

**Estado del arte sobre la enseñanza y el aprendizaje del concepto
de disoluciones en química. Una propuesta metodológica**

Tania Sánchez Rodríguez

Universidad de Caldas

Facultad de ciencias exactas

Maestría en química (profundización con énfasis en didáctica)

Manizales, Colombia

2023

Estado del arte sobre la enseñanza y el aprendizaje del concepto de disoluciones en química. Una propuesta metodológica

Tania Sánchez Rodríguez

Director:

Magister en ciencias químicas candidato a D.Sc José Mauricio Rodas Rodríguez

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

Magister en química (modalidad profundización con énfasis en didáctica)

Universidad de Caldas

Facultad de ciencias exactas

Maestría en química (profundización con énfasis en didáctica)

Manizales, Colombia

2023

Agradecimientos

A mi familia y mi esposo que me han acompañado y apoyado pacientemente en este proceso.

Al profesor José Mauricio Rodas, por su dirección y apoyo desde el inicio de este proyecto.

A la Universidad de Caldas por brindarme los espacios necesarios para mi formación y mejoramiento profesional.

A la Institución Nuestra Señora de la Consolación por su respaldo y estímulo al acceso a niveles de educación superior.

A mis estudiantes que me motivan constantemente a transformar mi práctica educativa.

Resumen

En el presente trabajo se realizó una revisión bibliográfica sobre el aprendizaje y la enseñanza del concepto de disolución en química. A partir de la información encontrada se elaboró un análisis bibliométrico donde se clasificaron los documentos según aspectos relevantes como sus autores, palabras clave, citas, años de publicación, entre otros. Posteriormente se analizaron los documentos dando como resultado dos capítulos en los que se tratan los obstáculos de aprendizaje más comunes acerca del concepto de disolución y las tendencias en las metodologías usadas en la enseñanza de este. Finalmente, producto de la revisión bibliográfica se presenta una propuesta de investigación para la enseñanza y el aprendizaje del concepto de disolución a través del aprendizaje basado en proyectos en conjunto con otras metodologías, dirigida hacia el grado noveno de la institución educativa Nuestra Señora de la Consolación del municipio de Toro, Valle del Cauca.

Palabras clave: revisión bibliográfica, disolución, análisis bibliométrico, ideas previas, metodologías de enseñanza, aprendizaje basado en proyectos, educación rural.

Tabla de contenido

Introducción.....	10
1 Objetivos	15
1.1 Objetivo general.....	15
1.2 Objetivos específicos	15
2 Metodología	16
2.1 Fase exploratoria.....	16
2.1.1 Análisis bibliométrico	16
2.1.2 Palabras clave	17
2.1.3 Acerca de los autores.....	17
2.1.4 Acerca de las publicaciones.....	22
2.2 Fase de análisis de documentos	23
3 Discusión acerca de los obstáculos que presentan los estudiantes en el aprendizaje de disoluciones en química	25
3.1 Modelos mentales	25
3.2 Modelos mentales y cambio conceptual	30
3.3 Dificultades para aprender en múltiples niveles	31
3.4 Dificultades a nivel microscópico y representacional	33
3.5 Dificultades conceptuales en el proceso de disolución.....	39
3.6 Dificultades derivadas del manejo de la ley de conservación de la masa.....	46
4 Estrategias, dificultades y tendencias en las metodologías de enseñanza del concepto de disoluciones	51
4.1 Principales estrategias para la enseñanza del concepto de disolución. Algunas consideraciones.....	51
4.2 Uso de prácticas de laboratorio.....	52
4.3 Uso de unidades didácticas y tecnologías de la información y la comunicación ..	61
4.4 Otras metodologías	67

5	Desarrollo de una propuesta para la enseñanza del concepto de soluciones en un entorno rural	78
5.1	Justificación	78
5.2	Objetivos	90
5.2.1	Objetivo general	90
5.2.2	Objetivos específicos	90
5.3	Antecedentes: el aprendizaje basado en proyectos como metodología de enseñanza en química	90
5.4	Metodología	94
5.4.1	Tipo de investigación	94
5.4.2	Fases de estudio	94
5.5	Resultados esperados	96
6	Referencias	97

Lista de Figuras

Figura 1. Conceptos relacionados con disoluciones químicas.	11
Figura 2. Resultados del análisis bibliométrico: palabras clave.	18
Figura 3. Promedio de citas de artículos en el tiempo.	19
Figura 4. Autores más citados.	20
Figura 5. Publicaciones de los autores en el tiempo.	21
Figura 6. Número de publicaciones en el tiempo.	22
Figura 7. Países que más publican sobre la temática de disoluciones.	23
Figura 8. Distribución geográfica de las publicaciones sobre disoluciones.	23
Figura 9. Ruta general proceso de investigación (Tamayo, 2013).	31
Figura 10. Los tres niveles conceptuales de la química, tomado de (Johnstone, 2006).	33
Figura 11. Representación del proceso de disolución a nivel microscópico (Ebenezer y Erickson, 1996).	36
Figura 12. Dificultades para distinguir entre cambio físico y químico (Nappa, Insausti, & Sigüenza, 2005).	42
Figura 13. Representación de la disolución del cloruro de sodio en agua (Ebenezer J. V, 2001).	45
Figura 14. Diagrama de representación de concentración de soluciones (Hilton, Dole, & Goos, 2013).	49
Figura 15. Diagrama de representación de partículas (González, 2022).	50
Figura 16. Metodologías de enseñanza para el concepto disolución.	52
Figura 17. Proceso general de la metodología de enseñanza a través de prácticas de laboratorio.	55
Figura 18. Análisis de las ideas de los estudiantes después de una intervención didáctica (Rivera, 2019).	58
Figura 19. Representaciones simbólicas del mezclas homogéneas y heterogéneas (Rivera, 2019).	59
Figura 20. Elementos de las unidades didácticas (Madrid, Serna, & Vásquez, 2014).	61
Figura 21. Grupos de discusión para incentivar el aprendizaje cooperativo (Salazar, 2020).	69

Figura 22. Relación del contexto en el aprendizaje en ciencias (Salazar, 2020).....	71
Figura 23. Modelo molecular en 3D del agua y el cloruro de sodio (Warfa, Roehrig, Schneiderc, & Nyachwayad, 2014).	73
Figura 24. Representación de la disolución de la sal de mesa en agua (Warfa, Roehrig, Schneiderc, & Nyachwayad, 2014).	74
Figura 25. Post test de una estrategia didáctica (Avilan, 2018).	75
Figura 26. Modelo analógico para comprender el concepto de concentración (Raviolo, Siracusa, Gennari, & Corso, 2004).....	76
Figura 27. Resultados pruebas saber de ciencias naturales (Grupo educativo Helmer Pardo, 2021).....	81
Figura 28. Resultados pruebas saber por aprendizajes (Grupo educativo Helmer Pardo, 2021).....	83
Figura 29. Marco de referencia ciencias naturales (Grupo educativo Helmer Pardo, 2021)	84
Figura 30. Conceptos ligados a la comprensión de disoluciones.	86
Figura 31. Resultados en la competencia de indagación (Grupo educativo Helmer Pardo, 2021).....	89
Figura 32. Número de investigaciones por año relacionadas con el ABP.....	91

Lista de Tablas

Tabla 1. Explicaciones del proceso de disolución (Nappa, Insausti, & Sigüenza, 2005).....	34
Tabla 2. Teorías de dominio del concepto disolución (Ruiz, Blanco, & Prieto, 2005).....	40
Tabla 3. Preconcepciones sobre la disolución del azúcar en agua (Ebenezer J. V., 2001). .	43
Tabla 4. Ideas previas del concepto de disolución identificadas por diferentes autores.	55
Tabla 5. Estrategias usadas en las unidades didácticas para la enseñanza del concepto de disolución.	62
Tabla 6. Aplicaciones recursos de las TIC en la enseñanza del concepto de disolución.	64
Tabla 7. Enfoques educativos de otras metodologías en la enseñanza de las disoluciones. .	67
Tabla 8. Niveles de desempeño (ND) en la prueba de ciencias (Grupo educativo Helmer Pardo, 2021).	82
Tabla 9. Derechos básicos de aprendizaje en ciencias (Ministerio de educación nacional, 2006).....	84

