Lineamientos curriculares del concepto de disoluciones según el Ministerio de Educación Nacional de Colombia (MEN).....	18
6	Metodología.....	24
6.1	Generalidades	24
6.2	Analizar los resultados de las pruebas Saber 11 de ciencias naturales de la Institución educativa Esteban Rojas Tovar desde el año 2018 al 2022.....	24
6.2.1	Recopilación de los resultados de la prueba Saber 11°	24
6.2.2	Análisis de respuestas incorrectas en cada aprendizaje evaluado en los procesos químicos en la prueba de ciencias naturales.....	24
6.2.3	Análisis de los niveles de desempeño en Ciencias Naturales.....	24
6.3	Identificar las dificultades de aprendizaje que los estudiantes de secundaria presentan del concepto de disoluciones según las investigaciones de diferentes autores	25
6.3.1	Recopilación de la información	25
6.3.2	Mapeo científico.....	26
6.4	Identificar las principales estrategias de enseñanza de la temática “disoluciones” en secundaria.....	26
7	Análisis de resultados.....	27
7.1	Análisis de los resultados de las pruebas Saber 11 de la Institución educativa Esteban Rojas Tovar desde el año 2018 al 2022	27
7.1.1	Análisis de respuestas incorrectas en cada aprendizaje evaluado en los procesos químicos en la prueba de ciencias naturales.....	27
7.1.2	Análisis de los niveles de desempeño en Ciencias Naturales.....	29
7.2	Mapeo científico	31

7.3	Identificación de las dificultades de aprendizaje que los estudiantes de secundaria presentan del concepto de disoluciones según las investigaciones de diferentes autores	36
7.3.1	Dificultades de aprendizaje de las disoluciones desde la comprensión de la naturaleza discontinua de la materia	36
7.3.2	Dificultades de aprendizaje de las disoluciones desde la de la teoría cinético-molecular.	38
7.3.3	Dificultades de aprendizaje de las disoluciones desde la comprensión de las relaciones cuantitativas.	39
7.3.4	Dificultades de aprendizaje con conceptos relacionados a las disoluciones	40
7.3.5	Otras dificultades	42
7.4	Modelos mentales	42
8	Principales estrategias y recursos de enseñanza de la temática “disoluciones” en secundaria	47
8.1.1	Unidades didácticas	47
8.1.2	Contextualización	54
8.1.3	Constructivismo	62
8.1.4	Implementación de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC)	65
8.1.5	Aprendizaje basado en problemas ABP	68
8.2	Discusión sobre las estrategias de enseñanza del concepto de disoluciones química en estudiantes de secundaria	69
9	Conclusiones.....	71
10	Bibliografía.....	73

Lista de siglas o abreviaturas

ABP Aprendizaje basado en problemas

CTS Ciencia, tecnología y sociedad

DBA Derecho básico de aprendizaje

DCE Diseño centrado en evidencias

EBC Estándares básicos de competencias

EE Establecimiento Educativo

ETC Ente territorial certificado

IEERT Institución Educativa Esteban Rojas Tovar

MEN Ministerio de Educación Nacional

MPC Modelos de cuadros y puntos

OVA Objeto virtual de aprendizaje

TCM Teoría cinético molecular

UD Unidades didácticas

Lista de tablas

Tabla 1. Derechos básicos de aprendizaje de ciencias naturales de primaria del tema de disoluciones químicas y sus respectivas evidencias.	20
Tabla 2. Porcentajes de promedio de respuestas incorrectas en cada aprendizaje evaluado con respecto a los procesos químicos (2018-2022).....	28
Tabla 3. Principales aprendizajes con porcentajes altos y su respectiva competencia	29
Tabla 4. Porcentaje de estudiantes por niveles de desempeño en Ciencias Naturales	30
Tabla 5. Dificultades de aprendizaje de las disoluciones desde la comprensión de la naturaleza discontinúa de la materia.	37
Tabla 6. Dificultades de aprendizaje desde la comprensión de la teoría cinético molecular.....	39
Tabla 7. Concepciones y dificultades sobre el concepto de concentración en estudiantes de nivel medio, tomado de Raviolo	40
Tabla 8. Taxonomía de criterios de selección de la docente.....	52
Tabla 9. Actividades realizadas en la aplicación.....	54
Tabla 10. Rubrica analítica diseñada para evaluar las representaciones de los estudiantes.	59
Tabla 11. Rubrica para la categorización de las representaciones y explicaciones acerca del dióxido de carbono en la bebida.	60

Lista de figuras

Figura 1. Resultados de puntaje Nacional IEERT	13
Figura 2. Porcentaje de estudiantes por niveles de desempeño en ciencias naturales	14
Figura 3. Red de co-ocurrencia de palabra con horizonte temporal	32
Figura 4. Nube de la distribución de las palabras claves	34
Figura 5. Investigaciones más citadas según sus principales autores	35
Figura 6. Número de citas en el tiempo	35
Figura 7. Respuesta de un estudiante "veríamos pequeñas partículas de color azul de sulfato de cobre" tomado de Nappa y colaboradores	38
Figura 8. Desarrollo lógico matemático del concepto de molaridad.	40
Figura 9. Respuesta de un estudiante frente a la disolución del sulfato cúprico en agua y etanol en agua.	41
Figura 10. Grado de visualización macroscópico.....	45
Figura 11. Grado de visualización particular	45
Figura 12. Grado de visualización molecular.....	45
Figura 13. Algunos conceptos clasificatorios.....	49
Figura 14. Algunos conceptos comparativos asociados a las disoluciones.....	49
Figura 15. Algunos conceptos métricos asociados a las disoluciones.	50
Figura 16. Esquema referencial para el diseño de las actividades propuestas	51
Figura 17. Algunas de las dificultades identificadas en los niveles según el esquema de pensamiento....	53
Figura 18. Esquemas de las preguntas de investigación.....	57
Figura 19. Etapas de caramelo a diferentes temperaturas.....	62
Figura 20. Ejemplo de pregunta del test.....	63
Figura 21. Formulario de auto evaluación del alumno utilizado en el estudio.	63
Figura 22. Capturas de pantalla de la animación.....	66

1 Resumen

El aprendizaje de la química presenta dificultades que pueden hacer su enseñanza un poco compleja, debido a la falta de comprensión de conceptos¹ o la poca asociación de los conceptos dentro del contexto del estudiante durante el proceso de enseñanza –aprendizaje, además, la forma tradicional en que son abordadas algunas de las temáticas en el aula, como sucede en el aprendizaje de las disoluciones químicas que emplea conceptos y modelos teóricos muy abstractos que dificultan su comprensión.¹²

El tema de disoluciones químicas, es de gran importancia dentro del currículo colombiano, el cual es evaluado por el examen de la educación Media, Saber 11, prueba que evalúa las competencias de ciencias naturales (explicación de fenómenos, uso comprensivo del conocimiento científico e indagación) y de esta manera mide en los estudiantes la capacidad que tienen para comprender y usar conceptos, nociones y teorías de las ciencias naturales en la solución de problemas.³ De ahí que, los estudiantes adquieran habilidades que desarrollen dichas competencias, por eso, es necesario identificar las dificultades para diseñar estrategias que permitan superarlas.⁴ De tal forma la presente investigación plantea la identificación de las dificultades de aprendizaje y estrategias de enseñanza del concepto de disoluciones en estudiantes de secundaria.

Para ello, se ha desarrollado una metodología en la que se plantearon actividades que conllevaron al logro de los objetivos planteados. Para el primer objetivo se desarrollaron tres actividades que permitieron identificar y analizar los aprendizajes con mayores números de respuestas incorrectas y los niveles de desempeño con menor porcentaje en la Institución Educativa Esteban Rojas Tovar del municipio de Tarqui-Huila. Así mismo, para el cumplimiento de los demás objetivos se desarrollaron actividades que identificaron las publicaciones más citadas que investigan las dificultades de aprendizaje y estrategias de enseñanza desde el 2000 al 2023.

Las dificultades identificadas se organizaron desde tres núcleos conceptuales; desde la comprensión de la naturaleza discontinua de la materia, desde la de la teoría cinético-molecular y desde la comprensión de las relaciones cuantitativas, además, se evidenciaron otras dificultades conceptuales, como los es la solubilidad, cambio físico y cambio químicos. Por otra parte, las

estrategias de enseñanza encontradas están relacionadas con el diseño de unidades didácticas, la implementación de las TICs, constructivismo y la más reciente, el empleo de la contextualización.

Palabras claves: disoluciones químicas, enseñanza, dificultades, estudiantes de secundaria.

2 Planteamiento del problema

El aprendizaje de la química presenta dificultades que pueden hacer su enseñanza un poco compleja, la falta de comprensión de conceptos que pueden deberse a incomprensiones en las interpretaciones macroscópicas o microscópicas.¹ También la poca asociación por parte del estudiante durante el proceso de enseñanza –aprendizaje de los conceptos en su contexto, además de la forma tradicional en que son abordadas las temáticas en el aula. También, se presenta la concesión continua y estática de la materia; el no diferenciar un cambio físico de un cambio químico;⁵ dificultades de identificación de conceptos como sustancia pura, elemento, compuesto y mezcla; dificultad para establecer relaciones cuantitativas;⁶ falta de comprensión y vinculación de los aspectos macroscópicos de los fenómenos con sus representaciones submicroscópicas y simbólicas.⁷

Estas dificultades se relacionan con el tema de disoluciones químicas, temática de enseñanza involucrada dentro del currículo escolar de secundaria, en donde los estudiantes deben comprender conceptos como la ley de la conservación de la materia, fuerzas intermoleculares y tipos de enlaces, para alcanzar la competencia de reconocer las características de los sistemas homogéneos y los cálculos de sus concentraciones de acuerdo con lo establecido por el Ministerio de Educación Nacional (MEN).⁸

Pero, en el momento de abordar el concepto de disoluciones los estudiantes también presentan dificultades, como la poca facilidad para diferenciar las unidades químicas (volumen, moles, etc.)⁹, no correlacionar proporción para realizar comparaciones entre las concentraciones de dos sustancias, no asociar el concepto de mol con cantidad de sustancia, por lo que se les dificulta realizar procedimientos cuantitativos.¹⁰ Además, según Umbarila¹¹, los estudiantes relacionan las disoluciones solo en estado líquido y no en otro estado de agregación y consideran que las disoluciones son un cambio químico y no un cambio físico, además confieren propiedades macroscópicas a lo microscópico, concepción corpuscular de la materia y naturaleza del enlace químico.¹²

Por lo tanto, el proceso de aprendizaje puede tener resultados poco satisfactorios, como el caso del examen de Estado de la educación Media, Saber 11° de ciencias naturales, que evalúa el desempeño del desarrollo de las competencias; uso comprensivo del conocimiento científico, explicación de fenómenos e indagación, los resultados pocos satisfactorios de la instituciones (públicas o privadas) pueden inferir que se debe generar estrategias que promuevan el aprendizaje y de esta manera mejorar la calidad de educación.¹³ De igual forma, los bajos resultados académicos en los estudiantes, puede hacer que el estudiante desista de continuar con sus estudios o genere apatía hacia estos,¹⁴ por lo cual, es de gran importancia que las diferentes estrategias de enseñanza que se implementen en los estudiantes de secundaria faciliten el proceso de aprendizaje sin hacerlo complejo de comprender.

Por lo anterior, en este trabajo se planteó responder las siguientes preguntas de investigación: ¿Cuáles son las dificultades de aprendizaje del tema de disoluciones químicas que presentan los estudiantes de secundaria? ¿Cuáles son las estrategias en el proceso de enseñanza de disoluciones químicas que se han implementado con el fin de lograr un mejor aprendizaje de parte de los estudiantes de secundaria?

3 Justificación

Es un hecho ya conocido que los estudiantes presentan dificultades en el proceso de aprendizaje de la química, esto se ve reflejado en el rendimiento académico y resultados de evaluaciones estandarizadas como el examen de Estado de la educación Media, Saber 11°, instrumento que se encarga de evaluar las competencias básicas definidas por el Ministerio de Educación Nacional (MEN) a quienes han culminado el proceso de educación básica y media (decreto 869 de 2010).¹⁵ Según decreto 2343 de 1980 también tiene como propósito medir la calidad de la educación impartida por las instituciones educativas para brindar información a los establecimientos educativos de las fortalezas y debilidades de los estudiantes a partir de los resultados y de esta manera elaborar estrategias que permitan un mejor aprendizaje y por lo tanto un mejor resultado.

El análisis de los resultados de las prueba de ciencias naturales de los años 2018 al 2022 de la Institución Educativa Esteban Rojas Tovar (IEERT) permite tener la oportunidad de mejorar la calidad de educación del EE,³ debido a la similitud del promedio del puntaje de ciencias naturales similar al promedio Nacional (Figura 1), además, los promedios de los niveles de desempeño de estos años evidencia que gran parte de los estudiantes del EE se han ubicado en los niveles de desempeño 1 y 2, una menor cantidad en 3 y casi ninguno en el 4 (Figura 2) el escenario ideal es que el mayor porcentaje se ubicaran en los niveles 3 y 4 ya que estos niveles son jerárquicos, pues tienen una complejidad creciente, haciendo que el nivel 4 sea el de mayor complejidad.¹⁶

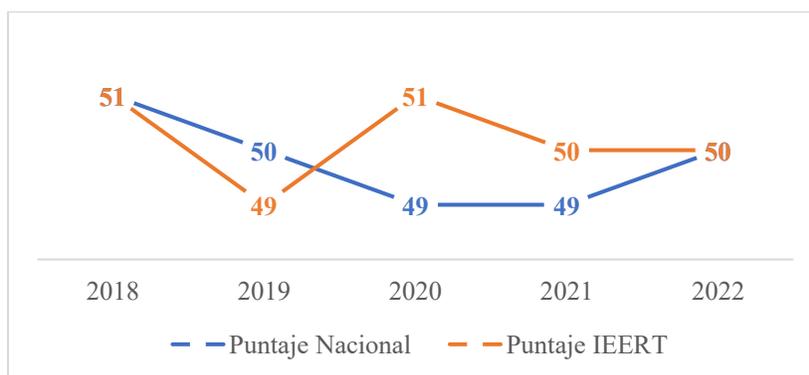


Figura 1. Resultados de puntaje Nacional IEERT

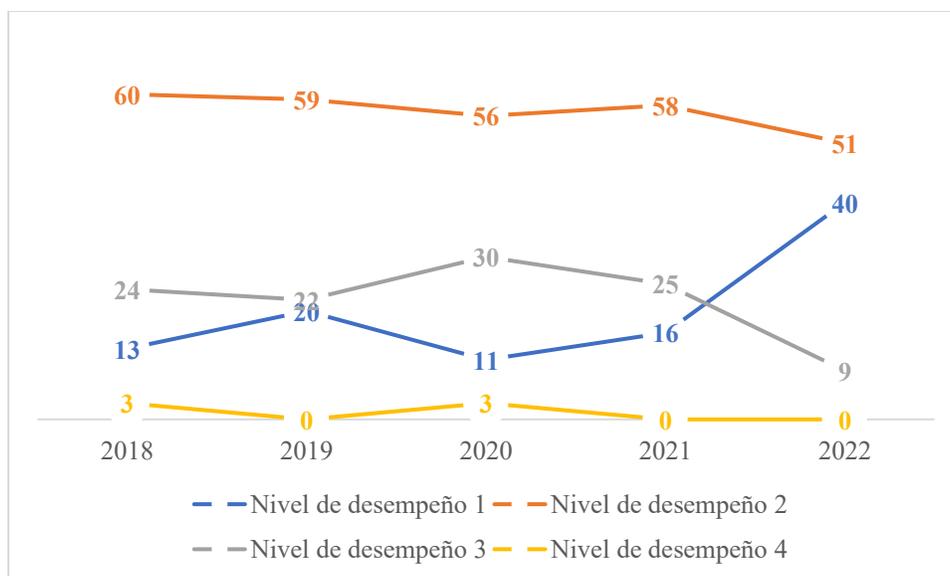


Figura 2. Porcentaje de estudiantes por niveles de desempeño en ciencias naturales

Según las competencias los estudiantes presentaron mayor dificultad en los aprendizajes 1,2,3 y 8, pues fueron los que tuvieron mayor porcentaje de promedio de respuestas incorrectas en lo evaluado en los procesos químicos fueron el 1,2,3 y 8 (Tabla 1), la evidencia en cada una de estas competencias (Tabla 2) permite inferir que uno de estos conceptos de dificultad de aprendizaje es el de disoluciones químicas, pero hay que tener en cuenta que aunque los resultados de la prueba de ciencias naturales es indispensable, no es el único indicador de aprendizaje en los estudiantes, la prueba solo evalúa ciertas habilidades,¹⁵ razonar, resolver problemas, pensar con rigurosidad y apreciar de forma crítica el conocimiento y sus consecuencias en la sociedad y en el ambiente.¹³

El presente trabajo al ser una revisión analítica descriptiva proporciona información de gran utilidad,¹⁷ específicamente del estado de las dificultades de aprendizaje del concepto de disoluciones químicas, además identifica algunas de las principales metodologías y resultados de las estrategias que se han implementado para superar los obstáculos, por tanto, el documento puede permitir a los docentes de química elaborar estrategias adecuadas para la enseñanza del concepto de disoluciones y de esta manera contribuir a superar las dificultades del tema para hacer más fácil el aprendizaje de la química y así mismo tener una oportunidad para mejorar la educación.

4 Objetivos

4.1 Objetivo general

Analizar, a partir de una revisión documental, las investigaciones didácticas que abordan el proceso de enseñanza y aprendizaje del concepto de disoluciones químicas.

4.2 Objetivos específicos

1. Analizar los resultados de las pruebas Saber 11 de ciencias naturales de la Institución educativa Esteban Rojas Tovar desde el año 2018 al 2022.
2. Identificar las dificultades de aprendizaje que los estudiantes de secundaria presentan del concepto de disoluciones según las investigaciones de diferentes autores.
3. Identificar las principales estrategias de enseñanza de la temática “disoluciones” en secundaria.