Introducción

El concepto de disolución está presente en todos los niveles de escolaridad, variando la profundidad de su estudio según el grupo de estudiantes con el que se aborde el tema. Este concepto es de vital importancia para adquirir nuevos conocimientos y ayudar a transformar las concepciones que tienen los estudiantes sobre otros conocimientos en química. Por lo regular no se da la importancia adecuada a las bases conceptuales que deben tener los estudiantes, desconociendo la relación que existe entre estas bases y los conocimientos que se dan posteriores a estas. Se suele dar por hecho que los estudiantes comprenden a la perfección el concepto de disolución y se avanza en temas donde a menudo se aplica el concepto de manera errónea, dificultando los procesos de aprendizaje. Con este trabajo se quiere aportar un compendio de las principales dificultades de aprendizaje en torno a este concepto. Lo que puede servir a profesores e investigadores para reconocer con mayor facilidad los obstáculos que tienen sus alumnos para aprender. Además, se indaga acerca de las metodologías que se han utilizado para enseñar el concepto y cuáles han sido sus resultados. Con este material el profesor tendrá una mejor visión para adecuar sus procesos de enseñanza y acompañar el proceso de aprendizaje de sus alumnos. (Cobo, 2015)

Motivación

Este proyecto surge con la necesidad de recopilar información acerca de las metodologías empleadas al enseñar conceptos estructurantes en química como también los obstáculos que se han presentado en el aprendizaje de estos conceptos y la manera en la que se han superado. Según el autor Gagliardi (1985) los conceptos estructurantes son “un concepto cuya construcción transforma el sistema cognitivo, permitiendo adquirir nuevos conocimientos, organizando los datos de otra manera y transformando los conocimientos anteriores”. Los conceptos estructurantes una vez que han sido construidos por los estudiantes determinan la transformación de su sistema de conceptos, favoreciendo con ello su aprendizaje, así, trabajar con conceptos estructurantes introduce diferencias en las formas habituales de seleccionar los contenidos escolares que se centran en el dato o fenómeno aislado, para dar lugar a propuestas didácticas globalizadoras e integradoras. Otros autores como Liguori & Noste (2007) identifican estos conceptos como: metaconceptos y explican que: “el esquema

conceptual que ellos permiten construir proporciona un marco general, donde los contenidos específicos son más comprensibles y las relaciones entre ellos más significativas”. El concepto sobre el que se hace la revisión es el concepto de disolución, uno de los conceptos estructurantes en química.

El concepto de disolución está inmerso en el currículo del sistema educativo colombiano y especificado en los estándares de competencias del ministerio de educación nacional. Alrededor de este tema hay diversos conceptos relacionados que se deben enseñar en las aulas de clase, como las fuerzas intermoleculares, concentración de soluciones, solutos y solventes, el agua y sus propiedades, entre otras (Figura 1). Por esta razón es de suma importancia que los estudiantes comprendan y apliquen correctamente el concepto de disolución.

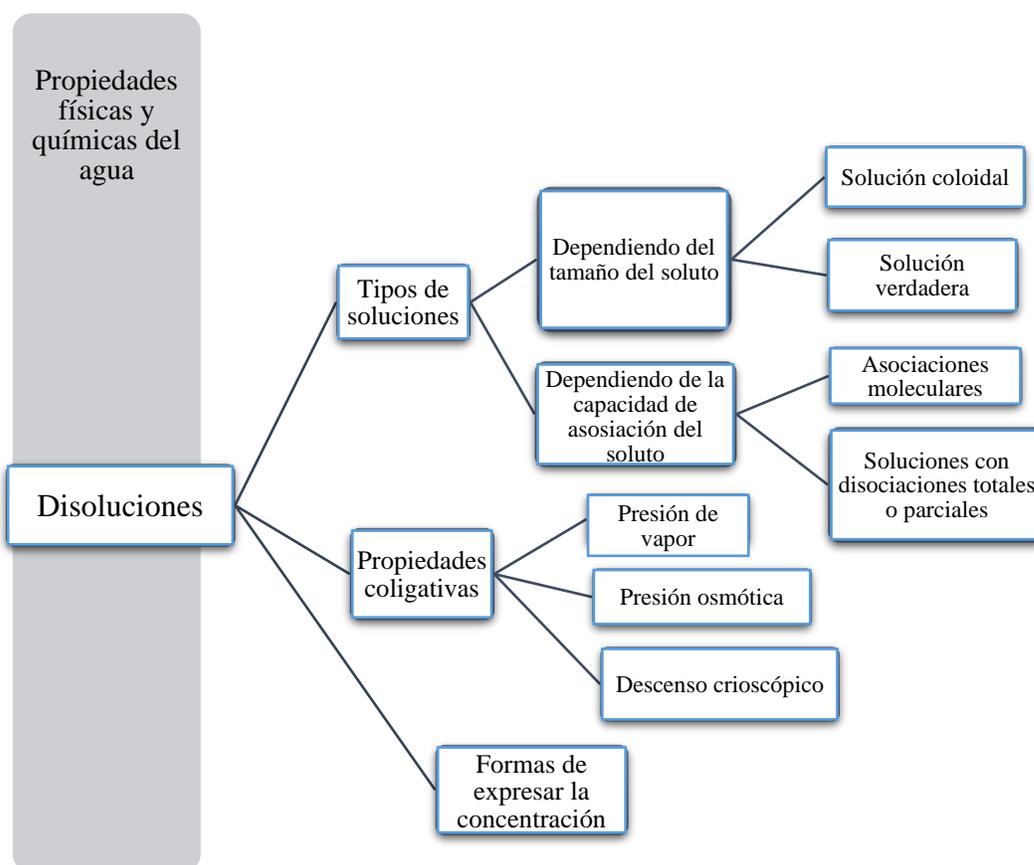


Figura 1. Conceptos relacionados con disoluciones químicas (Elaboración propia)

Dicho esto, existe la necesidad de llevar a cabo un estudio exhaustivo sobre las barreras conceptuales que han presentado los estudiantes con este concepto, así como las tendencias

y estrategias que abordan los maestros en la enseñanza del mismo, y las dificultades que han surgido en el proceso de enseñanza y cómo se han superado. Se abordará entonces la temática desde la perspectiva del docente y del estudiante, ya que la química es una ciencia de un alto nivel de abstracción y por ende el proceso de enseñanza y de aprendizaje reviste cierto grado de complejidad, tanto para el que la enseña como para el que la aprende. (Umbarila, 2014)

Cuando los estudiantes comienzan a estudiar química ya han tenido contacto con diferentes fenómenos de la vida cotidiana que están estrechamente vinculados con el concepto de disolución. Esto hace que a menudo, los estudiantes conozcan y apliquen el concepto sin ninguna rigurosidad científica (Méndez & Castro, 2016). Los estudiantes encuentran dificultades en el aprendizaje de las ciencias debido a que sus concepciones alternativas no son consistentes con los conceptos científicamente aceptados. Las concepciones alternativas de los estudiantes y sus modelos explicativos tienden a ser lo suficientemente inexactos como para dificultar el aprendizaje de los conceptos científicos. Los profesores deben conocer estas concepciones alterativas y buscar la manera de aprovecharlas para enseñar los nuevos conceptos, no se trata de menospreciar estas ideas, sino, por el contrario, tomar provecho de ellas para capturar la atención de los estudiantes y motivarlos a aprender. Sin un conocimiento suficiente de las ideas previas, no se pueden crear de manera efectiva experiencias de aprendizaje a través de las cuales los estudiantes reorganicen sus conocimientos y se acerquen con mayor exactitud a la definición real de éstos (Yang, Noh, & Scharmann, 2014).

Muchos investigadores han sostenido que los profesores, entre otros factores, desempeñan un papel central en cualquier modelo de mejora educativa, porque el conocimiento, las creencias y los modelos explicativos de los profesores tienen una influencia significativa en las experiencias de aprendizaje integral de los estudiantes. Los maestros eficaces poseen habilidades sobre cómo planificar y ejecutar lecciones individuales para ayudar a los estudiantes a desarrollar una comprensión adecuada de los conocimientos científicos (Yang, Noh, & Scharmann, 2014). Se espera que este estudio sirva de referencia a profesores y a otros investigadores, para asumir una postura crítica frente a lo que se ha hecho y lo que falta por hacer en torno al aprendizaje y la enseñanza del fenómeno de disolución y así evitar duplicar esfuerzos sobre lo que ya se ha dicho, localizar dificultades que ya fueron superadas

y analizar lo que falta por hacerse frente a la enseñanza y el aprendizaje del concepto (Segura, 2018).

Además del aporte bibliográfico, se busca plantear una propuesta que ayude a superar las dificultades en el aprendizaje de este fenómeno, teniendo en cuenta que los objetivos de la educación deben ir más allá de una enseñanza mecánica, pasiva y explicativa. No se trata de cumplir con los contenidos específicos de cierta disciplina, sino de reconocer la importancia de formar ciudadanos críticos y analíticos, capaces de generar cambios en la sociedad (Betancourth & Ortiz, 2011). De hecho, las pruebas Saber, que son determinantes en si un estudiante puede o no entrar a una universidad pública, no evalúan cuán bien los estudiantes dominan el contenido curricular, sino más bien, qué habilidades generales y qué comprensión de los temas han adquirido y profundizado. Para que los estudiantes puedan adquirir estas habilidades y aprendan de manera significativa se necesita analizar el contexto en el que aprenden, se debe buscar la manera de conectar su entorno social, cultural y económico a lo que se enseña en el aula.

En el entorno rural, la enseñanza se ha visto influenciada por las condiciones socioeconómicas, culturales y de infraestructura de la población rural (Carrero & González, 2017). En la mayoría de los casos las escuelas se encuentran desprotegidas debido a la ausencia de espacios y materiales adecuados para el aprendizaje, el acceso a las mismas es complicado y existe mucha deserción escolar. Un estudio indica que de cada 100 estudiantes que se matriculan en primaria en las zonas rurales, solo 35 terminan este ciclo, un poco menos de la mitad (16 estudiantes) pasan a secundaria; de éstos, 8 completan el noveno grado y solo 7 terminan la educación media (Marín, y otros, 2011). Dadas estas condiciones, es obvio que la educación rural debe tener un enfoque diferente a la educación urbana. Se necesita un currículo contextualizado y metodologías de enseñanza que sean acordes a la situación de los estudiantes que aprenden en la ruralidad; metodologías que valoren la riqueza ambiental del territorio y la riqueza cultural de los estudiantes, esto podría ayudar a que los estudiantes no sientan el aprendizaje como algo ajeno a sus comunidades, como algo que no les pertenece y que es exclusivo para personas que nacieron bajo otras condiciones, como, por ejemplo, la ciudad y no el campo. Enseñar bajo un modelo en el que no se tenga en cuenta este contexto

es mostrar un mundo desconocido a los estudiantes en estas condiciones, alejado de su realidad y de sus intereses como comunidad.

Un estudio realizado en Colombia sobre la educación rural arrojó que de 170 municipios que hicieron parte del estudio, el 67,5 % de sedes educativas están ubicadas en el área rural (compartir, 2019). El gran número de sedes rurales en el país exige que se implementen metodologías acordes a estos contextos. Sabiendo que la educación rural no solamente exige a los docentes desplazarse hasta estos sitios, sino también integrar la cultura y las experiencias del campo a otras formas de aprender, de hacer y de enseñar (Arias, 2017). La cercanía de estas comunidades con la naturaleza, la agricultura y la biodiversidad puede ser vista como una oportunidad para acercar y motivar a los estudiantes al aprendizaje de las ciencias.

Se pretende plantear una propuesta para la enseñanza del concepto de disoluciones químicas en un contexto rural a través de la implementación de la metodología de aprendizaje basado en proyectos (ABP). Con el diseño de esta herramienta metodológica se espera incrementar la motivación de los estudiantes por aprender, facilitar que relacionen la ciencia con su entorno y en consecuencia se promueva el desarrollo de nuevas habilidades de pensamiento y aprendizaje, permitiendo así la integración de sus conocimientos. También se busca que las habilidades que desarrollen sean perdurables y aplicables en problemas reales, ya que esta metodología permite fortalecer el trabajo en equipo, la autodirección y el desarrollo de competencias científicas (Thomas, 2000).

Para llevar a cabo dichos estudios es necesario cuestionarse lo siguiente: *¿Cuál es el estado de la investigación en torno al aprendizaje y la enseñanza del concepto de disoluciones químicas en el periodo comprendido por el año 2000 y 2022?*

1 Objetivos

1.1 Objetivo general

Establecer el estado de la situación actual de las investigaciones didácticas realizadas en el campo de la química sobre la enseñanza y el aprendizaje del concepto de disoluciones.

1.2 Objetivos específicos

- Caracterizar los obstáculos de los estudiantes en torno al aprendizaje de disoluciones en química según diferentes investigadores.
- Analizar y comparar las estrategias utilizadas por diversos autores para la enseñanza del concepto de disoluciones.
- Proponer una metodología basada en la revisión bibliográfica realizada, para la enseñanza de disoluciones en química en un contexto mixto (rural-urbano).

2 Metodología

El presente documento se elaboró a partir de una búsqueda bibliográfica extensiva en bases de datos, repositorios de diferentes universidades, tesis de grado y en buscadores académicos. El desarrollo se llevó a cabo en dos fases, en la primera de ellas se recopiló toda la información concerniente al tema de estudio, la enseñanza y el aprendizaje del concepto de disolución, y en la segunda se analizó y clasificó toda la información encontrada, para dar como resultado tres capítulos que son el eje central de este documento.

2.1 Fase exploratoria

En esta fase se delimitó el problema de estudio y se establecieron las pautas a seguir para realizar la búsqueda bibliográfica, según los objetivos del proyecto. Como palabras de búsqueda se utilizaron las siguientes: *disoluciones químicas*, *aprendizaje*, *obstáculos*, *estrategias* y *enseñanza*. Estas palabras clave se combinaron a través de operadores booleanos como *and*, *or* y *not* para refinar los resultados de la búsqueda. En algunas bases de datos como *science direct*, *web of science*, *scopus* y *springer* se utilizaron las palabras de búsqueda en inglés para obtener mejores resultados. En otras fuentes de búsqueda como *google scholar*, bases de libre acceso como *scielo*, *research gate* y los repositorios universitarios colombianos se utilizaron palabras de búsqueda en español. Respecto al espacio temporal, la búsqueda se realizó incluyendo resultados desde el año 2000 hasta el 2022. Se toma un periodo de 22 años ya que los resultados de periodos cortos de tiempo no son significativos para la construcción del documento. Entre las fuentes de información se utilizan algunos artículos de antes del año 2000, ya que se hacen relevantes para la discusión o representan las bases teóricas del documento. Para el presente estudio se tuvieron en cuenta diversas fuentes de información como tesis, artículos científicos, documentos oficiales, trabajos de investigación, revisiones bibliográficas, entre otros que sirvieron como insumo para el proyecto.

2.1.1 Análisis bibliométrico

Posteriormente, se analizó y clasificó la información encontrada teniendo en cuenta los tipos de documentos, las regiones en las que se realizaron las investigaciones y las fechas de

publicación. Este análisis bibliométrico se realizó a través del paquete Bibliometrix y el programa Rstudio, que permite realizar análisis estadísticos sin necesidad de pagar una licencia para su uso, además presenta ciertas ventajas comparado con el software R, como el orden y la visualización de los procesos de manera simultánea (Aria & Cuccurullo, 2017).

En primer lugar, se descargaron las bases de datos resultantes de utilizar las palabras de búsqueda “dissolution AND chemistry AND teaching” y “dissolution AND chemistry AND learning” en las bases de datos de scopus y web of science; se eliminaron de las bases de datos los resultados que no correspondían con el campo de estudio de interés, por ejemplo, artículos de química farmacéutica y analítica. Posteriormente, se cargaron en el programa las librerías que contenían los resultados anteriormente mencionados. Para dicho análisis se escribió un script en R que permitiera cargar los resultados de las búsquedas de varias bases de datos en el paquete Bibliometrix, a continuación, se muestra el análisis obtenido.

2.1.2 Palabras clave

La figura 2 muestra las palabras más utilizadas en los títulos (imagen izquierda) y en los resúmenes (imagen derecha) de los documentos que sirvieron de insumo para el presente trabajo. Las palabras de mayor tamaño son las de mayor frecuencia, entre esas: estudiantes, química, disolución, comprensión, maestros, entre otras. Es de esperarse que sean las principales ya que hacen parte del algoritmo de búsqueda y el tema principal. Otras palabras que aparecen en menor tamaño hacen referencia a tópicos más específicos de las investigaciones como: iónico, temperatura, energía, físico, modelos, experimental, entrevistas, entre otras. Esta últimas permiten ver que, aunque el tema central es sobre disoluciones, relacionado a este hay otras temáticas que deben abordarse para enseñar y aprender el concepto, o bien, como fundamento de conceptos más complejos.

2.1.3 Acerca de los autores

En la figura 3 se pueden observar el promedio de las citaciones de los artículos por año desde 1992 hasta el 2022. El punto más alto de la gráfica está el año 1992 con 150 citaciones, lo que quiere decir que este fue el año donde más se citaron publicaciones sobre la temática. Estas citaciones corresponden a un único artículo escrito por Michael R. Abraham, la gran cantidad de citas para este documento lo hacen un referente teórico relevante para toda la

revisión, ya que su contenido está relacionado con la temática de los capítulos que se construyeron.