5 Marco referencial

5.1 Fundamento histórico de las disoluciones químicas

El ser humano se ha interesado por conocer la naturaleza de la materia y sus propiedades, en su estudio ha identificado propiedades y comportamientos que han sido de gran importancia para el avance científico. Esto permite explicar la conducta de la materia a nivel macroscópico y microscópico. Muchos personajes a través de la historia contribuyeron al estudio de la naturaleza de la materia, como Antoine Lavoisier, quien revolucionó la química al comprobar que la materia durante los cambios físicos y químicos no se crea ni se destruye, solo se transforma.¹⁸

Uno de los estudios de interés fue el fenómeno de la solubilidad de una sustancia en otra, de cómo el soluto desaparecía, la transparencia de la solución, la constancia de la masa, la modificación del volumen, la alteración de la temperatura o la saturación.¹⁹ Muy pocos son los personajes que centraron sus estudios en la explicación del tema, sin embargo, Dolby (1976) y Holding (1987)¹⁹ proponen tres vertientes en la evolución histórica del conocimiento en el tema de disoluciones:

- i. Naturaleza continua/discontinua de las disoluciones
- ii. Interacción entre las entidades presentes en disolución
- iii. Atribución de movimiento a las entidades presentes en disolución.

- i. Naturaleza continua/discontinua de las soluciones

Se considera que Platón fue el primero en dar una explicación a la desaparición del soluto a través de un proceso de interpenetración que supone la aceptación de la idea de vacío, pero fue Aristóteles quien planteó la primera teoría aceptada para el esclarecimiento de las disoluciones, la cual sostenía como real lo que parece ocurrir al soluto cuando se disuelve, es decir, se consideraba que si una gota de vino cayera al agua acabaría por convertirse en agua, lo que conlleva a un modelo continuo de materia.

Posteriormente Paul Gasendi (1592-1655) citado por Blanco y colaboradores¹⁹ propone un modelo de poros con formas, en el cual suponía que los cristales de sal estaban compuestos de pequeñas

partículas llamadas corpúsculos según Holding, (1987) citado por Méndez y colaboradores,²⁰ de este modo explicaba el proceso de disolución diciendo que los corpúsculos de sal se metían en los poros cúbicos del agua. Esta teoría evolucionó más tarde con la aparición de la teoría atómica del siglo XIX considerando el vacío, no como intersticios dentro de la materia, si no como espacios no ocupados por esta.

ii. Interacción entre las entidades presentes en disolución

Su explicación comienza con la teoría del asalto en el cual se representa el proceso de disolución como un cañoneo del sólido por las partículas en rápido movimiento del agua y el consecuente movimiento de las partículas del soluto hacia los huecos del agua, esta teoría se aceptó desde la mitad del siglo XVII hasta comienzos del siglo XIX.

Luego Newton dio una definición de gran importancia para la explicación de las disoluciones, la existencia de fuerzas atractivas y repulsivas entre los cuerpos diminutos, explicando que la sal puede disolverse en el agua, si las partículas de la sal muestran mayor atracción por las moléculas del agua que por las suyas.

Más tarde George Louis (1707-1788) citado Çalýk y colaboradores²¹ propone que dicha interacción entre los cuerpos minúsculos se debía a que las sustancias de similares características estarían constituidas por cuerpos de igual forma, cumpliéndose la regla general que lo “semejante disuelve lo semejante”

En la misma época Claude Louis Berthollet (1749-1822) desarrolla la teoría de la combinación química entre soluto y disolvente, explicando que todas las sustancias reaccionan sin importar la proporción sin hacer distinción entre compuesto y disoluciones¹⁹ creando una controversia ya que Berthollet pensaba que los cambios químicos iban acompañados de las disoluciones de alguna sustancia en agua, dando lugar a la creación de los criterios para diferenciar cambios químicos y cambios físicos.¹⁸

Con relación a lo anterior Dimitri Ivanovic Mendeléyev (1834-1907) propone y difunde la teoría de los hidratos, este considero que la teoría era el método más admisible para explicar los cambios

químicos en una disolución. A pesar de la gran popularidad de la teoría, fue refutada por William Nicol (1855-1929) quien propuso en 1883 la teoría de interacción mutua, entre las moléculas del soluto y el disolvente y sostuvo que para que se lleve a cabo la disolución, la fuerza de interacción entre soluto y disolvente debe superar la fuerza intramolecular del soluto.¹⁹

iii. Atribución de movimiento a las entidades presentes en disolución

Hasta este momento el estudio de las disoluciones estaba concentrado solo en líquido-sólido, líquido-líquido y sólido-sólido, pero aparece la teoría cinética de los gases, permitió dar las primeras explicaciones de los aspectos cuantificables, reversibles y los fenómenos de disolución en los que intervenían los gases. En relación con lo anterior, Leander Dossis (1847-1883) propuso que las disoluciones entre gases están asociadas a la energía cinética, afirmando que la solubilidad de los gases puede aumentar o disminuir si aumenta o disminuye la temperatura o la presión. Este estudio contribuyó a la formulación de la teoría del movimiento por el botánico Robert Brown (1773-1858) que proponía que el movimiento de las partículas de los gases y líquidos no sólo dependía de la energía cinética, también de otros factores como son la viscosidad, el tamaño de las partículas, entre otros.

Posteriormente se formularon diferentes modelos y teorías que permiten explicar las disoluciones partiendo de conceptos termodinámicos, como son las variaciones de entropía, de entalpía, y la energía libre de Gibbs que permite dar explicación de la disolución en cualquier estado de agregación.¹⁹

5.2 Lineamientos curriculares del concepto de disoluciones según el Ministerio de Educación Nacional de Colombia (MEN)

El currículo de Ciencias Naturales de Colombia contiene derechos básicos de aprendizaje (DBA), aprendizajes que han de entender los estudiantes en cada uno de los grados de educación escolar, para que alcancen los estándares básicos de competencias (EBC) propuestos para cada grupo de grados. Los EBC de Ciencias Naturales presentan tres competencias: explicación de fenómenos, uso comprensivo del conocimiento científico e indagación; las cuales son evaluadas año tras año

por medio del examen de Estado de la educación Media, Saber 11° a los estudiantes del grado undécimo del todo el territorio.

Este examen está creado bajo el Diseño centrado en evidencias (DCE) el cual busca que la evaluación sea estandarizada en cada una de las áreas básicas de conocimiento que evalúa. La prueba de Ciencias Naturales tiene como fin medir en los estudiantes la capacidad que tienen para comprender y usar conceptos, nociones y teorías de las ciencias naturales en la solución de problemas, conformada por tres competencias: 1) uso comprensivo del conocimiento científico, 2) explicación de fenómenos e 3) indagación.³

Estas competencias están alineadas con los estándares de ciencias naturales y sus respectivas evidencias de aprendizajes, al ser evaluada cada una de estas competencias se espera que el estudiante alcance los siguientes objetivos:^{3,16}

1. Uso comprensivo del conocimiento científico:
 - a. Identificar las características de algunos fenómenos de la naturaleza, basándose en el análisis de información y conceptos propios del conocimiento científico.
 - b. Asociar fenómenos naturales con conceptos propios del conocimiento científico.

2. Explicación de fenómenos:
 - a. Explicar cómo ocurren algunos fenómenos de la naturaleza sobre la base de observaciones, patrones y conceptos propios del conocimiento científico.
 - b. Modelar fenómenos de la naturaleza basándose en el análisis de variables, la relación entre dos o más conceptos del conocimiento científico y la evidencia derivada de investigaciones científicas.
 - c. Analizar el uso potencial de los recursos naturales o artefactos y sus efectos sobre el entorno y la salud, así como las posibilidades del desarrollo que brindan para las comunidades.

3. Indagación:
 - a. Establecer qué tipo de preguntas puede contestarse mediante una investigación científica.
 - b. Utilizar procedimientos para evaluar predicciones.

- c. Observar y relacionar patrones en los datos para evaluar predicciones.
- d. Derivar conclusiones sobre la base de conocimientos científicos y evidencia de su propia investigación y de la de otros.

En concordancia a los objetivos de las competencias, se evalúa cuatro componentes, biológico, físico, químico y ciencia, tecnología y sociedad (CTS). El componente de interés, el químico, evalúa temas como son; cambios químicos, el átomo, tipos de enlace, propiedades de la materia, estequiometría, separación de mezclas, solubilidad, gases ideales, transformaciones y conservación de la materia,²² por lo tanto, en el proceso de aprendizaje en química, se debe relacionar los lineamientos curriculares para que estén encaminados a que los estudiantes adquieran las competencias mencionadas.

Dentro de los lineamientos curriculares de Colombia se encuentran cuatro derechos básicos de aprendizaje (DBA)²² que permite que los estudiantes adquieran los aprendizajes estructurantes con relación a las disoluciones, la Tabla 1 relaciona los DBA del tema de disoluciones en primaria y secundaria.

Tabla 1. Derechos básicos de aprendizaje de ciencias naturales de primaria del tema de disoluciones químicas y sus respectivas evidencias.

Grado	DBA	Evidencia de aprendizaje
Cuarto	Comprende que existen distintos tipos de mezclas (homogéneas y heterogéneas) que de acuerdo con los materiales que las componen pueden separarse mediante diferentes técnicas (filtración, tamizado, decantación, evaporación).	Clasifica como homogénea o heterogénea una mezcla dada, a partir del número de fases observadas.
		Predice el tipo de mezcla que se producirá a partir de la combinación de materiales, considerando ejemplos de materiales cotidianos en diferentes estados de agregación (agua-aceite, arena-gravilla, agua-piedras).

Sexto	Comprende que la temperatura (T) y la presión (P) influyen en algunas propiedades fisicoquímicas (solubilidad, viscosidad, densidad, puntos de ebullición y fusión) de las sustancias, y que estas pueden ser aprovechadas en las técnicas de separación de mezclas.	Interpreta los resultados de experimentos en los que se observa la influencia de la variación de la temperatura (T) y la presión (P) en los cambios de estado de un grupo de sustancias, representándolos mediante el uso de gráficos y tablas.
		Explica la relación entre la temperatura (T) y la presión (P) con algunas propiedades (densidad, solubilidad, viscosidad, puntos de ebullición y de fusión) de las sustancias a partir de ejemplos.
	Comprende la clasificación de los materiales a partir de grupos de sustancias (elementos y compuestos) y mezclas (homogéneas y heterogéneas).	Diferencia sustancias puras (elementos y compuestos) de mezclas (homogéneas y heterogéneas) en ejemplos de uso cotidiano.
		Explica la importancia de las propiedades del agua como solvente para los ecosistemas y los organismos vivos, dando ejemplos de distintas soluciones acuosas.

Para el caso de secundaria, el DBA relacionado con el tema de disoluciones se encuentra ubicado en el grado noveno, pero, según las necesidades de los estudiantes puede ser orientado en un grado diferente, este es: “*Analiza las relaciones cuantitativas entre solutos y solventes, así como los factores que afectan la formación de soluciones*”²² y presenta las siguientes evidencias de aprendizaje:

1. Explica qué factores afectan la formación de soluciones a partir de resultados obtenidos en procedimientos de preparación de soluciones de distinto tipo (insaturadas, saturadas y sobresaturadas) en los que modifica variables (temperatura, presión, cantidad de soluto y disolvente)
2. Predice qué ocurrirá con una solución si se modifica una variable como la temperatura, la presión o las cantidades de soluto y solvente.
3. Identifica los componentes de una solución y representa cuantitativamente el grado de concentración utilizando algunas expresiones matemáticas: % en volumen, % en masa, molaridad (M), molalidad (m).
4. Explica a partir de las fuerzas intermoleculares (Puentes de hidrógeno, fuerzas de van der Waals) las propiedades físicas (solubilidad, la densidad, el punto de ebullición y fusión y la tensión superficial) de sustancias líquidas.

También, el Ministerio de Educación Nacional (MEN) ha establecido niveles de desempeño en la prueba de Ciencias Naturales, los cuales son una descripción cualitativa de lo que saben y saben hacer los estudiantes según los estándares básicos de competencias.¹⁶ Estos niveles son jerárquicos, es decir, presentan un nivel de complejidad creciente, siendo el nivel 4 el de mayor complejidad, la interpretación de los resultados de los niveles de desempeño permite a las Instituciones Educativas:

1. Identificar la capacidad de los estudiantes para resolver problemas.
2. Fijar metas para mejorar el aprendizaje de los estudiantes.

Cuando el estudiante ha alcanzado algún nivel de desempeño, ha adquirido ciertas habilidades y conocimientos, los cuales son:³

Nivel 1

- Reconoce información explícita, presentada de manera ordenada en tablas o gráficas, con un lenguaje cotidiano y que implica la lectura de una sola variable independiente.

Nivel 2

- Identifica patrones y características a partir de la información presentada en textos, gráficas y tablas.
- Relaciona esquemas con nociones básicas del conocimiento científico.
- Establece predicciones a partir de datos presentados en tablas, gráficas y esquemas en donde se presentan patrones claramente crecientes o decrecientes.
- Ordena datos e información en gráficas y tablas.

Nivel 3

- Establece relaciones de causa-efecto usando conceptos, leyes y teorías científicas.
- Interpreta gráficas, tablas y modelos para hacer predicciones.
- Establece relaciones entre conceptos, leyes y teorías científicas con diseños experimentales y sus resultados.
- Diferencia entre evidencias y conclusiones.
- Plantea hipótesis basadas en evidencias.
- Relaciona variables para explicar algunos fenómenos naturales.

Nivel 4

- Plantea preguntas de investigación desde las ciencias naturales a partir de un contexto determinado.
- Establece conclusiones derivadas de una investigación.
- Contrasta modelos de las ciencias naturales con fenómenos cotidianos.
- Resuelve situaciones problema haciendo uso de conceptos, leyes y teorías de las ciencias naturales.
- Comunica resultados de procesos de investigación científica.
- Analiza fenómenos naturales con base en los procedimientos propios de la investigación científica.

6 Metodología

6.1 Generalidades

Se realiza una revisión descriptiva¹⁷ para identificar estudios sobre el aprendizaje-enseñanza de las disoluciones químicas, haciendo énfasis en las dificultades de aprendizaje y estrategias de enseñanza. La metodología se desarrolla por actividades que conllevan al logro de los objetivos específicos.

6.2 Analizar los resultados de las pruebas Saber 11 de ciencias naturales de la Institución educativa Esteban Rojas Tovar desde el año 2018 al 2022

Para llevar a cabo este primer objetivo se desarrollaron las siguientes actividades:

6.2.1 Recopilación de los resultados de la prueba Saber 11°

Se realiza una búsqueda en la base de datos del sistema PRISMA del ICFES para descargar los reportes de los resultados del examen Saber 11 de la Institución Educativa Esteban Rojas Tovar del municipio de Tarqui (Huila) durante los años 2018 al 2022.

6.2.2 Análisis de respuestas incorrectas en cada aprendizaje evaluado en los procesos químicos en la prueba de ciencias naturales

De los aprendizajes que se evalúan con respecto a los procesos químicos se tabularon aquellos con mayor porcentaje de respuesta incorrectas, mayor o igual a 40%. También se analizaron los aprendizajes con porcentajes altos, su respectiva competencia de Ciencias Naturales (indagación, uso del conocimiento científico y explicación de fenómenos) y evidencia de aprendizaje.

6.2.3 Análisis de los niveles de desempeño en Ciencias Naturales

Se compararon los porcentajes de estudiantes por niveles de desempeño en Ciencias Naturales de la Institución Educativa Esteban Rojas Tovar del municipio de Tarqui (Huila), con los del ente territorial (Huila) y con el puntaje nacional (Colombia) mediante gráficas de barras.

6.3 Identificar las dificultades de aprendizaje que los estudiantes de secundaria presentan del concepto de disoluciones según las investigaciones de diferentes autores

Para lograr los objetivos dos y tres, se realizó un análisis bibliométrico que incluyen la recopilación de la información y mapeo científico. El primero centrado en búsqueda bibliográfica de la literatura que contribuye a la investigación¹⁷ y el segundo centrado en las relaciones de las contribuciones en donde se tuvo en cuenta la co-ocurrencia de palabras con un horizonte temporal, co-citación y producción anual.

6.3.1 Recopilación de la información

Base de datos empleadas para la recopilación de la información

Se emplearon las bases de datos de Scopus y Web of Science en donde se usaron palabras de búsqueda en inglés, debido a que las bases de datos presentan en su mayoría documentos en este idioma y conectores booleanos OR y AND en la ecuación de búsqueda: "learning" AND "teaching" AND "solutions" OR "dissolutions" AND chemistry. También se emplearon otras fuentes de búsqueda como Scielo, Dialnet, Google académico y repositorios de Universidades de Colombia utilizando palabras de investigación en español, como "disoluciones químicas, dificultades, aprendizaje y enseñanza.

Criterios de búsqueda

Los criterios que se tuvieron en cuenta para la búsqueda de la información en las bases de datos fueron:

1. Horizonte de tiempo: periodo comprendido entre el 2000 y 2023
2. La producción se redujo a artículos científicos, tesis de maestría y doctorales
3. Área de estudio: química
4. Categoría: educación
5. Nivel de escolaridad: investigaciones realizadas en secundaria.

6.3.2 Mapeo científico

Se empleó el programa de Vosviewer, un programa informático de libre acceso que permite visualizar y construir mapas bibliométricos de una manera sencilla de interpretar.²³ Este mapa bibliográfico es el resultado del análisis de los documentos, elaborado con las unidades de análisis de Title and abstract fields, a partir de 1361 términos con una mínimo de 2 ocurrencia por termino, el mapa resultante mostró de forma sintetizada 7 clusters, para una mejor visualización ingresar a: <https://app.vosviewer.com/?json=https://drive.google.com/uc?id=1Hwt5Uok2RiC44dlgmY6xWZ6Wc8BHHv5j>

Además, se clasificó la información encontrada teniendo en cuenta las palabras claves, los documentos más citados y la publicación por año. Este análisis se llevó a cabo en R mediante un script en el paquete Rstudio, en donde se cargaron los archivos de las búsquedas en formato BibteX.

6.4 Identificar las principales estrategias de enseñanza de la temática “disoluciones” en secundaria

Para el logro de este tercer objetivo también se llevaron a cabo las actividades de recopilación de la información y mapeo científico. En la sección de análisis y resultados las dificultades se organizaron según a tres núcleos conceptuales:⁶

- A. Dificultades de aprendizaje de las disoluciones desde la comprensión de la naturaleza discontinua de la materia.
- B. Dificultades de aprendizaje de las disoluciones desde la teoría cinético molecular.
- C. Dificultades de aprendizaje de las disoluciones desde la comprensión de las relaciones cuantitativas.

7 Análisis de resultados

7.1 Análisis de los resultados de las pruebas Saber 11 de la Institución educativa Esteban Rojas Tovar desde el año 2018 al 2022

A partir de los reportes descargados de la base de Datos de del sistema PRISMA del ICFES de la Institución Educativa Esteban Rojas Tovar del municipio de Tarqui (Huila) durante los años 2018 al 2022 se realizan dos tipos de análisis: a) Análisis de respuestas incorrectas en cada aprendizaje evaluado en los procesos químicos en la prueba de Ciencias Naturales y b) Análisis de los niveles de desempeño en Ciencias Naturales.

7.1.1 Análisis de respuestas incorrectas en cada aprendizaje evaluado en los procesos químicos en la prueba de ciencias naturales

Se tiene en cuenta el porcentaje de respuestas incorrectas en cada aprendizaje (Tabla 2) y los principales aprendizajes con porcentajes altos y su respectiva competencia (Tabla 3), el análisis se realiza comparando los resultados del establecimiento educativo Institución Educativa Esteban Rojas Tovar del municipio de Tarqui (Huila), con los de un nivel de agregación mayor al EE, como lo es el ente territorial certificado (ETC) ente territorial Huila.¹⁶

Se identificaron 4 aprendizajes (1, 2, 3, 8) con mayor porcentaje de respuestas incorrectas (Tabla 2), los cuales fueron ubicados en su respectiva competencia, evidenciando que la Institución Educativa Esteban Rojas Tovar del municipio de Tarqui (Huila) presenta dificultades en dos competencias, los aprendizajes 1 y 2 se ubican en la competencia de uso comprensivo del conocimiento científico y los aprendizajes 3 y 8 en la competencia de explicación de fenómenos.

Así, los resultados de las Tabla 2 y 3 son de gran utilidad en términos pedagógicos, reconoce el desempeño del estudiante en cuanto a los procesos de pensamiento que el estudiante debe realizar al desarrollar la prueba. Por tanto, si el porcentaje promedio de respuestas incorrectas es menor, mejor será el desempeño del estudiante y el establecimiento educativo obtendrá un mejor puntaje, demostrando que la Institución Educativa Esteban Rojas Tovar del municipio de Tarqui (H) tiene

una oportunidad de mejorar, por tanto, se deben plantear estrategias que conlleven a fortalecer los aprendizajes y las competencias de Ciencias Naturales.

Pero, en el momento de generar estrategias de aprendizaje, se debe tener en cuenta que, la prueba saber es un indicador importante de los aprendizajes adquiridos en Ciencias Naturales por los estudiantes, no es el único, al ser una prueba de lápiz y papel no permite evaluar la capacidad del estudiante de trabajar en equipo o la de aceptar la naturaleza abierta, parcial o cambiante del conocimiento.³

Tabla 2. Porcentajes de promedio de respuestas incorrectas en cada aprendizaje evaluado con respecto a los procesos químicos (2018-2022)

Aprendizajes	2018	2019	2020	2021	2022
1. Identificar las características de algunos fenómenos de la naturaleza basado en el análisis de información y conceptos propios del conocimiento científico.	41%	45%	43%	44%	47%
2. Asociar fenómenos naturales con conceptos propios del conocimiento científico.	43%	52%	38%	62%	46%
3. Explicar cómo ocurren algunos fenómenos de la naturaleza basado en observaciones, en patrones y en conceptos propios del conocimiento científico	56%	62%	59%	57%	62%
4. Observar y relacionar patrones en los datos para evaluar las predicciones.	15%	55%	64%	39%	20%
5. Derivar conclusiones para algunos fenómenos de la naturaleza basándose en conocimientos científicos y en la evidencia de su propia investigación y de la de otros.	38%	36%	20%	43%	62%
6. Utilizar algunas habilidades de pensamiento y de procedimiento para evaluar predicciones.	60%	28%	25%	45%	51%
7. Comprender que a partir de la investigación científica se construyen explicaciones sobre el mundo natural.	36%	57%	22%	40%	47%
8. Modelar fenómenos de la naturaleza basado en el análisis de variables, la relación entre dos o más conceptos del conocimiento científico y de la evidencia derivada de investigaciones científicas.	69%	N.A	N.A	59%	47%

Tabla 3. Principales aprendizajes con porcentajes altos y su respectiva competencia

Competencia	Aprendizaje	Evidencia
Uso comprensivo del conocimiento científico.	Identificar las características de algunos fenómenos de la naturaleza basado en el análisis de información y conceptos propios del conocimiento científico.	Identifica las propiedades y estructura de la materia y diferencia elementos, compuestos y mezclas.
	Asociar fenómenos naturales con conceptos propios del conocimiento científico.	Establece relaciones entre conceptos químicos con distintos fenómenos naturales.
Explicación de fenómenos.	Explicar cómo ocurren algunos fenómenos de la naturaleza basado en observaciones, en patrones y en conceptos propios del conocimiento científico	Reconoce las razones por las cuales la materia se puede diferenciar según su estructura y propiedades y justifica las diferencias existentes entre distintos elementos, compuestos y mezclas. Analiza distintos fenómenos naturales y establece argumentos para explicarlos, usando distintos conceptos químicos.
	Modelar fenómenos de la naturaleza basado en el análisis de variables, la relación entre dos o más conceptos del conocimiento científico y de la evidencia derivada de investigaciones científicas.	Identifica y usa modelos químicos para comprender fenómenos particulares de la naturaleza.

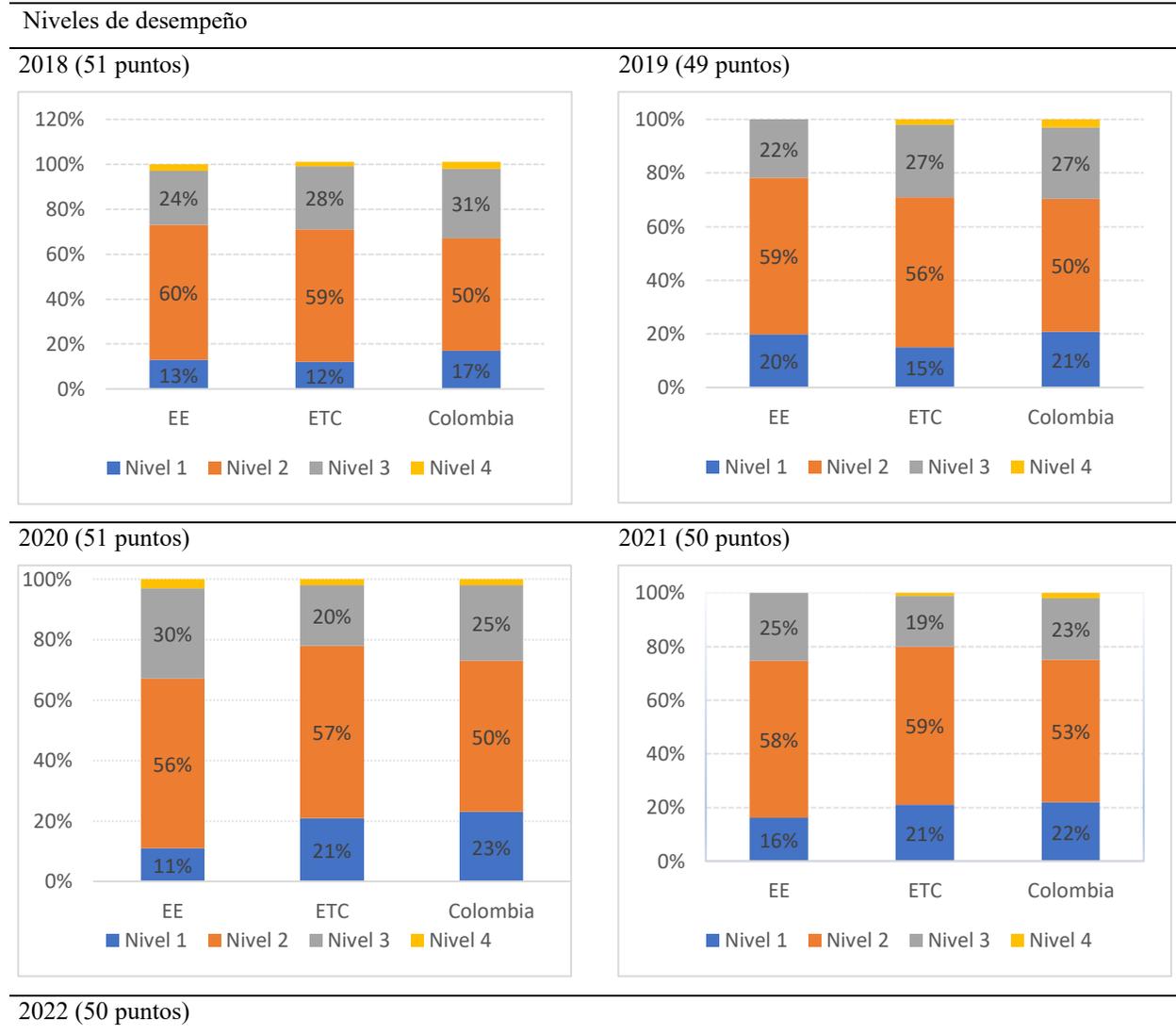
7.1.2 Análisis de los niveles de desempeño en Ciencias Naturales

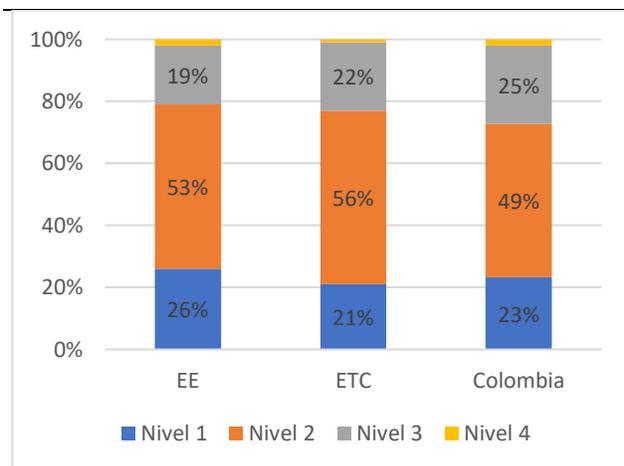
En cuanto a los niveles de desempeño, se evidencia que para el año 2018 la mayor parte de los estudiantes se ubicaron en el nivel de desempeños 2 e igualmente para los años 2019, 2020, 2021 y 2022 en donde la Institución Educativa Esteban Rojas Tovar del municipio de Tarqui (H) mantuvo un promedio de puntaje de 50 puntos, es decir en estos últimos años la mayor parte de los estudiantes se ubicaron en el nivel de desempeño 2 de poca complejidad, una minoría en el 3 y tan solo entre 1 a 2 estudiantes en el nivel de desempeño 4 (Tabla 4), teniendo en cuenta que son jerárquicos e inclusivos lo ideal es que la mayor parte de los estudiantes se encontraran en el nivel de desempeño 3 y 4, los cuales son de mayor complejidad.¹⁶

Al realizar la comparación de la Institución Educativa Esteban Rojas Tovar con los grupos de referencias como el ente territorial Huila (ETC) a la que pertenece el establecimiento educativo y el país (Colombia), se puede evidenciar que la proporción de los resultados no presentan

diferencias significativas, en los años 2018, 2019, 2020, 2021 y 2022 el nivel de desempeño que predomina en los estudiantes es el 2, representado por el color naranja y muy poco se puede apreciar el nivel de desempeño 4 de color gris.

Tabla 4. Porcentaje de estudiantes por niveles de desempeño en Ciencias Naturales





7.2 Mapeo científico

Se puede evidenciar que los estudios en química más recientes sobre el proceso de aprendizaje-enseñanza están relacionados con la pandemia, un tiempo en donde los recursos estaban limitados y se dificultaba el proceso, como se refleja en el cluster 6 (Figura 3). También se puede visualizar que la contextualización se ha empleado en los últimos años como estrategia de enseñanza de las disoluciones, como se evidencia en los estudios realizados por Kraser y colaboradores²⁴ en el año 2020, quienes por medio de la problemática causada por el consumo de bebidas gaseosas enseñan el tema de disoluciones químicas, al igual que lo hace Cañero y colaboradores en el año 2022,²⁵ con la elaboración de bebidas gaseosas.

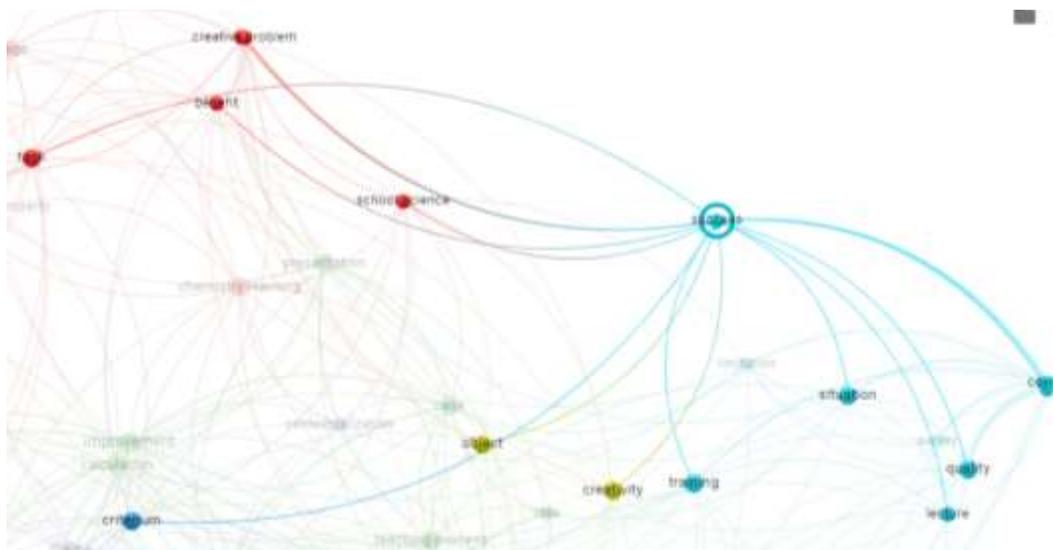


Figura 3. Clúster 6

términos de soluto, solvente y solución, además de comprender como estas ideas erróneas afectaban el aprendizaje previo, por último, relatan si los estudiantes eran capaces de establecer conexión entre sus propios conocimientos en química en la vida cotidiana.²⁷

Por otro lado, se encontró el trabajo de Galagovsky y Bekerman en el 2009,²⁸ en donde analizan el lenguaje gráfico para identificar las respuestas erróneas obtenidas, al experimentar los estudiantes con mezclas de cloruro de sodio-agua, agua-ciclohexano y cloruro de sodio-agua-ciclohexano, se esperaba que ellos identificaran los tipos de sistemas formados, tipos de partículas e interacciones involucradas.

En cuanto a la investigación realizadas por Nappa, Insausti y Sigüenza (2005)² describen los obstáculos para la generación de representaciones mentales científicas del proceso de las soluciones químicas y sugieren un planteamiento didáctico en cuanto la secuencia, organización y profundidad de los temas relacionados con las disoluciones químicas.

Por otra parte, Blanco, Ruiz y Prieto (2010)¹⁹ analizan las dificultades en el aprendizaje en la comprensión de la naturaleza de la materia y su relación con la teoría cinético molecular (TCM), para ello recurren a un análisis histórico de la construcción de la TCM, además de las teorías y modelos empleados para explicar los fenómenos de las disoluciones químicas.

Acerca de las estrategias de aprendizaje se encuentran los trabajos realizados por Ayşegül Derman e Ingo Eilks (2016), Ximena Umbarila (2012)²⁹, Martinez (2018), Adriana Ortolani, Claudia Falicoff, José Manuel Domínguez Castiñeiras y Héctor Odettil (2012),³⁰ Jennifer Logan Bayline, Halie Tucci David, Miller Kaitlin Roderick y Patricia Brletic (2018),³¹ Roberto Gregorius, Rhodora Santos, Judith B. Dano y Jose Gutierrezb, (2010)³² Rocío Belén Kraser y Sandra Analía Hernández (2020)²⁴ entre otros. Cada investigación utiliza una estrategia, ya sea unidades didácticas, contextualización, aprendizaje basado en problemas, con el propósito de facilitar la comprensión del tema de disoluciones y lograr que los estudiantes superen las dificultades de aprendizaje.



Figura 3. Nube de la distribución de las palabras claves

Con relación a la cantidad de documentos publicados en función de los años comprendidos desde el 2001 al 2023 esta ha sido variable (Figura 7), con una menor producción en los años 2001, 2004 y 20017 y una mayor producción para el año 2005 con 7 publicaciones y 2016 con 6 publicaciones seguidos de los años 2013 y 2014.