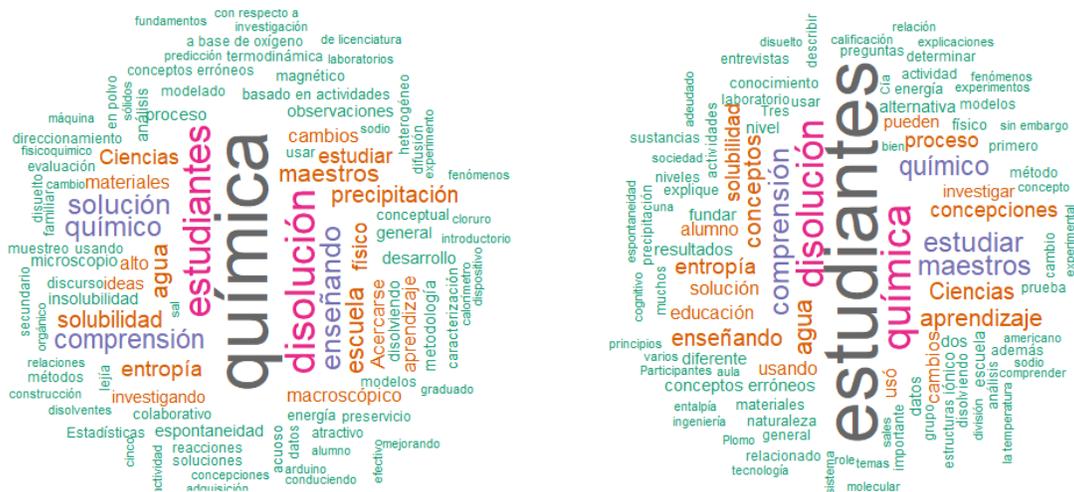


Figura 2. Resultados del análisis bibliométrico: palabras clave.

Existe un vacío hasta el año 1999 donde aparecen nuevas citas, aunque mucho más bajas que las de la fecha anterior. Aunque el rango de búsqueda empieza en el año 2000, estos artículos son relevantes para la revisión ya que su alto número de citas indica que son referentes teóricos importantes para la temática y por lo tanto deben incluirse. El año 2007 es el segundo con más citas con un promedio de 50 por año, a partir del 2008 el promedio empieza a disminuir, lo que podría indicar que actualmente no existen muchas investigaciones sobre la temática.

Para complementar el análisis anterior, en la figura 4 se puede observar los autores más citados en el tiempo. Encabezando la lista se encuentra Alipaşa Ayas, investigador del departamento de educación de la facultad de ciencias y matemáticas de la universidad de Turquía. Sus investigaciones sobre el tema de disolución exploran diversos aspectos, como ideas previas de alumnos y profesores de diferentes edades, metodologías para la enseñanza de este concepto y otros relacionados como los cambios físicos y químicos, entre las metodologías usadas están los textos enfocados hacia el cambio conceptual, modelos constructivistas, actividades experimentales usando la metodología POE (predecir, observar y explicar) y modelos analógicos. Muchas de sus investigaciones son en colaboración con otros autores importantes como Muammer Calik y Jazlin V. Ebenezer, de gran relevancia en

este documento por sus aportes sobre el análisis de metodologías de enseñanza del concepto de disolución, revisiones y trabajos sobre ideas previas.

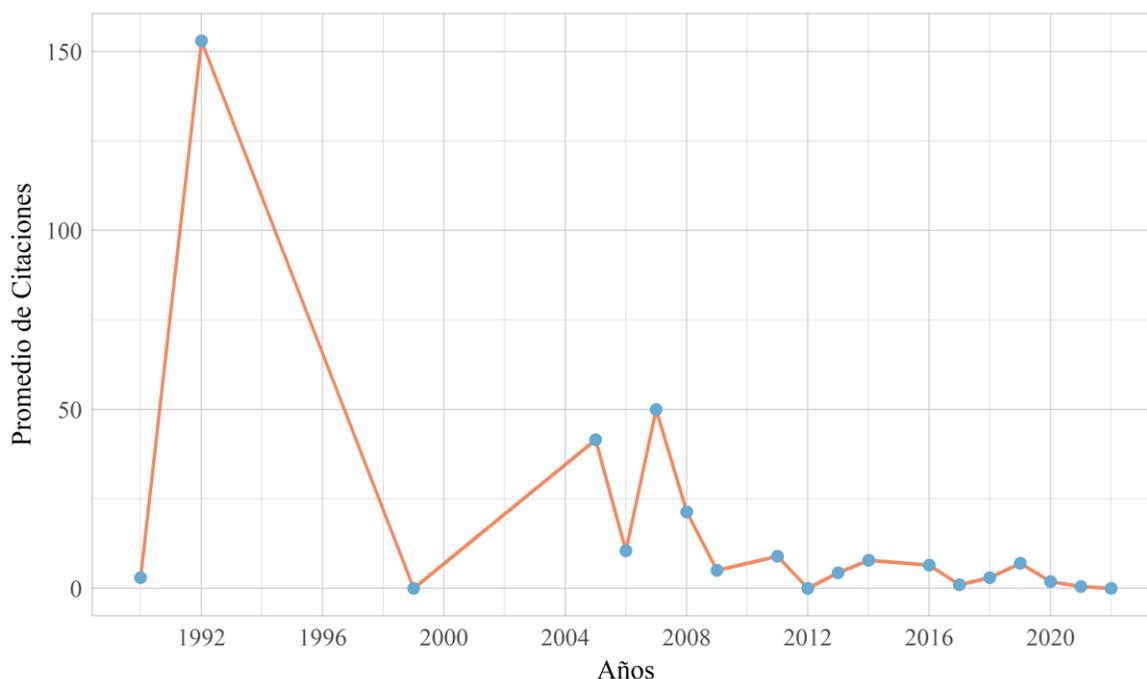


Figura 3. Promedio de citas de artículos en el tiempo.

Otros autores destacados por sus citas son David F. Treagust y Alex H. Johnstone, con sus aportes a la educación en química acerca de los niveles de representación macroscópica, simbólica y submicroscópica de esta ciencia y su influencia en el aprendizaje y la enseñanza, los cuales son recurrentes en las publicaciones sobre disoluciones. Por otro lado, David F. Treagust realiza análisis en sus publicaciones sobre el uso de las analogías en la educación, resaltando la importancia de conocer su función pedagógica antes de usarlas. Al existir investigaciones que usan las analogías para la enseñanza del concepto de disolución, estos estudios son un buen referente teórico.

En cuanto a estrategias de enseñanza Vicente Talanquer sugiere propiciar ambientes de aprendizaje donde se usen sistemas de pensamiento químico que permitan enfrentarse a desafíos globales a través de prácticas significativas para los estudiantes, consideración que destaca en algunas metodologías para la enseñanza de las disoluciones.

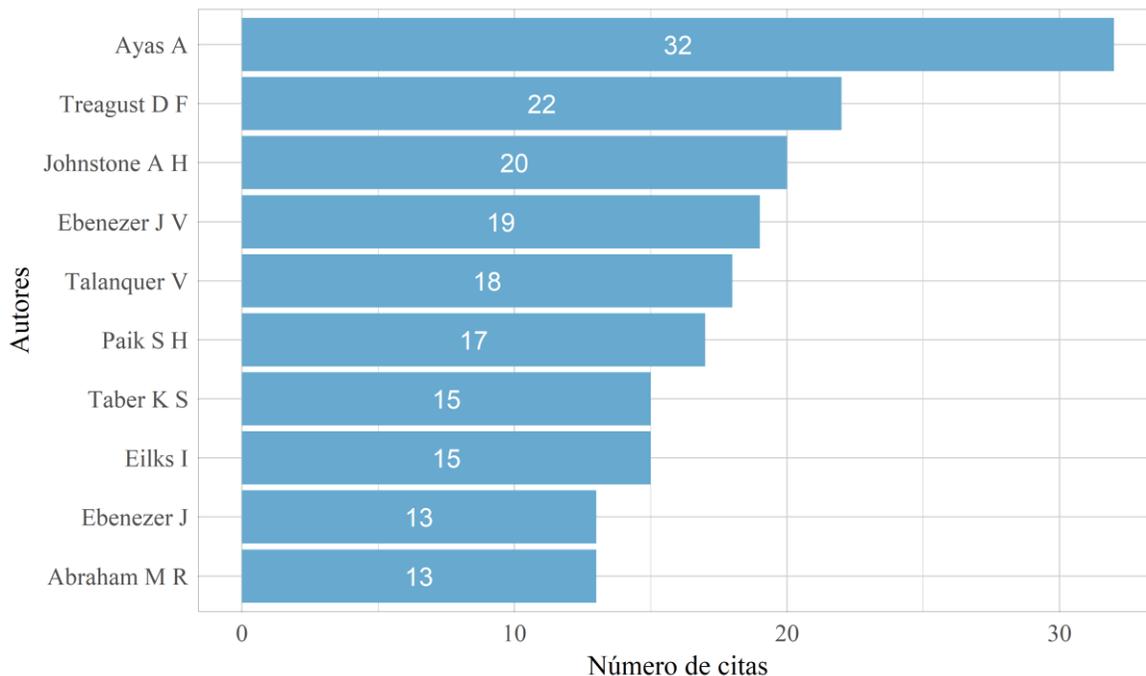


Figura 4. Autores más citados.