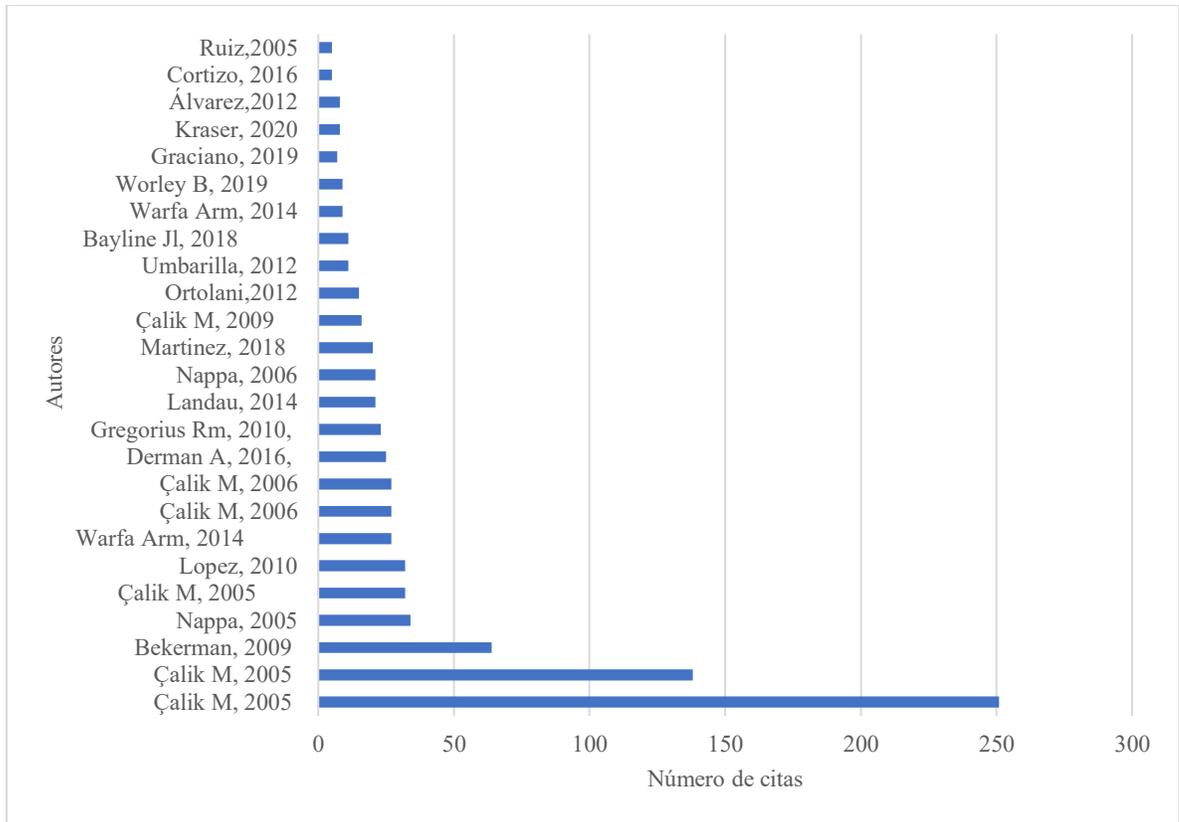


Figura 4. Investigaciones más citadas según sus principales autores

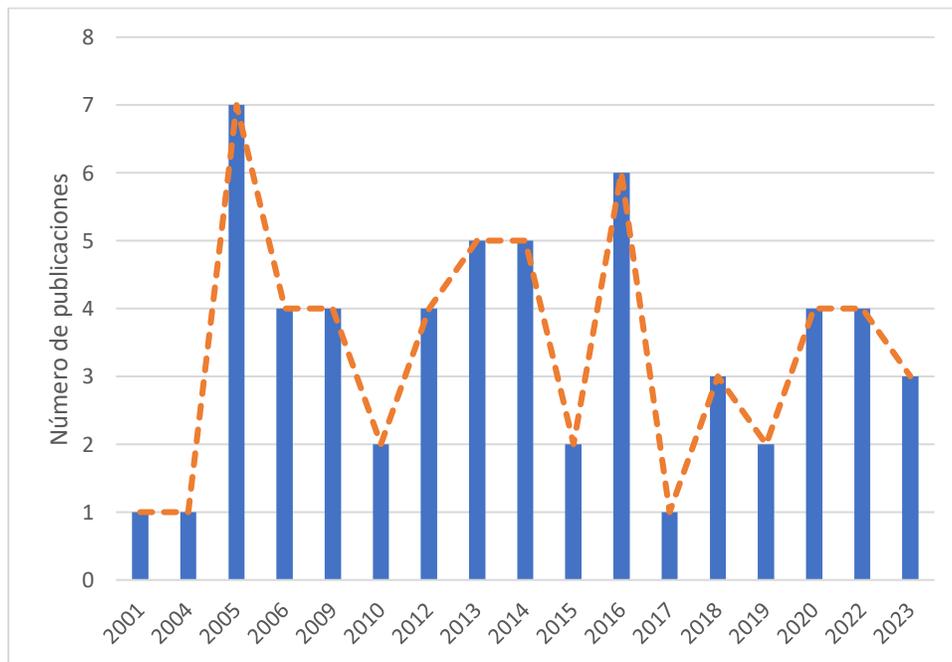


Figura 5. Número de citaciones en el tiempo

7.3 Identificación de las dificultades de aprendizaje que los estudiantes de secundaria presentan del concepto de disoluciones según las investigaciones de diferentes autores

Sin importar el tiempo y el lugar, los alumnos siguen presentando dificultades de aprendizaje, en la asignatura de química, se suele exigir a los alumnos comprender más allá de lo que ven, es decir deben de creer lo que se les explica en ocasiones sin ningún tipo de cuestionamiento, debido a que el ámbito submicroscópico no lo suelen percibir.³³ Muchos de los conceptos de química presentan contenidos que son abstractos, por tanto, los hacen un poco complejos, haciendo que el estudiante tenga distanciamiento y en ocasiones apatía en la materia de química.

En el caso de las disoluciones químicas se evidencian dificultades de aprendizaje que han sido estudiadas por diferentes autores, estas se organizaron desde tres núcleos conceptuales:⁶

1. Dificultades de aprendizaje de las disoluciones desde la comprensión de la naturaleza discontinua de la materia.
2. Dificultades de aprendizaje de las disoluciones desde la de la teoría cinético-molecular.
3. Dificultades de aprendizaje de las disoluciones desde la comprensión de las relaciones cuantitativas.

Además, se evidenciaron dificultades con relación a las comprensiones de conceptos como concentración, solubilidad, velocidad de disolución, cambio físico y cambio químico. A continuación, se da a conocer las dificultades de aprendizaje identificadas según las investigaciones de diferentes autores.

7.3.1 Dificultades de aprendizaje de las disoluciones desde la comprensión de la naturaleza discontinua de la materia

En el proceso de aprendizaje de la química es de gran importancia que los estudiantes comprendan que la materia está constituida por átomos, partículas, moléculas las cuales interactúan y están en continuo movimiento que se pueden combinarse para formar nuevas estructuras,⁶ pero en ocasiones se considera tan obvio que el estudiante lo comprende, pero la realidad demuestra lo contrario, no comprenden la naturaleza discontinua de la materia que le permite identificar como

está conformada la materia, las diferencias entre los diferentes estados, sus propiedades y los cambios que experimenta.³⁴

Para el aprendizaje de las disoluciones la comprensión de la naturaleza discontinua de la materia tiene un papel fundamental, aunque los estudiantes tienen claro la definición de disolución como sistema material, no utilizan de manera adecuada la naturaleza discontinua de la materia para explicar algunos fenómenos propios del proceso de disolución,¹¹ dificultades que pueden estar relacionadas con percepciones macroscópicas, la naturaleza de los componentes de una disolución, además de las interacciones físicas y químicas. Algunas de estas dificultades se relacionan en la Tabla 5.

Tabla 5. Dificultades de aprendizaje de las disoluciones desde la comprensión de la naturaleza discontinua de la materia.

Dificultad	Investigador
Aun teniendo claro el concepto de mezcla no aplican el modelo corpuscular de la materia para explicar fenómenos como la miscibilidad de los líquidos, atribuyendo propiedades macroscópicas a las partículas	Umbarila Catiblanco (2014) ¹¹
No relacionan características corpusculares de la materia para explicar el proceso de dilución como un sistema material.	Nappa y colaboradores (2005) ²
Atribuyen experiencias de la vida cotidiana para dar explicaciones submicroscópicas	Çalik, M. & Ayas, A. A ³⁵
Al no ver las partículas del soluto lo relacionan con la desaparición o evaporación de este.	Çalik y colaboradores ³⁵
No relacionan las propiedades macroscópicas de los efectos en el proceso de agitación y el área superficial con las ideas submicroscópicas de la interacción entre partículas de soluto y solvente,	Çalik, M., Ayas, A. & Ebenezer, J. V. ³⁶
Al presentar una concepción continua y estática de la materia no identifican fácilmente la mínima unidad de la materia, haciendo que solo formen representaciones mentales a nivel macroscópico y no comprendan la distribución de las especies químicas en la disolución, intervención del solvente o interacciones moleculares entre soluto y solvente.	Nappa y colaboradores ²

Atribución de propiedades macroscópicas a niveles microscópicos, dándole propiedades a la materia desde lo aparente, frente a proceso de disolución de un sólido en una fase acuosa se limita a razonamientos desde las percepciones sensoriales (ver figura 5).

Anderson en 1990 y Driver en 1994 (Pozo Muncio y Gómez Crespo, 2006 citado por Martínez y colaboradores⁶
Nappa y colaboradores²
Derman & Eilks (2016)³⁷

No distinguen entre la velocidad de disolución de un determinado sistema soluto/disolvente y el grado de solubilidad de un determinado soluto que se disuelve en una determinada cantidad de disolvente al no tener en cuenta el comportamiento submicroscópico en las observaciones macroscópicas.

Çalık, M., Ayas, A. & Ebenezer, J. V³⁶

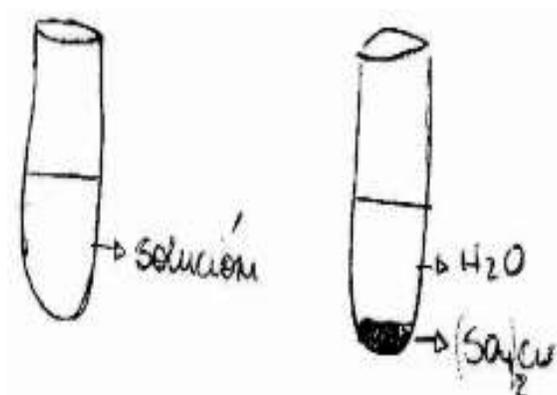


Figura 6. Respuesta de un estudiante "veríamos pequeñas partículas de color azul de sulfato de cobre" tomado de Nappa y colaboradores²

7.3.2 Dificultades de aprendizaje de las disoluciones desde la de la teoría cinético-molecular.

Una de las mayores dificultades que los estudiantes enfrentan es el manejo de los niveles representacionales, suelen atribuir propiedades macroscópicas a niveles microscópico dando explicaciones desde lo que ellos observan,⁶ por eso, es de gran importancia que las disoluciones sean también explicadas desde TCM con el propósito de facilitar la comprensión de las propiedades no observables de la materia, de esta manera comprenderán el concepto de interacción molecular, vacío, movimiento molecular. Algunas de estas dificultades se relacionan en la Tabla 6.

Tabla 6. Dificultades de aprendizaje desde la comprensión de la teoría cinético molecular

Dificultad	Investigación
No comprenden que un gas se puede comportar como soluto en la disolución de un líquido.	Cañero Arias ³³ Çalik, M. Alipasa, A. 2005 ⁴
No comprenden como la temperatura afecta el proceso de disolución, además no diferencian que los puntos de congelación ebullición de una solución de agua con sal no son diferentes a una de solo agua.	Çalik, Muammer 2005 ²⁷

7.3.3 Dificultades de aprendizaje de las disoluciones desde la comprensión de las relaciones cuantitativas

Para Martínez y colaboradores,⁶ el aprendizaje de las disoluciones desde la comprensión de las relaciones cuantitativas es un aspecto en donde los estudiantes presentan mayor dificultad, el estudiante debe relacionar la probabilidad, la proporción y la correlación con las teorías del tema en química, desarrollar formulas y procesos algorítmicos. En donde las fórmulas y algoritmos son empleados para dar respuesta a diferentes situaciones manera mecánica sin necesidad de haber comprendido los conceptos químicos subyacente.³⁸

Además, las relaciones cuantitativas de las disoluciones químicas emplean procesos en torno a la concentración, concepto que por sí mismo presenta dificultades (ver tabla 7), en donde se requiere que el estudiante tenga claro que la concentración es una función de dos variables, el soluto y el solvente, además debe comprender otros conceptos como son la solubilidad y mol.⁶

Por otro lado, diferentes investigaciones han demostrado que los estudiantes presentan dificultades con relación al concepto de molaridad,^{4,38} como, emplear el termino para referirse al número de moles. Comprender este concepto no solo requiere establecer relaciones adecuadas con relación a tres variables (Figura 9), si no, tener conocimiento sobre la naturaleza de estas variables y la naturaleza de las disoluciones.

También, se encuentran dificultades para relacionar las unidades con las magnitudes y en la conversión de unidades, en el momento de abordar las unidades físicas de concentración.

Asimismo, cuando deben interpretar tablas de solubilidad no establecen relaciones de proporcionalidad más allá de los datos que la tabla relaciona.³⁹

$M \times V = n$	$k =$ constante de proporcionalidad	
Si M es constante: a mayor V, mayor n	a menor n; V menor	$V \times K = n$
Si V es constante: a mayor M, mayor n	a menor n, M menor	$M \times K = n$
Si n es constante: a mayor M, menor V	a menor V, M mayor	$M \times V = K$

Figura 7. Desarrollo lógico matemático del concepto de molaridad.³⁸

7.3.4 Dificultades de aprendizaje con conceptos relacionados a las disoluciones

Concentración

Según Raviolo,⁴⁰ son muy pocas las investigaciones que se han realizado para identificar las dificultades de aprendizaje con los aspectos cuantitativos de las disoluciones, son escasos los artículos que hablan de forma exclusiva sobre el concepto de concentración, en su investigación logra realizar una síntesis de las principales confusiones en torno al concepto de concentración (Tabla 7)

Tabla 7. Concepciones y dificultades sobre el concepto de concentración en estudiantes de nivel medio, tomado de Raviolo ⁴⁰

Concepción o dificultad	Investigación
Confunden número de moles con molaridad	Johnstone (1983) Heyworth (1999)
Presentan confusiones sobre lo que ocurre con la concentración ante el agregado de agua a la solución (dilución) o ante su evaporación	Gabel y Samuel (1986)
Sostienen que a mayor cantidad de soluto hay menor o igual concentración (a cantidad de solvente igual)	Calik (2005)
Asumen que la concentración depende del volumen de la disolución y no de la relación entre cantidad de soluto y volumen de solvente o solución	Dahsah y Coll (2008)
Muestran dificultades en el razonamiento proporcional cuando cambian ambas variables: el número de partículas y el volumen de disolución	Devetak et al. (2009)
Conciben a las representaciones de moléculas de azúcar como granos sin disolver y por ello, con el agregado de agua, disminuye el número de granos no disueltos	Adadan y Savasci (2012)
Afirman que, si se extrae parte del volumen de la disolución, la cantidad de soluto por unidad de volumen aumenta	Adadan y Savasci (2012)

Solubilidad

Según Nappa y colaboradores² los estudiantes no tienen en cuenta la estructura para explicar la polaridad de una sustancia, en cambio hacen un razonamiento inverso, es decir, una sustancia es polar cuando es soluble en agua, por el contrario, si es insoluble en agua, será no polar. Para el autor esto sucede por el desconocimiento de la polaridad de las sustancias y los tipos de interacciones moleculares que están íntimamente relacionadas.

Otra dificultad relacionada con la solubilidad se debe al empleo de reglas reduccionistas: “lo orgánico disuelve lo orgánico” y “lo polar disuelve lo polar”² lo que conlleva a que el estudiante construya un conocimiento generalizado del fenómeno y sea incapaz de explicar casos en donde la regla no se dé.

Cambio físico y cambio químico

Diferentes investigaciones mencionan que los estudiantes consideran que el proceso de una disolución se produce un cambio químico y no físico^{21,41} (ver Figura 10), dificultad que puede estar relacionada por dar atributos macroscópicos a las partículas microscópicas.² Por tal motivo, el no tener claro el concepto de cambio físico y cambio químico implica que el estudiante; no comprenda lo que ocurre al interior de un solvente cuando un soluto se disuelve¹¹, no interpreten una reacción química como representación de determinado fenómeno, además, consideren que en un cambio químico las propiedades de la materia no cambian.³⁵



Figura 8. Respuesta de un estudiante frente a la disolución del sulfato cúprico en agua y etanol en agua.²

7.3.5 Otras dificultades

Dificultad	Investigación
Carencia de conocimientos previos o a la naturaleza propia objeto de estudio	Umbarilla Catiblanco ¹¹
Explican el proceso de disolución a partir de conceptos como la densidad y absorción	Çalik y colaboradores ^{21,41}
Perciben el proceso de disolver como una fusión o que el soluto desaparece.	Çalik ³⁵ Ebenezer y Erickson (1996) y Lee, O., Eichunger, D., Anderson, C., Berkheimer, G. y Blakeslee, T. (1993) ⁴⁰
Presencia de concepciones alternativas en los docentes que pueden ser transmitidas a los estudiantes.	Çalik ³⁵
No correlacionan el lenguaje grafico con el lenguaje verbal.	Bekerman, D y Galagovsky, L ²⁸

7.4 Modelos mentales

No solo se deben tener en cuenta las dificultades que presentan los estudiantes para comprender el concepto de disoluciones químicas, también se debe estudiar los modelos mentales si se desea promover el aprendizaje,⁴² por eso, es necesario reconocer como los estudiantes hacen representaciones de los fenómenos. Estas tienen un papel de gran importancia, con ellas se puede representar en la mente todo lo que percibimos y tenemos a nuestro alrededor sin la necesidad de verlo, solo con imaginarlo.

Estas representaciones y modelos permiten identificar como los sujetos representan mentalmente su conocimiento acerca del mundo, como operan mentalmente con esas representaciones y como pueden construirse, reconstruirse y cambiar tanto en contextos de enseñanza como en ambientes cotidianos y de esta manera podemos emplearlas para la resolución de cualquier problema,⁴³ es decir, un modelo mental debe reflejar las creencias de las personas sobre el sistema, existiendo una correspondencia entre el modelo mental construido por el sujeto y el mundo real al cual este modelo hace referencia.⁴⁴

Uno de los autores que dio el reconocimiento al uso de los modelos mentales es Johson Laird,⁴⁵ quien define los modelos mentales como representaciones analógicas,⁴⁶ es decir, representaciones simbólicas que funcionan como análogos del mundo⁴⁷. estas representaciones se forman a partir de entendimientos previos y formas de razonar haciendo que sean la representación de la idea final que emplean para explicar algún fenómeno, situación o concepto. Propone tres tipos de representaciones mentales, necesaria para poder comprender lo que las personas hablan, comprenden y entienden del mundo:⁴⁶

1. Representaciones proposicionales: es la representación mental, que encierra la información transmitida verbalmente
2. Modelos mentales: son los análogos estructurales del mundo, usados en los procesos cognitivos de razonamiento
3. Imágenes: Es la parte visual del modelo

Con relación a los modelos mentales, Johson Laird,⁴³ plantea tres ideas centrales en la cuales se basan los modelos

- I. Un modelo mental representa el referente de un discurso, esto es, la situación que el discurso describe.
- II. La representación lingüística inicial de un discurso captura el significado de este, es decir, el conjunto total de situaciones que puede describir.
- III. Un discurso es juzgado como cierto si incluye como mínimo un modelo del mundo real.

Además, se debe tener en cuenta que un modelo mental construido por un estudiante en su proceso de aprendizaje no es totalmente valido ni corresponden a lo que representan,⁴⁸ características que se basan en los principios de finitud o el principio de economía.

Con relación a los modelos mentales sobre disoluciones químicas es necesario que los estudiantes tengan las representaciones mentales de estas para facilitar el aprendizaje los conceptos relativos, pero, existen obstáculos conceptuales que impiden una generación adecuada de estos modelos mentales algunos de estos obstáculos son:²

1. Concepción corpuscular de la materia.
2. Naturaleza del enlace químico.
3. Existencia de interacciones moleculares.
4. Manejo de reglas simplistas.
5. Atribución de propiedades macroscópicas a lo microscópico.
6. Dificultades para interpretar el significado de una ecuación química y para distinguir cambio físico y cambio químico.

Por otro lado, se encuentran las características que presentan los modelos mentales de los estudiantes sobre disoluciones químicas:⁴⁹

1. Economía en el número de elementos del modelo.
2. Distintos grados de abstracción.
3. Construcción a partir de ideas previas.
4. Modificación en el número de elementos del modelo.
5. Modificación en el modelo del trabajo.
6. Abandono de tareas.

Economía en el número de elementos

Los estudiantes generan los modelos mentales con el menor número de elementos, por ejemplo, para el caso de la solubilidad de una sustancia solo son necesario trabajar con los conceptos de fases o sistemas homogéneos sin tener en cuenta la polaridad de enlaces y distribución de cargas. Esta característica se fundamenta con uno de los supuestos básicos de la teoría de los modelos mentales de Johnso-Laird,⁴⁵ no hay modelos completos, los modelos deben ser funcionales y contruidos solo con elementos significativos.

Distintos grados de abstracción

Estos grados de abstracción están relacionados con la complejidad o la elaboración del modelo, en el caso de la solubilidad se evidencias tres grados:

1. Grado de visualización macroscópico: considera elementos que se puedan visualizar a simple vista como fases, sólidos, solución. (Figura 11).

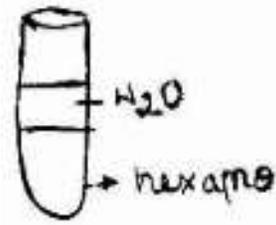


Figura 9. Grado de visualización macroscópico

2. Grado de visualización particular: trabaja el concepto de partículas sin especificarla o refiriéndose a partículas que no corresponden con la teoría corpuscular de la materia como son granos, cristales entre otro.

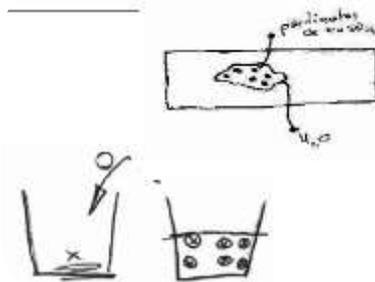


Figura 10. Grado de visualización particular

3. Grado de visualización molecular: hace referencia a moléculas, iones, átomos (Figura 13)

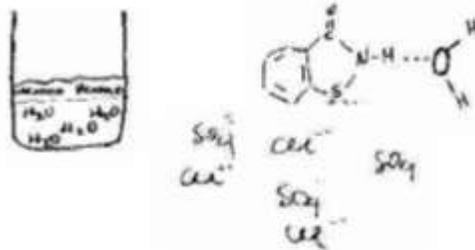


Figura 11. Grado de visualización molecular

Construcción a partir de ideas previas

Las ideas previas son la base para construir los modelos mentales, estas ideas pueden ser el resultado de la interacción del individuo con el entorno o de la formación recibida en el aula de clase.

Modificación en el número de elementos del modelo

Se refiere a la modificación del modelo inicial cuando se da una situación o problema más complejo de resolver, es decir se produce un conflicto cognitivo, debido a que el estudiante debe asociar más elementos a su modelo que le permita ampliar la capacidad de explicación, por ejemplo pueden explicar la solubilidad a partir de la idea que sustancias polares disuelven sustancias polares, pero cuando identifican que una sustancia que es soluble tanto en solventes polares como no polares deben modificar su modelo inicial para poder dar explicación a este suceso.

Modificación en el modelo de trabajo

Al igual que los estudiantes modifican los elementos del modelo, lo hacen similar a la modificación en el modelo del trabajo, es decir cuando este ha perdido utilidad y se realiza de dos formas distintas:

- Empleo de conceptos diferentes que permitan adaptarse a la nueva circunstancia.
- Trabajar con conceptos o parámetros que no guarden relación con el modelo primitivo.

Abandono de tareas

Relacionada con la negación del estudiante a seguir trabajando ante una evidencia experimental que no concuerda con sus ideas previas, en la cual no encuentra una explicación a la situación problemática planteada, empleando como respuestas “no lo sé” “no recuerdo” entre otras, es decir el estudiante se bloquea y se niega a seguir trabajando, por lo tanto, abandona la tarea.

Es de gran importancia tener en cuenta en la identificación de modelos mentales de los estudiantes los obstáculos que estos puedan presentar, además, de las características, en especial el grado de abstracción con el que los estudiantes representan mentalmente el fenómeno de disolución. De manera general, se puede decir que los modelos mentales de las disoluciones químicas se basan en la idea de que las sustancias se mezclan y distribuyen homogéneamente en un espacio.⁴⁹

8 Principales estrategias y recursos de enseñanza de la temática “disoluciones” en secundaria

Cada día el proceso de enseñanza presenta nuevos retos, uno de ellos es seguir los constantes cambios socioculturales del estudiante, lo que obliga al docente a no solo tener el conocimiento disciplinar, si no, tener capacidad de llamar la atención y generar interés en el estudiante para aprender, pues en muchas ocasiones la escuela tiene docentes con una excelente formación en la disciplina, pero, presentan dificultades para hacerse entender o llegar a los estudiante.⁵⁰ Por lo tanto, el docente debe tener la capacidad de generar estrategias que estén relacionadas con los intereses y necesidades de los educandos que permitan promover el aprendizaje.

Con relación a las estrategias que se implementan en la enseñanza de la química, estas tienen como propósito ayudar al estudiante al desarrollo de los conceptos relacionados con la naturaleza de la materia con el objetivo de facilitar al estudiante el aprendizaje. Son muchas las estrategias que se pueden implementar. En cuanto a las estrategias de enseñanza implementadas para el concepto de disoluciones químicas, han sido muy variadas, a continuación, se describen la metodología y los resultados de las principales estrategias encontradas según la búsqueda:

- Unidades didácticas.
- Contextualización.
- Constructivismo.
- Aprendizaje basado en problemas.
- Implementación de las TIC

8.1.1 Unidades didácticas

Las unidades didácticas (UD) pueden ser de gran utilidad, su conceptualización, diseño e implementación, desarrolladas bajo elementos pedagógicos organizados para ser implementados en un tiempo, espacio y contexto determinado le pueden permitir al docente responder a los constantes cambios culturales contemporáneos de la sociedad,⁵⁰ dado que es el docente quien planea la UD y decide los contenidos y lo que va a suceder dentro del aula, teniendo en cuenta las características del grupo.

Para la enseñanza de las disoluciones química, Umbarila²⁹ plantea tres unidades didácticas fundamentadas teóricamente en: conceptos clasificatorios (Figura 14); comparativos (Figura 15); y métricos (Figura 16) escritas para la enseñanza del tema de disoluciones químicas empleando como estrategia programas guías de actividades (PGA) y el aprendizaje por investigación. Estas unidades se plantearon con dos orientaciones: la primera, encaminada a lograr que el estudiante adquiriera un significado claro y preciso para los símbolos y la segunda dirigida a su operación y uso para la resolución de tareas o situaciones problemática con el objetivo que los alumnos desarrollen la capacidad de enriquecer los conceptos de forma progresiva y poder aplicarlos.

La primera unidad contiene actividades que permiten que el estudiante desarrolle la capacidad para asignar significados, las actividades de la segunda a lograr la distinción y diferenciación de los conceptos mediante ejercicios aplicativos en diferentes contextos. Por último, se encuentra la tercera unidad las actividades relacionan los conceptos comparativos y clasificatorios con la ayuda de los métricos para que el estudiante logre hacer aplicaciones y transferencia en diferentes contextos, y no solo de la química.

La investigación concluye que es imposible identificar cuando un estudiante ha logrado y finalizado el proceso de asignación de significado y el inicio para el proceso de diferenciación, transferencia o aplicación de determinado concepto, sea clasificatorio, comparativo o métrico, debido a que son procesos inaptos a cada individuo.

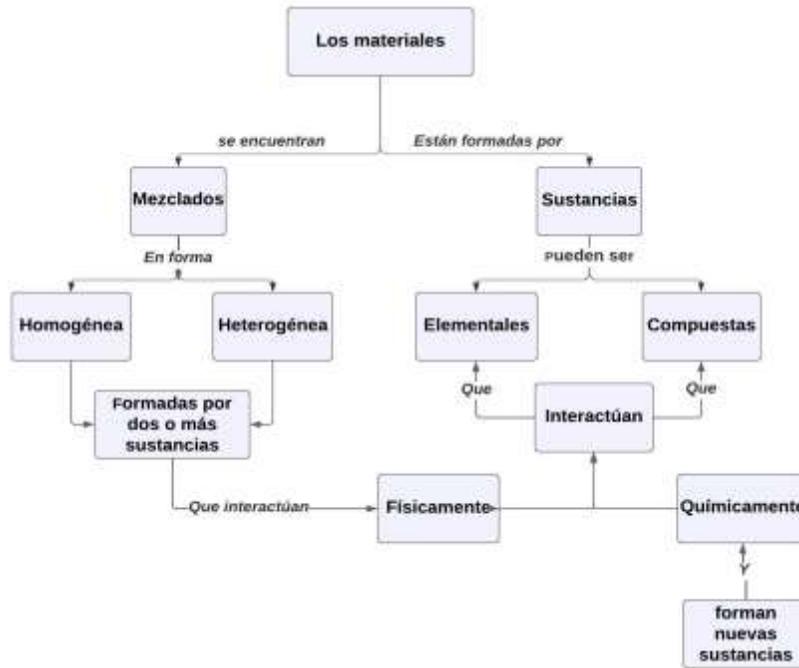


Figura 12. Algunos conceptos clasificatorios.²⁹

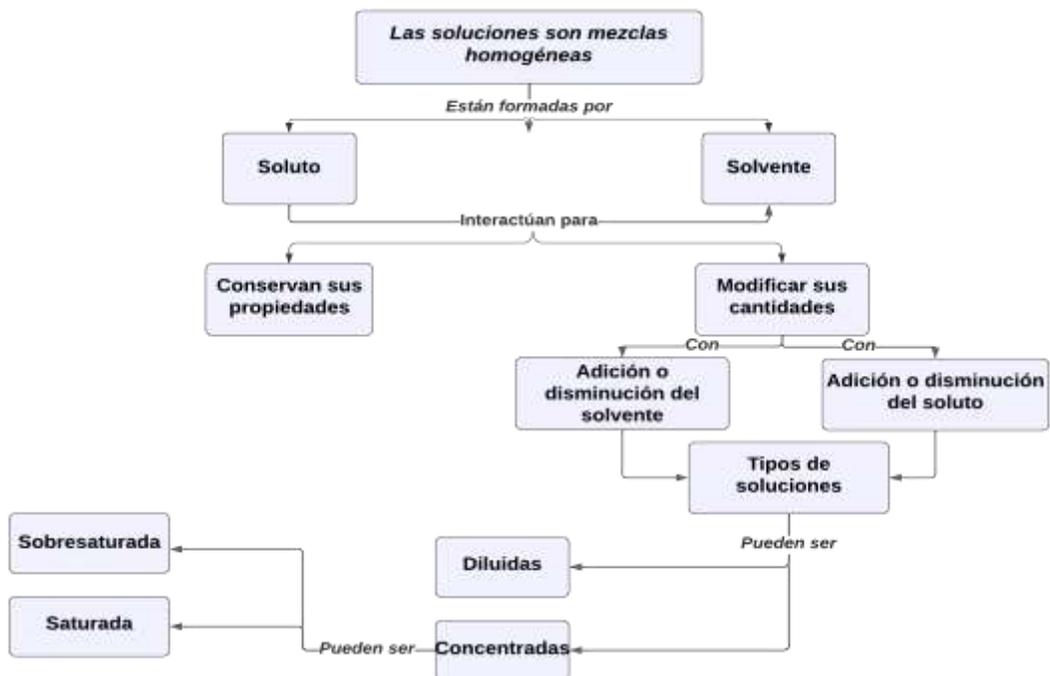


Figura 13. Algunos conceptos comparativos asociados a las disoluciones.²⁹

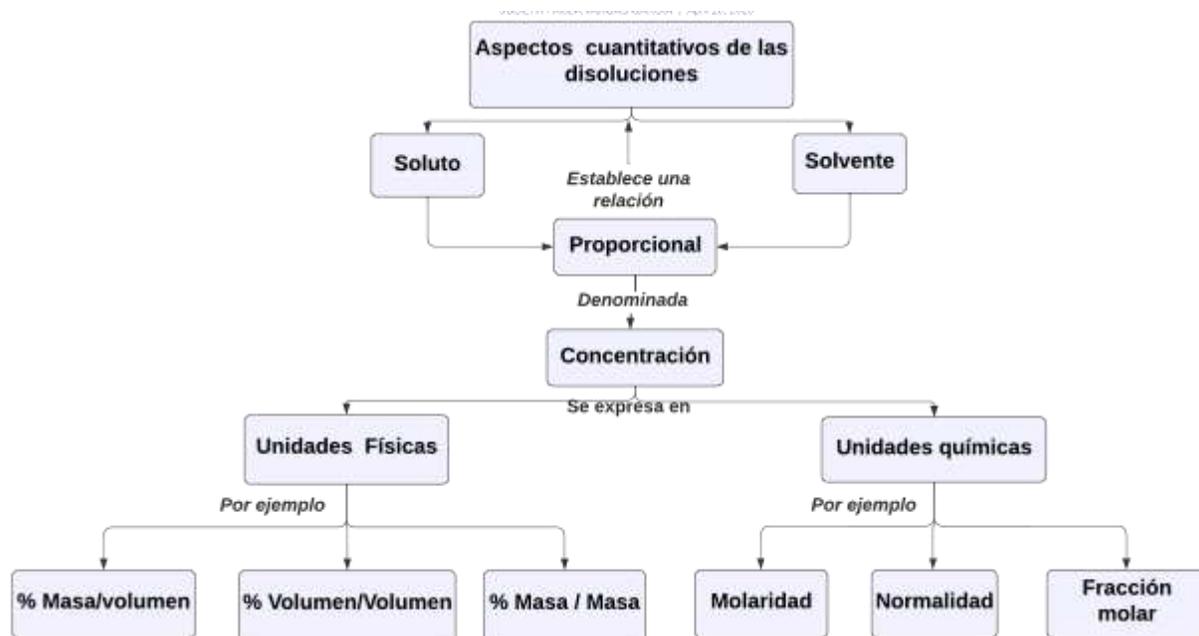


Figura 14. Algunos conceptos métricos asociados a las disoluciones.²⁹

También, se encuentran las de Ortolani y colaboradores,³⁰ realizan una propuesta de secuencia para enseñar disoluciones químicas como un sistema material o como un proceso, para ello diseñan un esquema temático (Figura 17) que aborda el concepto de disolución como sistema material (mezcla homogénea) y como proceso (proceso físico químico mediante en el que se puede obtener una disolución). Es de observar que la parte izquierda integra las disoluciones como sistema material con el fin que los estudiantes comprendan la parte macroscópica y a la derecha como un proceso, el cual aborda el nivel microscópico y simbólico, el esquema también diferenciar el concepto de disolución como mezcla homogénea y como proceso.

La secuencia abordaba cuatro apartados: mezclas, disoluciones, proceso de disolución, concentración y dilución, diseñada según el modelo propuesto por Sánchez Blanco y Valcárcel que consta de cinco tareas:

1. Determinación de la problemática de aprendizaje.
2. Selección, formulación y secuenciación de objetivos.
3. Estrategias de instrucción.
4. Secuencia de actividades.
5. Selección de estrategias de evaluación.