En cuanto al autor Paik Seoung-Hey, este aparece en la sexta posición con un total de 17 citas, y a pesar de que en los títulos de sus publicaciones se puede evidenciar relación con el tema central del presente documento, no se incluyó en el análisis debido a que el cuerpo de sus documentos se encuentra escrito en idioma coreano.

Keith S. Taber proporciona referentes teóricos del aprendizaje de la química, sus conocimientos sobre los obstáculos de aprendizaje e ideas previas sobre la estructura de la materia son útiles para la discusión realizada en el primer capítulo de este trabajo.

Por último, Ingo Eilks y Michael R. Abraham aportan ideas que son la base de futuros estudios sobre las ideas previas en torno al concepto, la inclusión de contextos cotidianos similares a las experiencias de los estudiantes en clase y las fallas existentes en el aprendizaje desde el nivel submicroscópico.

La figura 5 permite analizar las publicaciones de los autores en el tiempo, mostrando la cantidad de éstas por año (color del círculo) y el número de citaciones de esos artículos (tamaño del círculo). Se observa que Alipaşa Ayas, el autor más citado analizado en la gráfica

anterior, es también uno de los que aparece con varias publicaciones en diferentes años, desde el 2005 hasta el 2009. Paik Seung-Hey, cuyos artículos solo se encuentran en idioma coreano aparece en la gráfica con dos publicaciones una realizada en el año 2007 y otra en el 2009. Por último, entre los autores que publicaron en distintos años está Ingo Eilks con una publicación en 2007 y dos publicaciones en 2016.

Posteriormente en el 2014 aparecen las autoras Laura Eisen, Nadia Marano y Samantha Glazier, con el mismo número de artículos y citas publicados en ese año, estas autoras publicaron juntas, por lo tanto, la gráfica muestra los mismos resultados para las tres. En su artículo analizan una estrategia basada en los cambios energéticos y la entropía para la enseñanza de la solubilidad.

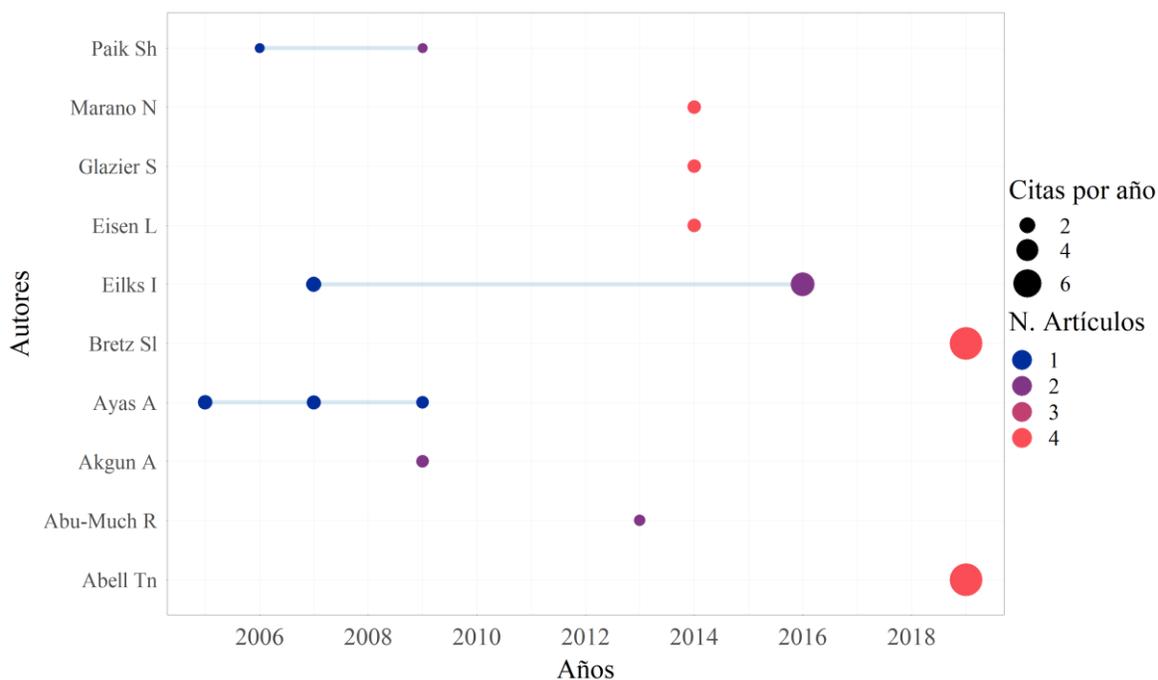


Figura 5. Publicaciones de los autores en el tiempo

Los autores que recientemente han publicado sobre la temática son Timothy Abell y Stacey Bretz, aunque su objetivo principal es estudiar las ideas de los estudiantes sobre la entropía y la espontaneidad, lo hicieron a través del uso de estos conceptos en procesos de disolución.

2.1.4 Acerca de las publicaciones

El número de publicaciones realizadas por año entre el 2005 y el 2022 ha sido variable (figura 6). Alcanzando el punto más alto en el 2014 con 14 publicaciones, posteriormente en productividad siguen los años 2009, 2016 y 2020. A partir de ese año el número de documentos publicados en la temática ha ido disminuyendo.

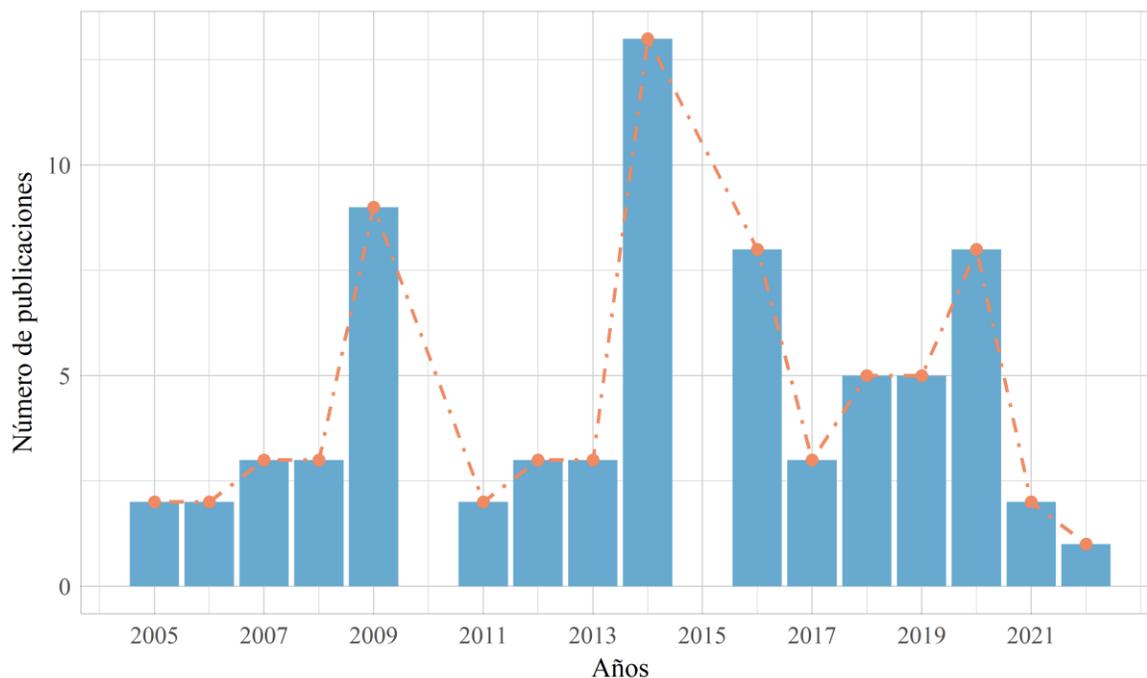


Figura 6. Número de publicaciones en el tiempo.

El país que más aportes ha realizado es Estados Unidos, seguido de Turquía, Corea, Brasil, entre otros países con menor número de publicaciones. Como se puede observar en la figura 7, mientras que el color azul indica el número de publicaciones realizadas por país, el color naranja de las barras indica qué países y en qué número de documentos han cooperado. Las colaboraciones son bajas, solamente Alemania, Turquía y Estados Unidos han publicado juntos.

Otra forma de ver la distribución geográfica de los países que publican sobre la temática es mostrada en la figura 8. El color de cada país representa su productividad. Aunque Colombia no participa con un número grande de documentos, cabe resaltar que está presente entre los países interesados en el tema.