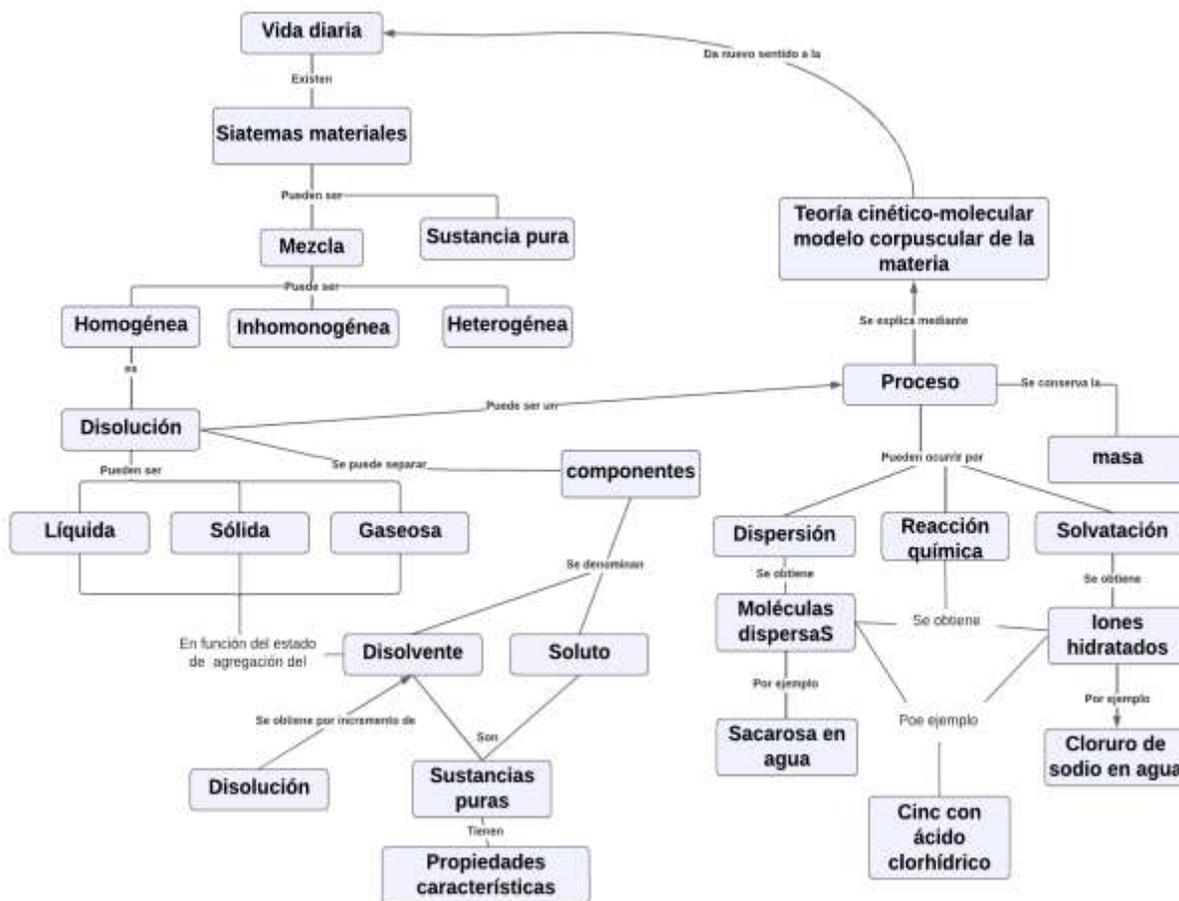


Figura 15. Esquema referencial para el diseño de las actividades propuestas ³⁰

Esta secuencia presentaba 46 actividades que involucraban los tres niveles de representación macroscópico, microscópico y simbólico, en cada actividad el estudiante daba una explicación del fenómeno objeto de estudio, realizaba la experiencia y posteriormente analizaba los resultados teniendo en cuenta lo ocurrido y lo esperado. La secuencia se aplicó a 25 estudiantes que comprendían edades entre los 16 y 17 años, implementada por una docente que no aplicó las 46 actividades propuestas, si no las que considero pertinentes para sus estudiantes teniendo en cuenta ciertos criterios (Tabla 8) es decir, selecciono 16 actividades las cuales no comprendían el desarrollo de los conceptos de conservación de la masa, concentración y dilución.

Tabla 8. Taxonomía de criterios de selección de la docente.³⁰

Actividad N°	Aspecto	Valoración del docente	
		Antes de desarrollarla	Una vez desarrollada
8	Contenidos	Adecuados. Se interpreta el texto, ya saben que es una disolución.	
	Comprensión	Buena.	Regular. Hubo que aclarar que era recoger un gas en agua y que la fermentación es un proceso.
	Esquemas	No hay.	No hay.
	Interés	Bueno.	Bueno. Mas aun cuando discutían de situaciones que los hacían dudar.
	Estimulo, discusión	Regular.	Bueno. Todos aportaban ideas de cuales podían ser disoluciones solidas o gaseosas.
	Dificultades	Ninguna.	Una alumna no comprendía la primera pregunta. En general hubo que aclarar que las disoluciones no son todas liquidas y que su formación no implica necesariamente una reacción química.
	Protagonismo	Mayoritariamente del alumno.	Compartido alumno/profesor.
	Ubicación en secuencia	en Si.	
	Importancia	Fundamentalmente este tema	Fundamental para aclarar que también existen disoluciones sólidas y gaseosas.

Las actividades fueron evaluadas por medio de esquemas de pensamiento de los estudiantes a partir de los discursos que los alumnos elaboraban en los cuadernos de trabajo, identificando el esquema

dominante (disoluciones) los subesquemas (componentes, proceso, dispersión, reacción química y solvatación) y las variables. Los esquemas conceptuales se contrastaron con el esquema de referencia estableciendo cuatro niveles y seis subniveles (Figura 18).

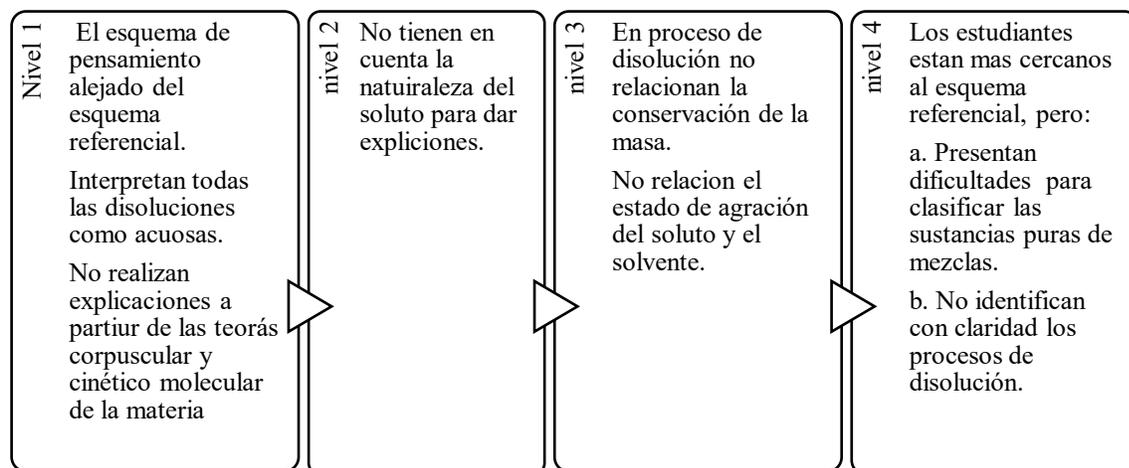


Figura 16. Algunas de las dificultades identificadas en los niveles según el esquema de pensamiento.

La secuencia permitió que un número significativo de estudiantes se ubicara en el esquema referencial, pero persistió las concepciones y dificultades para el uso del modelo corpuscular, es decir no se ha superado la idea alternativa de que todos los sistemas materiales son mezclas y no identifican los procesos para obtener una disolución.

Basándose en los cambios que la educación del siglo XXI presenta, en especial del sistema educativo de Latinoamérica, en donde los países deben adaptarse a las nuevas exigencias de la globalización de la economía y ser competentes con sus productos de exportación, lo cual se logra con un mayor conocimiento y creatividad, Madrid y colaboradores⁵¹ desarrollaron una secuencia didáctica en que el estudiante presenta un papel activo y en donde se combina los componentes: el estudio cooperativo en el aula; el uso de material didáctico impreso desarrollados *ad hoc* y actividades experimentales.

En el estudio anterior participaron 27 estudiantes con edades entre los 15 y 16 años, distribuidos en grupos de manera heterogénea de acuerdo a un diagnóstico realizado con anterioridad. El

trabajo fue desarrollado en tres etapas: 1) diseño y elaboración del medio instruccional impreso, 2) aplicación y 3) evaluación.

1) Diseño y elaboración del medio instruccional impreso: es un cuadernillo guía, diseñado empleando el modelo sistemático de instrucción, organizado en tres partes, la primera es la introducción, segunda es la iniciación al trabajo experimental y actividades a desarrollar junto con el cuestionario como tercera parte.

2) Aplicación: los grupos realizan actividades no relacionadas con química para que el estudiante se familiarice y desarrolle habilidades características del aprendizaje cooperativo

Tabla 9. Actividades realizadas en la aplicación.

Actividad	Conociéndose	Dándose	Analizando	Misión espacial	Carrera	de	Tangram
		un	información		autos		
		nombre					
Descripción	Los alumnos	Los seis	Se analizan	Se presenta un	Ubicar	la	Realizar figuras
	se presentan	grupos se	diarios sobre	problema	mejor	con	un
		dan un	las		posición de	diferentes	rompecabezas
		nombre.	características		autos		chino.
			de un personal				
			para ser				
			contratado.				
Habilidad	La	Identidad	Destrezas	Responsabilidad	Participación	Interdependencia	
	interacción	propia	interpersonales	individual	y liderazgo	positiva.	
			y habilidades	grupal.			
			sociales.				

8.1.2 Contextualización

Cuando los contenidos de química se abordan desde la realidad del estudiante, es decir, desde su contexto, se despierta mayor interés en el estudiante, debido a que los conceptos se perciben como respuestas a problemas que el propio estudiante se formula.²⁵ Por eso muchos autores han empleado la contextualización como estrategia de enseñanza, tal es el caso de Kraser y colaboradores²⁴ aprovecharon la problemática de su comunidad relacionada con el consumo de bebidas gaseosas, aguas saborizadas, jugos y aguas embazadas debido a la mala calidad del agua y su escases, para enseñar de manera contextualizadas las disoluciones químicas y de esta manera

relacionarlo con la salud. Consideraron que la contextualización en las clases de ciencias permite una mejor comprensión de los conceptos científicos, en este sentido la enseñanza de las disoluciones químicas es de gran interés al hacer parte de la vida cotidiana del estudiante.

La investigación se realizó con 20 estudiantes de secundaria entre los 12 y 14 años, inicialmente aplicaron un cuestionario estilo *ad hoc* para identificar los hábitos de consumo y el nivel de concientización respecto al consumo y composición de los jugos en polvo, dando como resultado que el 77,3% de los estudiantes consumen bebidas a base de jugos en polvo con un 58.8% de consumo frecuente, esto les permitió contextualizar el tema de disoluciones químicas a partir de la preparación de los jugos en polvo.

La propuesta didáctica se diseñó empleando diferentes recursos y estrategias metodológicas como: ideas previas y preconcepciones; lectura y análisis de etiquetas de jugos; trabajo práctico experimental; estudio de los colorantes presentes en los jugos de naranja en polvo; socialización de lo trabajado.

En el reconocimiento de las ideas previas y preconcepciones, los estudiantes clasificaron imágenes de productos cotidianos según su composición y aspecto, con el objetivo de identificar las ideas previas sobre los conceptos: sustancia pura, mezcla homogénea, mezcla heterogénea, fases y componentes. El propósito de las lecturas y análisis de etiqueta de jugos fue educar en la salud y fomentar una actitud responsable de consumo, a través del análisis de los rótulos de las bebidas de jugos en polvo para identificar edulcorantes, agentes emulsificantes, antioxidantes, acidulantes, reguladores de acidez, edulcorantes no nutritivos, anti aglutinantes, aromatizantes y espesantes.

Para el trabajo experimental el autor la ejecutó en dos partes, la primera parte consistió en la preparación de cuatro disoluciones de jugo de naranja en polvo variando la cantidad de jugo, pero conservando la misma proporción de agua con el propósito de trabajar el concepto de concentración. Además, los estudiantes observaron y compararon algunas de las propiedades intensivas de las disoluciones como es el color y el olor con el fin de realizar una aproximación hacia los conceptos de soluciones diluidas y concentradas.

En la segunda parte se realizó el análisis cualitativo de los colorantes presentes en el jugo en polvo empleando la cromatografía en papel como método de fraccionamiento de los componentes de una disolución. En la cromatografía se empleó como fase estacionaria papel filtro y en la fase móvil etanol, posteriormente se analizaron los colorantes reconocidos (dióxido de titanio, tartrazina y amarillo ocaso) teniendo en cuenta la estructura química para establecer similitudes y diferencias, además de reconocer los efectos adversos en la salud, analizando situaciones problemas como las siguientes:

“Un sobre de jugo en polvo para preparar 1 litro de bebida contiene 18 gramos. Teniendo en cuenta que rinde 4 vasos de jugo, ¿cuántos miligramos de tartrazina habría en un vaso de jugo si se considera que la concentración máxima de tartrazina en dicha bebida es de 0,010 g tartrazina/100g jugo en polvo?”

“Teniendo en cuenta los valores de IDA encontrados para los colorantes tartrazina y amarillo ocaso y tu masa corporal, ¿cuánto podrías consumir a diario de cada colorante, durante toda tu vida, sin que llegue a representar un riesgo significativo para tu salud?”

Para el investigador la contextualización y las actividades teórico-prácticas resultaron ser efectivas, no solo se logró trabajar conceptos asociados al tema de disoluciones (solutos y disolventes, disoluciones diluidas y concentradas, diluciones, densidad, composición y concentración de una disolución, también se logró la participación activa del estudiante y se fomentó el respeto hacia el trabajo colectivo.

Otra investigación que involucra la contextualización como estrategia de enseñanza del concepto de disoluciones es la realizada por Cañero y colaboradores²⁵ quienes la combinan con la modelización al considerar que su integración favorece la enseñanza-aprendizaje. Los autores diseñan una unidad didáctica con el propósito de caracterizar las representaciones con relación a la estructura interna de una bebida gaseosa que presentan 44 estudiantes alrededor de los 14 y 15 años, contextualizando el concepto con las bebidas gaseosas, basándose en la dificultad para comprender el comportamiento de un gas como soluto en las disoluciones en un líquido.

El autor emplea la contextualización para la enseñanza-aprendizaje de las disoluciones mediante la elaboración de bebidas gaseosas basándose en:

- a. Relevancia en la vida cotidiana, las bebidas carbonatas son de gran consumo en especial en los adolescentes.
- b. Relación con el currículo, puede contribuir a la elaboración de conceptos como el de concentración, aplicación de las leyes de los gases e ideas relacionadas con sustancias y moléculas orgánicas, además de permitir realizar preguntas que pueden contribuir a procesos de indagación.
- c. Permite modelizarla con la teoría cinético molecular, con el propósito de abarcar las disoluciones desde los tres estados de la materia, para ir más allá de las disoluciones de sólidos en líquidos.
- d. Presenta relación con el trabajo práctico del aula, la preparación de bebidas carbonatadas se puede realizar con métodos sencillos con materiales de uso común como el caso del vinagre.

La investigación se realiza mediante tres estudios los cuales presentan actividades que dan un posible respuesta a las preguntas de investigación propuestas para cada estudio (Figura 19):

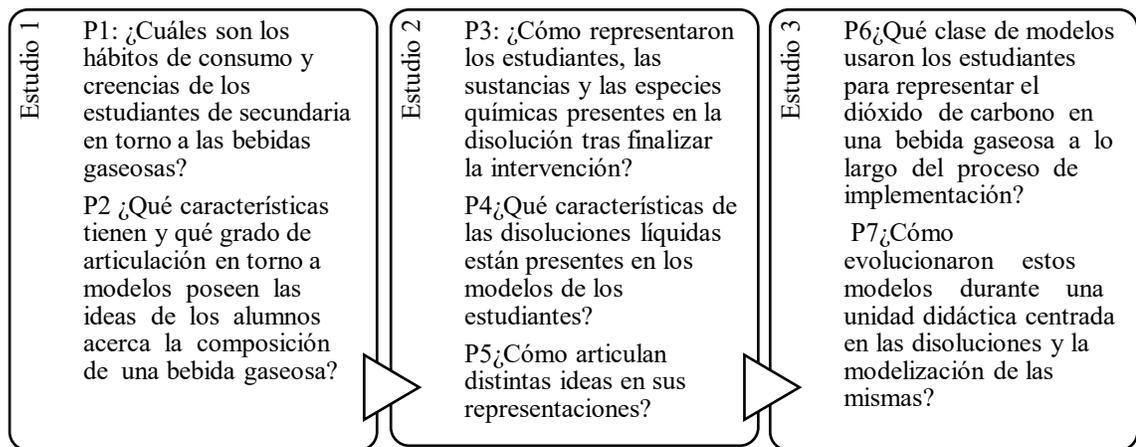


Figura 17. Esquemas de las preguntas de investigación.

1. Análisis de las bebidas gaseosas como contexto para el aprendizaje de las disoluciones. Mediante la indagación sobre los hábitos de consumo, las opiniones sobre su salubridad,

concepciones y como los estudiantes imaginan el interior de una bebida azucarada con gas (estructura y composición) se identifican las ideas previas para el diseño de una secuencia didáctica.

2. Diseño e implementación de la secuencia didáctica “Deconstruyendo las bebidas gaseosas”. La secuencia combina los enfoques de contextualización y modelización en torno a las disoluciones en el contexto de las bebidas gaseosas. En esta se abordan actividades de modelización y trabajo práctico de preparación de una bebida carbonatada con el objetivo que el estudiante progresara en su modelo del contenido de una bebida gaseosa como una disolución que contiene agua, azúcar y dióxido de carbono, además que el estudiante genere modelos que pueda aplicar, revidar y reelaborarlos identificando su utilidad y limitación. Para identificar la modelización del estudiante, contestaron a la siguiente pregunta:

“Utilizando lo que has aprendido explica detenidamente que son las bebidas gaseosas y como se elaboran. Acompaña tu explicación con un dibujo”

Los resultados fueron se analizaron mediante una rúbrica (Tabla 10), en la cual se diferencian seis dimensiones, organizadas en dos grupos: a la representación de cada uno de los componentes principales (dióxido de carbono, agua y azúcar; atributos relevantes de una disolución como sistema material (homogeneidad; desorden, interacción) y realizando niveles de representación en cada dimensión.

El análisis de los modelos de representación mediante el empleo de la rúbrica logro evidenciar que la mayoría de las respuestas por parte de los estudiantes corresponden al nivel submicroscópico y/o simbólico, pero con representaciones mixtas entre el nivel macroscópico y submicroscópico, como es el caso del agua y el dióxido de carbono. Cañero³³ infiere que la dificultad de representación en nivel submicroscópico del agua proviene de la intención de no identificar el agua como disolvente de la disolución y en el caso del dióxido de carbono podrían venir de limitaciones para conceptualizar los gases como entidades materiales según lo explica.¹ Para el caso de las

representaciones de las características de las disoluciones líquidas, gran parte de los estudiantes, conciben la disolución como un sistema homogéneo.

Tabla 10. Rubrica analítica diseñada para evaluar las representaciones de los estudiantes.³³

Dimensiones/ niveles de desempeño	I	II	III	IV	V
Niveles de representación	No hay representación	Las representaciones aportadas son de tipo macroscópica. Por ejemplo, se incluye una línea para representar el agua, líneas onduladas para dar sensación de relleno y/o espirales para representar al gas o pequeños cuadros o líneas cortas para el azúcar.	Se superpone una representación macroscópica y/u otra submicroscópica esta última presentada mediante dibujos icónicos con círculos o puntos que aluden a lo que pueden ser unidades moleculares, aunque no llega a desglosarse en los átomos que lo componen. Un círculo, por ejemplo, puede representar una molécula de agua	Representación submicroscópica y/o simbólica, en la que los dibujos representan unidades moleculares que no llegan a desglosarse en los átomos que lo componen. Un círculo, por ejemplo, puede representar una molécula de agua	Representación submicroscópica, con iconos que representan no sólo a las moléculas en su conjunto sino a los átomos que la integran e incluso pueden aparecer los enlaces que participan.
Heterogeneidad/Homogeneidad	No hay representación	El gas y/o el azúcar pueden aparecer separados del resto	La representación presenta una distribución no homogénea (heterogeneidad) del gas por todo el recipiente. El resto de los ingredientes presentan una distribución homogénea.	La representación presenta una distribución homogénea, pero puede aparecer en la zona superior del dibujo una mayor concentración del gas que de una idea parcial de heterogeneidad.	La representación muestra una distribución homogénea. No existen zonas del dibujo donde se observe una mayor concentración de algún componente que den idea de heterogeneidad.