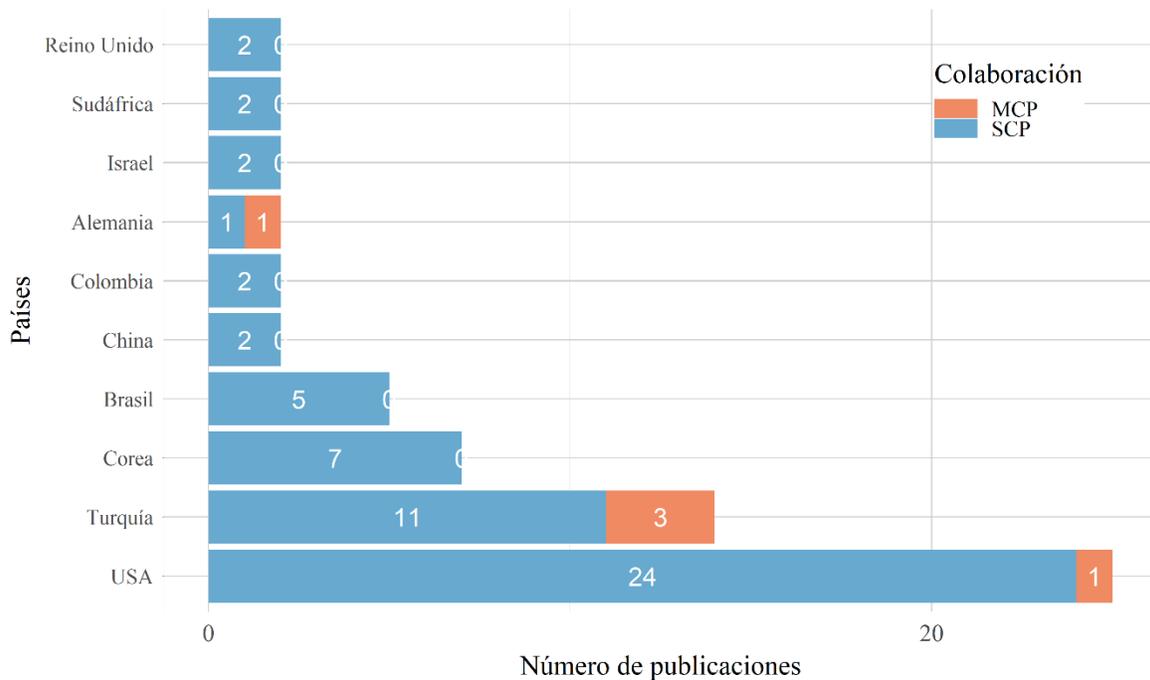


Figura 7. Países que más publican sobre la temática de disoluciones.

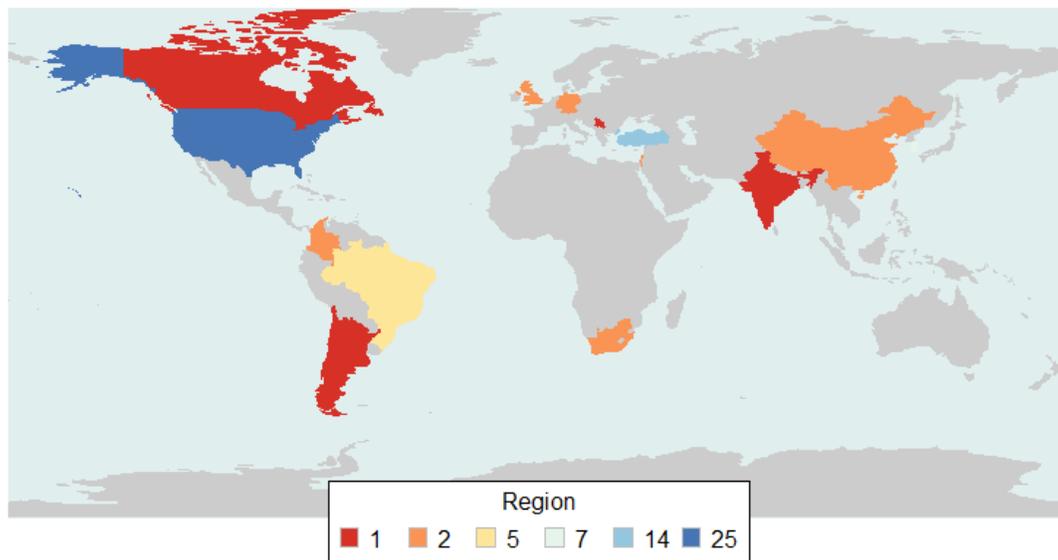


Figura 8. Distribución geográfica de las publicaciones sobre disoluciones.

2.2 Fase de análisis de documentos

A través de la sistematización de la información que se realizó en esta fase fue posible contextualizar las temáticas, las metodologías empleadas, los conceptos y conclusiones de los textos. Posteriormente se realizó la lectura, análisis, interpretación, correlación y clasificación de la información, según los objetivos del proyecto. Como resultado se

obtuvieron dos capítulos, en el primero de estos se analizan los obstáculos de aprendizaje, las ideas previas y se realizan algunas consideraciones para tener en cuenta en el diseño de estrategias de enseñanza sobre el concepto de disolución y otros relacionados con este. En el segundo capítulo se discuten las principales metodologías usadas para la enseñanza del concepto y sus implicaciones en el aprendizaje. Por último, se propone una estrategia para la enseñanza del concepto de disolución en un entorno rural a través del aprendizaje basado en proyectos en combinación con otras metodologías.

3 Discusión acerca de los obstáculos que presentan los estudiantes en el aprendizaje de disoluciones en química

3.1 Modelos mentales

Antes de realizar una discusión sobre los obstáculos que impiden a los estudiantes comprender adecuadamente el concepto de disolución, a pesar de las estrategias que abordan los docentes de diferentes niveles educativos, es importante hablar sobre la forma en la que los estudiantes construyen conocimiento y logran comprender un concepto. Para esto es imprescindible estudiar aspectos de la psicología de la cognición, específicamente la forma en la que los estudiantes procesan la información y hacen representaciones de los fenómenos que explican el mundo. Se recurrirá a la teoría de los modelos mentales que estudia a profundidad este y otros aspectos.

Existen dos corrientes sobre los modelos mentales, una teórica que se le asigna a Johnson-Laird (1989; 1996) y otra instruccional gracias a las ideas de Gentner y Stevens (2014). Estas teorías se diferencian por el objetivo que persiguen, la corriente teórica desarrolla una teoría unificada y explicativa de algunos fenómenos cognitivos, como el razonamiento, mientras que la corriente instruccional tiene como objeto de estudio el conocimiento que las personas desarrollan sobre fenómenos físicos y sobre dispositivos mecánicos y tecnológicos, sin enfocarse en una teorización unificada al respecto (Greca & Moreira, 1998).

Desde el punto de vista teórico, los trabajos de Johnson-Laird (1989; 1996) son reconocidos ampliamente como los pioneros en este campo, sin embargo, el concepto de modelo mental se debe a Craig (1943), quien argumentó que para entender los eventos externos hacemos una traducción de los mismos para crear modelos internos, que utilizamos para razonar a través de representaciones simbólicas y buscar correspondencia entre el modelo y estos eventos externos. Los estudios de Johnson-Laird (1989) profundizaron en las diferentes teorías al respecto, su objetivo era organizarlas y estudiar cómo funcionan las representaciones mentales para entender el mundo.

Johnson-Laird define los modelos mentales como estructuras simbólicas que funcionan como análogos del mundo, estas representaciones internas son las que permiten comprenderlo. Para

formar estas representaciones se usan entendimientos previos, formas de razonar y experiencias que se conectan en una red. Estas representaciones terminan siendo la idea final que se hace de determinada situación, fenómeno, concepto u otros, que se usan para explicar la realidad, resolver problemas y predecir acontecimientos de la misma. Es decir, lo que se percibe no depende solamente del mundo exterior sino de los modelos que tenemos del mundo. Así lo resume Johnson-Laird (1989) en esta frase:

“Los límites de nuestros modelos son los límites de nuestro mundo”

Por lo tanto, aunque los fenómenos de las ciencias sean codificados proposicionalmente a través de sus enunciados o formulaciones matemáticas, comprenderlos supone la construcción de modelos mentales de los procesos que representan (Greca & Moreira, 1998). Johnson-Laird postuló tres tipos de representaciones mentales: las representaciones proposicionales, los modelos mentales y las imágenes, todas ellas necesarias para poder explicar las maneras en las que las personas razonan, hacen inferencias, comprenden lo que los otros hablan y entienden el mundo.

Una representación proposicional hace referencia a una representación mental que está estructurada en forma de predicado-argumento, estas representaciones encierran la información transmitida verbalmente y se construyen a partir del significado de las partes de las oraciones y las formas de organizarse y combinarse dentro de la oración. Johnson-Laird demostró que para solucionar problemas las personas usan más de un tipo de representación o tienen preferencia por usar unas en lugar de otras, por ejemplo, en los problemas que tienen situaciones espaciales se prefiere usar imágenes que representaciones proposicionales.