Orden/Desorden	No procede, bien porque no hay representación o porque la representación del componente no permite la categorización.	Todos los componentes representados siguen una distribución regular o están perfectamente ordenados	Algunos componentes representados siguen una distribución regular o están parcialmente ordenados, y otros no.	Todos los componentes se encuentran desordenados
Agrupación/Dispersión	No hay representación	Todos los componentes representados están unidos formando una identidad, aunque alguno también aparezca repetido y separado del resto.	Dos de los componentes representados están unidos formando una identidad.	Ninguno de los componentes representados se encuentra unido a otro/s formando una identidad.

3. Mejoras a la secuencia didáctica. Se realiza teniendo en cuenta el progreso de los modelos de los estudiantes, centrándose en la disolución del gas al ser el componente con mayor dificultad que presentan los estudiantes en la modelización del conjunto de la bebida gaseosa, por tanto, el autor diseña una rubrica sintética (tabla 11), agrupaba los modelos expresados de la situación y el comportamiento del dióxido de carbono

Tabla 11. Rubrica para la categorización de las representaciones y explicaciones acerca del dióxido de carbono en la bebida.³³

Modelos de los estudiantes		
Nivel	Denominación	Descripción
0		Sin respuesta o respuesta no codificable
1	Gas fuera	Ignora el gas o este no hace parte de la bebida
2	Burbujas	Contemplan el gas como burbuja/espumas/pompas que no forman parte de la disolución (agua y azúcar)
3	Burbujas y algo mas	Contemplan el gas como burbujas y a la vez como parte de la disolución, pero sin mencionar que esta disuelto

4	Gas disuelto	Se expresa que el gas esta disuelto, añadiendo una representación homogénea del sistema. Solo ocasionalmente, se habla de burbujas como elementos añadidos.
5	Sobresaturación	Diferencias el gas disuelto del gas en forma de burbuja como producto de la sobresaturación

Dentro de la implicación de enseñanza el investigador considero el resultado poco satisfactorio, al ser un número minoritario de estudiantes que consideraron la idea de gas disuelto, es decir, después de la intervención los estudiantes aun presentaban la dificultad para integrar el dióxido de carbono en la disolución, por tanto se sugiere realizar modificaciones al diseño didáctico en las que se integren actividades de experiencia directa o actividades de laboratorio virtual en donde se evidencia como se forman las burbujas en el interior de la bebida y como están desaparecen como resultado de la variación de temperatura y presión.

También, se concluye que la presentación y uso de un modelo científico de disoluciones de gases en líquidos basado en las ideas de movimiento e interacción molecular para disoluciones de sólidos y líquidos en líquidos, poco contribuyo a mejorar los modelos de los estudiantes, de igual manera sugiere la implementación de alternativas que adapten el modelo científico-escolar.

Por otro lado, se sabe que los dulces son agradables y apetecibles para la mayor parte de las personas, en especial para los jóvenes, además, la elaboración implica la preparación de una disolución sobresaturada de azúcar que se somete a calentamiento. Por tal motivo Bayline y colaboradores,³¹ diseñan un curso que implica la elaboración de caramelos que abarcaron conceptos, como la solubilidad, efectos de la temperatura, preparación de disoluciones sobresaturadas y propiedades coligativas. Para esto, los estudiantes prepararon disoluciones de tres tazas de azúcar y una taza de agua con colorante alimentario rojo para una mejor visualización y evidenciaron el resultado de las etapas del caramelo según su temperatura (Figura 20). Aunque, los estudiantes consideraron agradable el curso, no fue evaluado su aporte a la construcción de aprendizaje.



Figura 18. Etapas de caramelo a diferentes temperaturas

8.1.3 Constructivismo

Çalik y colaboradores³⁶ realizan una experiencia de aprendizaje con el fin de enseñar los efectos de la agitación y la superficie de soluto en el proceso de disolución y de esta manera comprender el concepto de velocidad de una disolución, además desarrollar la capacidad de pensamiento analógico. Los autores para realizar el cambio conceptual integraron el razonamiento analógico con la estrategia de enseñanza constructivista en cuatro pasos, empleada por la relación que presenta con el desarrollo de la memoria de trabajo que involucra procesos como retener, centrar, organizar y dar forma. Los 4 pasos trabajados por los autores:

1. Suscitar las ideas preexistentes de los alumnos.
2. Centrarse en el concepto objetivo.
3. Cuestionar las ideas de los alumnos.
4. Aplicar las ideas recién construidas a situaciones similares.

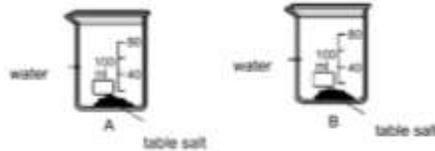
Los investigadores trabajaron con 44 alumnos de 9 grado, los cuales desarrollaron un test de conceptos de disoluciones químicas que presentaba preguntas abiertas como la de la Figura 21. La prueba fue aplicada como pre-test para recoger la información y también como post-test después de desarrollar 10 actividades de enseñanza, por último, se volvió aplicar el mismo test como prueba diferida después de 10 semana de terminada la intervención para identificar si los estudiantes almacenaron su concepción en la memoria de largo plazo como resultado del razonamiento analógico integrado en un modelo de enseñanza constructivista de cuatro pasos.

También se emplearon entrevistas clínicas a seis estudiantes, dos estudiantes por cada nivel de cambio conceptual, dos de medio, dos por debajo de la media y dos por encima de la media los cuales en cada sesión de entrevista debían preparar dos disoluciones con la misma cantidad de

agua y la misma cantidad de azúcar, con la diferencia que una disolución tenía un terrón de azúcar triturada y la otra con un terrón de azúcar entero y contestar los siguientes interrogantes:

- ¿Cuál de los tipos de azúcar se disuelve rápidamente? Defienda su respuesta.
- ¿Se produce algún cambio en la cantidad de azúcar disuelto? Explica las razones.
- Después de agitar alguno de los dos vasos precipitado, ¿Cómo influye el proceso de agitación en la disolución? Defienda su respuesta.

- Los vasos contienen la misma cantidad de agua a iguales temperaturas, se adiciona la misma cantidad de sal de mesa en cada vaso, pero mientras que en el vaso B se agita enérgicamente, el otro se deja reposar. Teniendo en cuenta la idea, explica como afecta la agitación al proceso en cada vaso de precipitado. Defiende tu respuesta.



- Cuando se añaden sales trituradas y no trituradas a dos vasos de agua a la misma temperatura y en la misma cantidad se disuelven:
 - La sal triturada reduce el tiempo para disolver.
 - La sal sin triturar reduce el tiempo necesario para disolver

Porque.....

Figura 19. Ejemplo de pregunta del test.

Please select the choice that reflects your self-assessment and write down the concepts you think you have learned and/or the concepts you think you have not learned:

(a) I learned the concepts involved in this activity
(b) I did not learn the concepts involved in this activity
(c) I need to revise them

The concepts I learned:

The concepts I did not learn:

Figura 20. Formulario de auto evaluación del alumno utilizado en el estudio.³⁶

Asimismo, los estudiantes después de cada hora de clase presentaron un ejercicio de autoevaluación y completar un formulario (figura 22) en el que compartían sus experiencias de aprendizaje.

Con relación de los 4 pasos de la estrategia empleada se obtuvo:

Paso 1: obtener las ideas preexistentes de los alumnos.

Con la aplicación del test se identificaron las concepciones en los estudiantes:

- a. La agitación es un prerequisite para el proceso de disolución, si no, la disolución no tiene lugar. (Blanco y prieto 1997, citado por Çalık y colaboradores ³⁶)
- b. Cuanto más se agita, más soluto se disuelve (Blanco y Prieto 1997, citado por Çalık y colaboradores ³⁶)
- c. La superficie del soluto influye en la cantidad de soluto (Çalık 2005, citado por Çalık y colaboradores ³⁶)
- d. La masa del soluto triturado es mucho mayor que las del soluto sin triturar ³⁵
- e. Las moléculas del soluto triturado son más pequeñas que las del soluto sin triturar, por lo que se disuelven más rápidamente ³⁵

Paso 2. Centrarse en el concepto objetivo.

Para la realización de este paso los alumnos se organizan en grupo para evaluar sus ideas preexistentes teniendo en cuenta las instrucciones y preguntas orientadas. Se trabaja con las actividades diseñadas, actividad 1 y 2.

La actividad analógica 1, permite que el estudiante comprenda que la cantidad de soluto empleado en cada situación, ni el aumento de la superficie del soluto ni su masa afectan a la cantidad de soluto disuelto, además comprender que un aumento de la superficie del soluto solo afecta al tiempo necesario para el proceso de disolución, pero no influye en la masa ni en la cantidad y tamaño de la molécula.

La actividad analógica 2 en la cual los estudiantes trabajan con la misma cantidad de terrones de azúcar permite comprender que la agitación no influye en la cantidad de soluto y que no es un requisito para el proceso de disolución

Paso 3. Cuestionar las ideas de los alumnos

En este paso el docente debe reconocer los conocimientos adquiridos por parte de los estudiantes, pero existe la posibilidad de tener estudiantes sin comprender por lo tanto se debe informar al estudiante si su concepción es correcta o no, por tanto, se realiza un dialogo socrático para enseñar las similitudes del concepto análogo y el concepto objetivo.

Paso 4.

Los estudiantes realizan relatos de lo que han aprendido mediante tareas de autoevaluación.

El estudio identificó que uno de los obstáculos principales para identificar las concepciones de la velocidad de disolución es el concepto fusión, como consecuencia del de no relacionar ni discriminar conceptos, estos son almacenados por el estudiante de forma fragmentada. Igualmente se evidencio otros conceptos, masa, volumen, densidad, naturaleza discontinua de la materia que influyen a tener otras concepciones alternativas.

Además, los autores concluyen que aunque el razonamiento analógico integrado en un modelo constructivista en cuatro pasos mejoro la comprensión de los estudiantes de la relación entre las velocidades de disolución y la explicación submicroscópica de la disolución y permitió el cambio de las concepciones alternativas por concepciones científicas, las concepciones alternativas de algunos siguen resistiendo, por lo tanto es necesario continuar con más estudios para aportar más pruebas, asimismo este estudio sugiere ser implementado con una muestra más grande para generalizar los resultados, además de ser tenidos en cuenta para el diseño del currículo, puesto que hay muchas investigaciones que aportan al cambio conceptual pero son dejados de lado.

8.1.4 Implementación de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC)

Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) son un fenómeno que ha revolucionado el quehacer de las personas, convirtiéndose en un elemento fundamental para la sociedad, tanto es así, que se ha convertido en un indicador de desarrollo social.⁵² Debido a esto se puede decir que vivimos es una cultura tecnológica que avanza día a día impactando diferentes campos, como por ejemplo en la educación.⁵³

Cuando relacionamos las TIC en la educación, se hace referencia a su implementación como estrategia innovadora de enseñanza para lograr el aprendizaje. La inclusión de las TIC en el proceso de enseñanza involucra que el docente tenga habilidades (creatividad e innovación) y esté capacitado para desarrollarlas en el aula de clase, aprovechando que en la actualidad los recursos digitales son muchos (internet, realidad virtual, celulares, tables, redes sociales) Pero, conviene resaltar que, aunque los recursos son muchos y variados, existe obstáculos a su acceso, además de un inadecuado manejo en su uso que puede generar exclusión social.⁵²

En cuanto su uso como estrategia de enseñanza en las disoluciones químicas se han realizado intervenciones teniendo en cuenta sus dificultades de aprendizaje. Una de esta, tienen relación con el dominio de las disoluciones a nivel macroscópico, simbólico y microscópico, que difícilmente lo hacen en este último, debido a que requiere emplear modelos de átomos y moléculas, además de la poca contextualización que el docente emplea, teniendo en cuenta esta dificultad Gregorius y colaboradores,³² hacen uso de la multimedia con la premisa, que cuando el estudiante recibe información visual y auditiva de manera simultánea realiza una mejor conexión en los tres dominios de aprendizaje, por tal motivo diseño animaciones (Figura 23) teniendo en cuenta los principios multimedia de Mayer, sobre la formación de soluciones, propiedades de las soluciones y solubilidad.

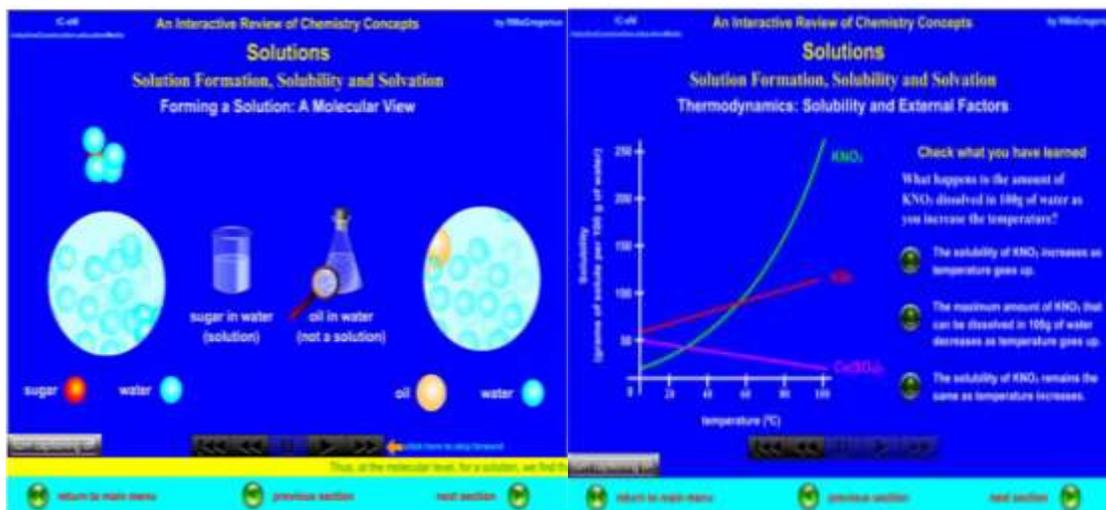


Figura 21. Capturas de pantalla de la animación

Estas animaciones se implementaron en dos grupos, uno experimental que trabajo con el diseño multimedia y otro de control que recibió clases tradicionales y empleo de imágenes de libros de texto. Para evaluar los resultados ambos grupos fueron sometidos a un test preliminar y uno final que permitieron evaluar los resultados. Con relación al método de enseñanza el grupo experimental evidenció una mayor apropiación, pero ambas promovieron el aprendizaje con éxito, sin embargo, el grupo experimental estadísticamente presento mejoras en el aprendizaje.

Por otro lado, se encuentran los objetos virtuales de aprendizaje (OVA) para la enseñanza de las unidades físicas de concentración.³⁹ Los OVA son una unidad digital o no digital apoyados por la tecnología, en este caso se diseñó con el propósito de promover el aprendizaje en cuanto a las unidades físicas de concentración, los conceptos relacionados al tema (concentración y solubilidad)) y su impacto en la cotidianidad apoyado en la química de preparación de alimentos, el OVA puede ser empleado de forma sincrónica o asincrónica por los estudiantes.

El OVA presentaba siete actividades relacionadas con lecturas, resolución de problemas y practicas experimentales. En el caso de las lecturas, se relacionaban con la concentración del alcohol en la sangre y la solubilidad en grasas y agua de las vitaminas con el propósito que los estudiantes se familiarizan con los conceptos. En cuanto a la resolución de problemas, se plantearon situaciones en donde debían analizar las concentraciones de CO₂ en la atmosfera y lectura de etiquetas de medicamentos. Las actividades experimentales incluyeron la preparación de diferentes disoluciones con concentraciones distintas empleando azucres de uso cotidiano, también clasificaron coloides y disoluciones diferentes alimentos (jugo, miel, Gatorade...) empleando el efecto Tyndall.

Es importante resaltar que el OVA, solo fue diseñado como estrategia de enseñanza que establece conexión entre los conceptos y situaciones de la vida cotidiana, tomando las propiedades fisico químicas de los alimentos como insumo para desarrollar competencias y generar motivación, mas no fue implementado, por lo tanto, no se evaluó su alcance.

8.1.5 Aprendizaje basado en problemas ABP

El aprendizaje basado en problemas (ABP) es una estrategia que favorece el aprendizaje por indagación, además de desarrollar el pensamiento científico y crítico y fortalecer el trabajo en equipo.⁵⁴ Este requiere que los estudiantes se involucren de forma activa para desarrollar su propio aprendizaje, enfrentándose a un problema real y significativo para el cual deben buscar una solución.⁶

Mediante la implementación del ABP se realizó una intervención con el propósito de promover y fortalecer la comprensión de las ideas de los estudiantes de grado decimo en torno a las disoluciones, teniendo en cuenta las dificultades que los estudiantes presentan en tres núcleos conceptuales: comprensión de la naturaleza discontinua de la materia, la conservación de las propiedades no observables de la materia y las relaciones cuantitativas en química.⁶

En donde se aplicó un test inicial y un test final, además, de 4 actividades en las cuales los estudiantes debían solucionar situaciones y prácticas de laboratorio. Para el caso de las situaciones estaban relacionadas con el consumo de bebidas alcohólicas y los efectos de la concentración del alcohol en la salud e igualmente las prácticas de laboratorio se relacionaron con el tema, en la cual identificaron alcoholes y elaboraron mezclas homogéneas (alcoholes y agua) y mezclas heterogéneas (alcoholes y hexano).