Por otro lado, un modelo mental es una estructura analógica que representa para cada persona la estructura propia del mundo. Estos modelos son usados en los procesos cognitivos de razonamiento. Para ello, primero, se construyen modelos o un grupo de modelos sobre cualquier conocimiento, afirmación o percepción para validar el modelo, se formula una conclusión al relacionar los modelos con la experiencia o conocimiento (esta conclusión no es la misma que el conocimiento puro, es decir el que no ha pasado por el modelo de cada persona), por último, se revisa que no existan modelos alternativos que refuten esa conclusión, si no es así, la conclusión es válida, pero si resulta ser falsa, se buscan modelos

alternativos que permitan comprender la situación o resolver el problema en cuestión (Johnson-Laird, 1996). Las representaciones proposicionales son el comienzo de un proceso de construcción de modelos. Si solamente usáramos las referencias proposicionales y no modelos para razonar, nuestras creencias personales y experiencias no interferirían en este proceso.

En algunas teorías se sugería que los modelos mentales y las imágenes hacían parte del mismo tipo de representación, pero Johnson-Laird (1996) postula que “las imágenes son representaciones visuales de los aspectos perceptibles de una situación desde el punto de vista de un observador”, es decir que representan cómo se ve algo desde cierto punto de vista. Los modelos son diferentes a las imágenes ya que pueden contener elementos abstractos que no se pueden visualizar, como las negaciones o conceptos como la justicia y la verdad. Aunque existan este tipo de conceptos, las personas no se ven afectadas al no poder hacerse una imagen de las premisas; sus representaciones son funcionales y organizan elementos que no pueden visualizarse. Las personas pueden usar modelos o imágenes según la circunstancia que se dé, para determinadas situaciones puede resultar más eficiente razonar con imágenes que con modelos, este es el caso en que se usan diagramas para representar una situación, en estos, razonar a través de imágenes puede dar mejores resultados que con premisas verbales. Esto ocurre también en situaciones donde se necesite hacer reordenamientos visuales o espaciales.

Algunas de las características de los modelos mentales son su especificidad (representa un estado de cosas del mundo real) y constructivismo, un modelo mental es construido por elementos dispuestos en una estructura particular para representar un estado de cosas (Palmero, Marrero, & Morreira, 2001), es decir que los modelos se construyen constantemente con la información que se va adquiriendo a medida que se construye una idea y que no siempre se hace uso solamente de un modelo mental para razonar sobre alguna situación. Haciendo uso de esta premisa, es posible que el concepto que los estudiantes tengan de disolución cambie a medida que avancen por los niveles educativos que deben cursar, primero porque con el paso de los años tienen nuevas experiencias y aprendizajes, que no solo adquieren en la escuela sino en todos los ámbitos; en cuanto al sector académico, el currículo colombiano está diseñado para que el estudio de este y otros fenómenos se amplíe

en cada grado que se curse; además, cuando se van adquiriendo otros conceptos se busca que el estudiante los interrelacione, ampliando y mejorando su conocimiento al respecto. Estos nuevos elementos que se adquieren se incorporan a la idea original y la modifican.

Existen otros tipos de modelos que se usan para representar cosas externas y que son establecidos por un grupo científico (profesores, investigadores, académicos) y aceptados por una comunidad para representar objetos, fenómenos o situaciones reales, estos son llamados modelos conceptuales y son precisos, completos y consistentes con el conocimiento científicamente compartido. Estos modelos que son simplificaciones de la realidad, se nutren de las investigaciones científicas, por lo tanto, son construidos a través de modelos mentales, esto hace que puedan cambiar gracias a nuevos hallazgos o resultados. (Greca & Moreira, 1998).

Como docentes esperamos que lo que enseñamos llegue inalterado a las mentes de los estudiantes y así mismo lo asimilen y aprendan, pero la experiencia nos dice lo contrario ya que cuando permitimos que los estudiantes hablen acerca de lo que aprendieron o evaluamos los conceptos que deben haber adquirido podemos evidenciar que esto no sucede. Diferentes autores hablan acerca de estos casos y dicen que, aunque se espera que los modelos mentales que se desarrollen sean análogos del modelo conceptual, esto no sucede (Gentner & Stevens, 2014). Por otro lado, los estudiantes no necesariamente reconocen un modelo conceptual como tal, ya sea porque no dominan esas habilidades o porque “no comprenden que el modelo conceptual es una representación simplificada e idealizada de fenómenos o situaciones” (Greca & Moreira, 1998). Podemos enseñar sobre cambios físicos y químicos, pero si los estudiantes no han elaborado sus propios modelos mentales sobre el concepto, (dejando claro que no necesariamente la información con la que construyen su modelo mental es igual al modelo conceptual), aunque sean capaces de citar de memoria la diferencia entre estos cambios, difícilmente podrán clasificar por ellos mismos distintos casos como cambios físicos o químicos.

Esta creencia acerca de la relación entre modelo conceptual y modelo mental puede derivarse de la forma en la que nos presentan los conceptos, no solamente en clases sino también en los libros de texto, donde son mostrados como una verdad inmutable que no puede estar sujeta a ninguna crítica y que no se puede pensar diferente, inclusive se cree que existe un

orden para enseñar los conceptos, cuando no necesariamente las teorías aparecieron en ese orden, ignorando así la historia y la epistemología de éstos.

Entonces, ¿por qué a pesar de los esfuerzos de los profesores no se logran aprendizajes en profundidad? Primero se debe tener en cuenta que un modelo conceptual no es necesariamente igual a la realidad, sino que son copias que se utilizan para explicarla, ya que estos están hechos por personas que también usan modelos mentales para razonar. El profesor enseña modelos conceptuales a través de sus propios modelos explicativos y espera que el alumno construya modelos explicativos de esos fenómenos que le permitan acercarse a los conceptos científicamente aceptados y que a su vez corresponden a la realidad (Moreira, Greca, & Palmero, 2002). No podemos suponer que las personas no tienen un modelo mental de un fenómeno científico por el hecho de que esto no se le ha enseñado o si se lo enseñaron no logró comprenderlo, ya que las personas se hacen modelos mentales para entender el mundo y a pesar de que estos pueden tener errores, ser incompletos, inespecíficos, débiles o no ser válidos científicamente, no necesariamente son malos, sino que son útiles en todos los aspectos personales, cotidianos y hasta científicos. Incluso los sujetos pueden partir de ellos para construir nuevos modelos mentales cercanos a los modelos conceptuales, esto gracias a su dinamismo. Para que se generen nuevos modelos mentales es importante que el estudiante sienta la necesidad de hacerlo, que trate de buscar relaciones de lo que está aprendiendo con lo que ya sabía, las incorpore y genere el nuevo modelo. Cuando esto sucede se puede decir que el aprendizaje fue significativo, en este caso no solamente se repiten líneas de memoria, el estudiante puede conectar otros elementos con el fenómeno o concepto y construye un modelo mental articulado y cercano al modelo conceptual. Sabiendo que la relación entre modelo mental y conceptual no es directa, se debe establecer un puente entre estos dos, llamado modelización.

Este proceso es el mismo utilizado por los científicos para construir modelos conceptuales de la realidad a partir de datos, experimentos, hipótesis y conclusiones. El papel del docente es entonces, estudiar cómo es el proceso de modelización de la ciencia que le compete y ayudar a los estudiantes a que hagan su propia modelización y construyan modelos explicativos más acertados. Pero ya que lo que se busca en la enseñanza de las ciencias con los estudiantes no es que produzcan nuevas teorías o descubran fenómenos, sino que

entiendan los modelos conceptuales y construyan modelos mentales, la modelización que se deberá enseñar no es exactamente igual a la de los científicos (Moreira, Greca, & Palmero, 2002). La mayoría de las veces no se encaminan las clases para que se de este proceso, sino que por el contrario se ve truncado gracias a el tipo de actividades y metodologías que se emplean.

3.2 Modelos mentales y cambio conceptual

Las ideas previas han tenido diversos cambios y definiciones a lo largo de la historia, han sido llamadas también ideas erróneas, concepciones alternativas, errores conceptuales, entre otras. El interés por estudiarlas puede deberse a su resistencia al cambio y su influencia en los procesos de aprendizaje, pues a pesar de los esfuerzos de los profesores muchas de ellas quedan arraigadas en los estudiantes (Çalik, 2005). Según (Bello, 2004) “las ideas previas son construcciones que los sujetos elaboran para dar respuesta a su necesidad de interpretar fenómenos naturales o conceptos científicos, y para brindar explicaciones, descripciones o predicciones”, aunque esta definición pueda parecer similar a la de modelos mentales no se puede confundir con ésta. Los modelos mentales son esquemas, conexiones, formas de construir conocimiento y razonar, que se establecen para entender el mundo y hacer predicciones de él, estos modelos pueden cambiar cuando la persona se expone a nuevas ideas o experiencias. Las predicciones o las ideas que tiene la persona sobre los fenómenos o conceptos es lo que llamamos ideas previas y a diferencia de los modelos mentales, como ya se había mencionado, son resistentes al cambio.