Al analizar los resultados de los test aplicados, se reflejó que las explicaciones realizadas por los estudiantes respecto a las disoluciones y los conceptos asociados estuvieron mejor argumentadas en el test final a comparación del test inicial. Con relación a las dificultades en los tres núcleos conceptuales, en el caso de la comprensión de la naturaleza discontinua de la materia los estudiantes emplearon adecuadamente los conceptos disolución, soluto y solvente asociándolos a mezclas homogéneas.

En cuanto a la dificultad de la conservación de las propiedades no observables, en donde fue el núcleo con mayor dificultad prevaleció la poca claridad que tienen los estudiantes entre cambio físico y químico. Para el caso de la comprensión de las relaciones cuantificables en el que se

empleó como apoyo el modelo de cuadros y puntos (MPC), los estudiantes realizaron de manera adecuada los cálculos en las concentraciones.

8.2 Discusión sobre las estrategias de enseñanza del concepto de disoluciones química en estudiantes de secundaria

Enseñar es una actividad compleja⁵⁵ que ha requerido la realización de diversas investigaciones para identificar la forma adecuada para lograr el aprendizaje de manera eficaz, por tal motivo durante los últimos años este proceso ha evolucionado, no solo a causa de su complejidad, si no, por los cambios socio-culturales los cuales han contribuido a ser diferente la relación docente-estudiante, creando una variedad de estrategias que disponen de métodos, procedimientos y técnicas que permiten el aprendizaje.⁵²

Pero ¿Cómo enseñar? ¿Cuál estrategia implementar? Tal vez son preguntas que todos los docentes se han hecho en algún momento de su labor, con respuestas no muy fáciles de encontrar, como resultado de los constantes cambios culturales que se vuelven un desafío para el docente, este no solo debe contar con el conocimiento de la disciplina, también, tener ciertas habilidades como la creatividad e innovación, para que diseñe estrategias que llamen la atención del estudiante. Es decir, el docente debe reconocer el rol del estudiante e identificar su contexto (personalidad, actitud, comportamiento, intereses...) para poder entender cuál es la ruta de aprendizaje a implementar.⁵⁰

Si bien, los conocimientos disciplinares evolucionan con forme transcurre el tiempo, los escenarios de aprendizaje escolar también lo hacen, estos cambios en la mayoría de las veces generan en el estudiante cierto rechazo por el aprendizaje, desagrado, falta de motivación y falta de interés. ¿Por qué? Las nuevas generaciones son cambiantes y con gustos distintos, en donde la formación académica en algunos casos ha pasado a un segundo plano, por lo tanto, reconocer el contexto del estudiante, mecanismos y formas de aprendizaje es un paso fundamental para diseñar estrategias de aprendizaje adecuadas a cada necesidad,⁵⁰ con el propósito de no solo potenciar el aprendizaje, además, brindar las herramientas necesarias para que el estudiante confronte situaciones reales con una actitud científica y creadora.⁵⁵

Dentro del contexto educativo se estructuran los estándares básicos de aprendizaje, donde se organiza la formación del estudiante, en el caso de las disoluciones químicas, se inicia desde el grado cuarto de primaria donde el MEN sugiere ser enseñada mediante situaciones que sean cotidianas para el estudiante,²² es así, en donde se comienza evidenciar que las estrategias implementadas o diseñadas por el docente condicionan de cierta manera el aprendizaje y relación de los contenidos temáticos con la generación de conocimiento a lo largo de la vida del estudiante.⁵⁶

Con relación a la enseñanza en disoluciones químicas, la búsqueda de la literatura del trabajo identificó que ha sido un tema de estudio en países como Turquía, Argentina, España, México y Colombia,^{2,29,27,57} al ser un tema fundamental dentro de sus currículos. Además, de algunas claves a tener en cuenta para su enseñanza sin importar el tipo de estrategia a implementar:

1. Tener en cuenta el currículo.
2. Identificación de dificultades de aprendizaje y fortalezas.⁶
3. Identificación de modelos mentales.²
4. Reconocer el contexto y la cultura.⁵⁸

Este trabajo no pretende identificar la mejor estrategia, al ser una investigación con enfoque cualitativo de tipo descriptivo desea dar conocer información de gran importancia con relación a las principales estrategias que se han implementado, para que el docente identifique los medios, actividades o los recursos que debe tener en cuenta para promover el aprendizaje del estudiante con relación al proceso de enseñanza-aprendizaje de las disoluciones químicas.

9 Conclusiones

- El análisis de las investigaciones que abordan el proceso de enseñanza y aprendizaje de las disoluciones químicas permitió evidenciar la importancia de estas, permiten identificar las dificultades de aprendizaje de las disoluciones químicas que pueden ser causada por factores externos, por su complejidad al tener contenidos que son abstractos y la naturaleza propia de la química y por factores internos al estudiante, como su capacidad de comprensión de los conceptos como cambio físico, concentración, solubilidad y factores que la afectan (temperatura, presión y naturaleza de soluto y solvente), falta de modelos mentales, motivación y poca asimilación de la relevancia de las disoluciones químicas en la vida cotidiana.
- En el caso de los resultados analizados de las prueba saber Institución Educativa Esteban Rojas Tovar de los años 2018 al 2022 se evidenciaron falencias, al estudiar los resultados e identificar los aprendizajes con mayor número de respuestas incorrectas se puede decir que, los estudiantes de secundaria no tienen bien estructurados los conceptos clasificatorios de las disoluciones, es decir, no diferencian entre sustancias y mezclas, con estas últimas no presentan claridad entre mezclas homogéneas y heterogéneas, aprendizaje relacionado con el derecho básico de grado cuarto. Por lo cual, los estudiantes en secundaria pueden presentar dificultades con los aprendizajes estructurantes con relación a las disoluciones química, dificultades que, si no son superadas, pueden contribuir a generar problemas relacionadas con un bajo rendimiento académico y por consiguiente una posible deserción escolar.
- Las dificultades de aprendizaje que los estudiantes presentan del concepto de disoluciones químicas se encuentran organizadas desde tres núcleos conceptuales; desde la comprensión de la naturaleza discontinua de la materia, desde la comprensión de la teoría cinético molecular y la comprensión de las relaciones cuantitativas. Al no comprender la naturaleza discontinua de la materia presentan dificultades que pueden estar relacionadas con percepciones macroscópicas, la naturaleza de los componentes de una disolución, además de las interacciones físicas y químicas. Con relación a la comprensión de la teoría cinético

molecular, la mayor dificultad que los estudiantes enfrentan es el manejo de los niveles representacionales y desde la comprensión de las relaciones cuantitativas de las disoluciones químicas, que emplea procesos en torno a la concentración, concepto que por sí mismo presenta dificultades, en donde se requiere que el estudiante tenga claro que la concentración es una función de dos variables, el soluto y el solvente,

- Las estrategias de enseñanza están relacionadas con la formación, capacidad innovadora y creatividad del docente, como también, de la estructura del currículo, la identificación de dificultades y fortalezas, el contexto social y cultural, mecanismos y formas de aprendizaje de los estudiantes. Dentro de las estrategias empleadas para la enseñanza de las disoluciones químicas se destacan las unidades didácticas, la contextualización que permite abordar los contenidos desde la realidad del estudiante despertando mayor interés, aprendizaje basado en problemas (ABP) que permite una participación del estudiante al enfrentarse a un problema real y significativo para el cual deben buscar una solución. También, se encuentra la implementación de las TIC como estrategia innovadora que utiliza diversidad de recursos digitales (internet, realidad virtual, celulares, tablets, redes sociales) pero, se debe tener cuidado, a pesar de que son muchos los recursos digitales existen obstáculos a su acceso, además un inadecuado manejo en su uso que puede generar exclusión social.

10 Bibliografía

1. Furio, C. & Furio, C. Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los procesos químicos. *Educación Química* **11**, 300 (2018).
2. Nappa, N., Insausti, J. & Sigüenza, F. Obstáculos para generar representaciones mentales adecuadas sobre la disolución. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias* **2**, 344–363 (2005).
3. Perilla, I., Naranjo, N. A., Torres, A. & Valbuena, A. L. *Prueba de Ciencias Naturales Saber 11.º*. <http://www.colegiosminutodedios.edu.co/liceo-ha-> (2019).
4. Çalık, M. & Alipaşa, A. A cross-age study on the understanding of chemical solutions and their components 1. *International Education Journal* **6**, 30–41 (2005).
5. Furió, C. & Furió, C. *Educación Química, Vol. 1, Núm. 0*. (2018).
6. Martínez, J. & Sanabria, Q. Proposal Based on the Problem-Based Learning Model (PBL): The Behavior of Dissolutions. *Revista del sistema de práctica y pedagógica y didáctica* 1–14 (2010).
7. Mazzitelli, C., Morales, L. & Zorrilla, E. An experience accompanying future teachers to overcome learning difficulties in Chemistry. *Revista de Educación en Ciencias Naturales y tecnología* **1**, 1–10 (2022).
8. Ministerio de educación Nacional (MEN). *Estándares Básicos de Competencias En Ciencias Naturales*. (2004).
9. Pozo, J. & Crespo, M. *Aprender y Enseñar Ciencia: Del Conocimiento Cotidiano al Conocimiento Científico*. (2006).
10. Muñoz, I. & Mendez, D. Molaridad: dificultades en el concepto de concentración de una disolución en química de 1º de Bachillerato. *Actualidades Investigativas en Educación* (Universidad Internacional de la Rioja, Barcelona, 2013).

11. Umbarila, Ximena. Dificultades de aprendizaje de disolución: Un análisis crítico de su enseñanza y una propuesta de mejora. *Educacion Quimica* (Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá., 2014).
12. Pacheco, E. Papel de la regulación en situaciones problema para el aprendizaje del concepto disoluciones químicas. (Universidad Autónoma de Manizales, Manizales , 2017).
13. Calderón García, D. & Torres Acevedo, S. *Guía de Orientación*. (2022).
14. Díaz Martín, A. El contexto socio-cultural del alumno y sus consecuencias tanto en el proceso de enseñanza como de aprendizaje. *Innovación y experiencias educativas* **1**, 1–8 (2011).
15. Pedraza, F., Bernal, R., Mora, A. & Villamizar, G. *Sistema Nacional de Evaluación Estandarizada de La Educación*. www.icfes.gov.co. (2016).
16. Vega, C., Oquendo, D., Rivera, D. & Vargas, L. *Guía de Interpretación y Uso de Resultados Saber 11*. www.icfes.gov.co. (2016).
17. Vera, O. Cómo escribir artículos de revisión. *Revista Médica La Paz* **15**, 63–69 (2009).
18. Córdoba, E. Unidad didáctica del concepto MEZCLAS en química, una herramienta motivadora para el proceso de enseñanza-aprendizaje. *Educacion Quimica* (Universidad Nacional de Colombia, Manizales, 2018).
19. Blanco, A., Ruiz, L. & Prieto, T. Historia Y Epistemología De Las Ciencias. *Enseñanza de las ciencias* **17**, 327–331 (2010).
20. Méndez, D. & Castro, J. La disolución concepto estructurante en química una estrategia didáctica centrada en la modelización. *Tesis* (Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, 2016).
21. Çalýk, M., Ayas, A. & Ebenezer, J. V. A Review of Solution Chemistry Studies: Insights into Students' Conceptions. *Source: Journal of Science Education and Technology* **14**, 29–50 (2005).

22. Ministerio de Educación Nacional. Derechos Básicos de Aprendizaje - Ciencias Naturales. 43 Preprint at https://www.colombiaaprende.edu.co/sites/default/files/files_public/2022-06/DBA_C.Naturales-min.pdf (2016).
23. Van Eck, N. J. & Waltman, L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics* **84**, 523–538 (2010).
24. Kraser, R. B. & Hernández, S. A. Artificial dyes and their relation to health: How to approach this problem from the study of solutions? *Revista Eureka* **17**, (2020).
25. Cañero-Arias, J., Blanco-López, Á. & Oliva Martínez, J. M. Representing solutions in fizzy drinks context. *Educacion Quimica* **33**, 127–139 (2022).
26. Çalýk, M., Ayas, A. & Ebenezer, J. A review of solution chemistry studies: Insights into students' conceptions. *J Sci Educ Technol* **14**, 29–50 (2005).
27. Çalik, M. A cross-age study of different perspectives in solution chemistry from junior to senior high school. *International Journal of Science and Mathematic Education* **3**, 671–696 (2005).
28. Bekerman, D. & Galagovsky, L. La Química y sus lenguajes: un aporte para interpretar errores de los estudiantes. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* **8**, 3 (2009).
29. Umbarila, X. Fundamentos teóricos para el diseño y desarrollo de unidades didácticas relacionadas con las soluciones químicas. *Rev Invest (Guadalajara)* **36**, 133–158 (2012).
30. Ortolani, A., Falicoff, C., Manuel, J., Castiñeiras, D. & Odetti, H. Implementation of a teaching proposal on the subject Solutions in the secondary school. A case study. *Educación en química* **23**, 212–221 (2012).
31. Bayline, J., Tucci, H., Miller, D., Roderick, K. & Brletic, P. Chemistry of Candy: A Sweet Approach to Teaching Nonscience Majors. *J Chem Educ* **95**, 1307–1315 (2018).
32. Gregorius, R., Santos, R., Dano, J. B. & Gutierrez, J. J. Can animations effectively substitute for traditional teaching methods? Part I: Preparation and testing of materials. *Chemistry Education Research and Practice* **11**, 253–261 (2010).

33. Cañero, J. Las bebidas gaseosas como contexto para el aprendizaje de las disoluciones mediante modelización. Estudio de casos en Educación Secundaria Obligatoria. (Universidad de Málaga, Málaga, 2022).
34. Ángel, M., Crespo, G., Pozo, J. I., Sagarrio, M. & Julián, G. Enseñando a comprender la naturaleza de la materia: el diálogo entre la química y nuestros sentidos. *Educación química* **15**, 198–209 (2004).
35. Çalik, M. & Ayas, A. A comparison of level of understanding of eighth-grade students and science student teachers related to selected chemistry concepts. *J Res Sci Teach* **42**, 638–667 (2005).
36. Çalık, M., Ayas, A. & Ebenezer, J. V. Analogical reasoning for understanding solution rates: Students' conceptual change and chemical explanations. *Research in Science and Technological Education* **27**, 283–308 (2009).
37. Derman, A. & Eilks, I. Using a word association test for the assessment of high school students' cognitive structures on dissolution. *Chemistry Education Research and Practice* **17**, 902–913 (2016).
38. Raviolo, A. & Farré, A. S. *Razonando Con Molaridad*. vol. 24 (2018).
39. Álvarez Pedraza, L. Elaboración de un objeto virtual de aprendizaje, que facilite la enseñanza de las unidades físicas de concentración. (Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 2012).
40. Raviolo, A. & Farré, A. Conceptual learning of the topic concentration of solutions: image analysis from university textbooks. *Educacion Quimica* **31**, 119–133 (2020).
41. Çalýk, M., Ayas, A. & Ebenezer, J. V. A review of solution chemistry studies: Insights into students' conceptions. *Journal of Science Education and Technology* vol. 14 29–50 Preprint at <https://doi.org/10.1007/s10956-005-2732-3> (2005).
42. Ruiz Ortega, F. & Rodas Rodríguez, J. *Argumentación y Aprendizaje En Clase de Ciencias: Implementación de Unidades Didácticas En Educación Básica Secundaria*. vol. 1 (Universidad de Caldas, Manizales, 2021).

43. Orrego, M., López, A. M. & Tamayo, O. E. Evolución de los modelos explicativos de fagocitosis en estudiantes universitarios. *Revista latinoamericana de estudios educativos* **9**, 79–106 (2013).
44. Tamayo Alzate, O. E., Orrego Cardozo, M. & Dávila Posada, A. R. Modelos explicativos de estudiantes acerca del concepto de respiración. *Bio-grafia* **7**, 128–145 (2014).
45. Posner, M. I. *Foundations of Cognitive Science*. vol. 6 (MIT Press, Massachusetts, 1989).
46. Greca, M. & Moreira, M. Modelos mentales, modelos conceptuales y modelización. *Cat. Ens. Fís.*, v **15**, 107–120 (1998).
47. Sánchez Rodríguez, T. Estado del arte sobre la enseñanza y el aprendizaje del concepto de disoluciones en química. Una propuesta metodológica. (Universidad de Caldas, Manizales, 2023).
48. Nappa, N., Soto, S. & Herrera, N. Construcción de modelos mentales de la disolución de sales usando un recurso educativo abierto. *Revista Electrónica Iberoamericana de Educación en Ciencias y Tecnología* **4**, 97–118 (2013).
49. Nappa, N., Insausti, M. & Sigüenza, A. Características en la construcción y rodaje de los modelos mentales generados sobre disoluciones. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias* **3**, 2–22 (2006).
50. Arias, D. & Torres, E. Unidades didácticas. Herramientas de la enseñanza. *Revista Noria. Investigación Educativa* **1**, 41–47 (2017).
51. Madrid, J. C., Arellano, M., Jara, R., Merino, C. & Balochi, E. Cooperative learning in “Solutions” contents understanding. A pilot study. **24**, 471–479 (2013).
52. Villacres, G., Espinoza, E. & Rengifo, G. Empleo de las tecnologías de la información y la comunicación como estrategia innovadora de enseñanza y aprendizaje. *Revista científica de la Universidad Cienfuegos* **12**, 136–142 (2020).
53. Loor, M. & García, C. Uso de las TIC como estrategia de enseñanza para docentes de Educación General Básica en la zona rural. *Dominio de las ciencias* **6**, 747–763 (2020).

54. Hernández, R. & Moreno, S. El aprendizaje basado en problemas: una propuesta de cualificación docente. *Revista de investigación y pedagogía Praxis & Saber* **12**, e11174 (2021).
55. Rochina, S. C., Ortiz, J. C. & Paguay, L. V. La metodología de la enseñanza en la educación superior. *Revista Científica de la Universidad de Cienfuegos* **12**, 386–389 (2020).
56. Pamplona, J., Cuesta, J. C. & Cano, V. Estrategias de enseñanza del docente en las áreas básicas : una mirada al aprendizaje escolar. *Eleuthera* **21**, 13–33 (2019).
57. Çalik, M., Ayas, A. & Coll, R. K. A constructivist-based model for the teaching of dissolution of gas in a liquid. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching* **7**, 1 (2006).
58. Kraser, R. & Hernández, S. Artificial dyes and their relation to health: How to approach this problem from the study of solutions? *Revista Eureka sobre Enseñanza y divulgación en ciencias* **17**, (2020).