El significado de “cambio conceptual” se ha transformado con el paso del tiempo y con las investigaciones realizadas al respecto. Es entendido como una evolución de las ideas previas hacia concepciones científicamente aceptadas, aunque hay algunas posturas que defienden este cambio como un reemplazo total de una idea por otra, algunas otras dicen que el cambio es gradual y que estos nuevos conceptos entran a coexistir con todas las experiencias, ideas y esquemas alternativos de la persona (Bello, 2004). Debido a las teorías de modelización, el cambio conceptual se entiende ahora desde una perspectiva diferente, como campo de investigación en ciencias es visto como un cambio en los modelos de los estudiantes y en los procesos que permiten o interfieren en la evolución de un modelo mental inicial a uno final. (Tamayo, 2013).

En este proceso es necesario conocer los obstáculos en el aprendizaje que impiden la conexión entre los modelos mentales y el proceso de enseñanza. En el siguiente apartado se hace una revisión sobre las principales dificultades que tienen los estudiantes para comprender el concepto de disolución. Se busca comprender cómo se construyen y cambian las representaciones y qué determina su uso, para lo que se necesita reconocerlas a través de los modelos explicativos, saber cómo son usadas por los sujetos para su razonamiento y cómo pueden ser empleadas por los profesores para alcanzar aprendizajes significativos en sus estudiantes (Tamayo, 2013). En la Figura 9 se muestra que a través de los modelos explicativos de los estudiantes podemos conocer qué problemas impiden un aprendizaje óptimo y partir de allí para modificar o plantear nuevas metodologías de enseñanza.

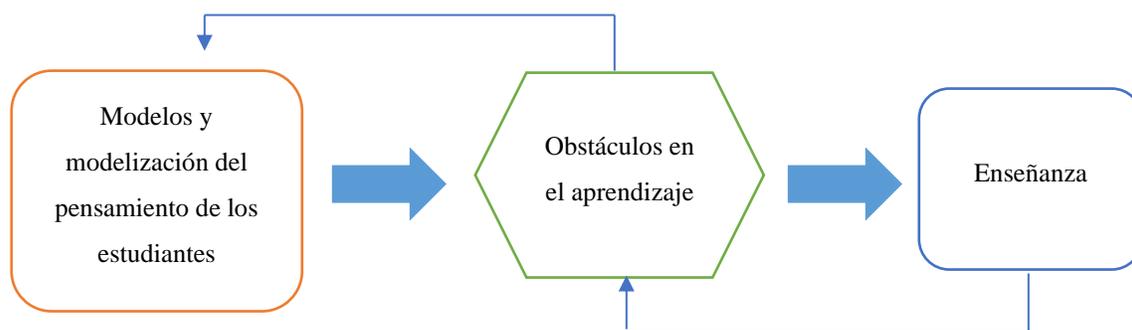


Figura 9. Ruta general proceso de investigación (Tamayo, 2013).

En la práctica se ha evidenciado a través de diferentes instrumentos que permiten recolectar datos de las explicaciones y predicciones, verbales o gráficas de las personas, que se pueden interpretar las representaciones internas, entre estos instrumentos está la entrevista teachback (Nappa, Insausti, & Sigüenza, 2006), por mencionar alguno. Así, se pueden reconocer los obstáculos conceptuales en el aprendizaje de las disoluciones, que hacen que las representaciones mentales que se forman los estudiantes no sean adecuadas y, por lo tanto, el aprendizaje no sea eficiente (Nappa, Insausti, & Sigüenza, 2005 (Çalik, 2005)).

3.3 Dificultades para aprender en múltiples niveles

La química es una ciencia que merece la pena estudiar. Esta ciencia nos permite ver el mundo con otros ojos, ya que a través de sus enseñanzas podemos construir modelos sobre cómo funciona el mundo y como transformarlo para que la calidad de vida sea mejor. Sin embargo,

a pesar de que es una ciencia maravillosa, es necesario reconocer que genera dificultades al momento de aprenderla; estas dificultades pueden convertirse en apatía hacia el estudio de la química. Como profesores es muy importante que reconozcamos cuáles son las principales dificultades que tienen los estudiantes para aprender química, esto con el fin de ayudarles a superarlas y permitir que el proceso de aprendizaje sea óptimo.

Entre los principales obstáculos de aprendizaje que tienen los estudiantes para aprender el concepto de disolución está que deben dominar un aprendizaje en múltiples niveles. En la Figura 10 se muestran los tres niveles conceptuales que tiene la química y que se deben dominar al estudiarla. El nivel macroscópico hace relación a la parte física, es decir a lo que podemos percibir con los sentidos como, por ejemplo, las evidencias de una reacción química, el fenómeno de la solubilidad, las propiedades de la materia, entre otras. El nivel submicroscópico hace referencia a la estructura de la materia, las partículas por las que está compuesta y cómo interaccionan las mismas. Por último, el nivel representacional es el conjunto de símbolos, formulas, el lenguaje químico y las ecuaciones que se usan para comunicar y representar las teorías de la química. Según Johnstone (2006) el gráfico funciona de manera casi cuantitativa, ya que los extremos representan un 100% de cada nivel y los intermedios una combinación entre estos niveles. Ubicarse solamente en los extremos puede conducir a algunas dificultades como aprender de manera memorística, ver la química como algo abstracto, asignar propiedades macroscópicas a lo microscópico, ideas inconexas al no entender el lenguaje propio de la ciencia, entre otras. Un buen aprendizaje se puede lograr cuando haya un equilibrio entre los tres niveles. Cuando se enseña química se debe intentar conectar el mundo cotidiano y observable del estudiante (nivel macro) con las teorías para entenderlo (nivel micro) y el lenguaje para representarlo (nivel simbólico).

Desde el grado tercero según los derechos básicos de aprendizaje, los estudiantes empiezan a estudiar algunas características de la materia, como los estados en que se encuentra, los efectos de variables físicas como la temperatura, que dan lugar a los cambios de estado y posteriormente las mezclas homogéneas y heterogéneas y algunas formas como se pueden separar. Estos aspectos se estudian sin tener en cuenta la naturaleza corpuscular de la materia, cuando se avanza al grado sexto este tema se retoma y se introducen los conceptos de átomo, elemento y compuesto (Ministerio de educación nacional, 2006). En el primer acercamiento

que tienen los estudiantes con temas relacionados al concepto de disolución no se mencionan los aspectos corpusculares de la materia, que se introducen después, cuando se estudian conceptos posteriores se espera que el estudiante utilice todos los niveles de la química para explicar el fenómeno de disolución.

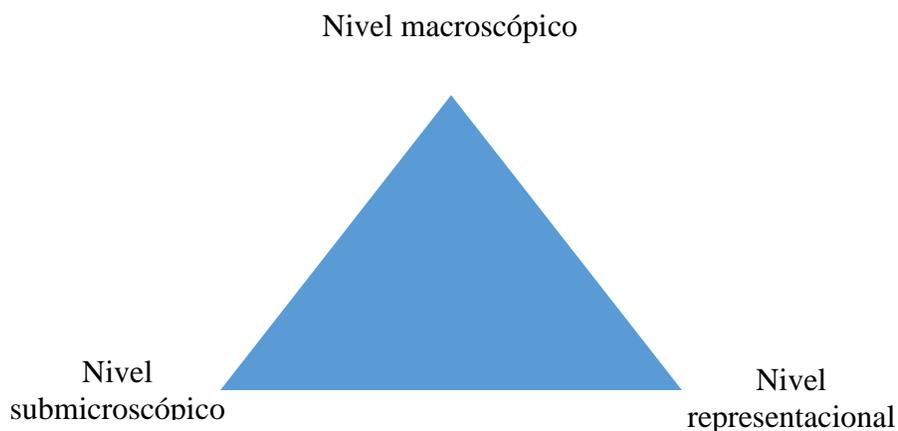


Figura 10. Los tres niveles conceptuales de la química, tomado de (Johnstone, 2006).

Según Çalik (2005) existe una tendencia a disminuir las concepciones alternativas a medida que se avanza de nivel escolar, lo que puede estar relacionado con la profundidad con que se abordan los conceptos. Es importante determinar las dificultades que se tienen en cada nivel de representación, ya que los obstáculos que se tengan en uno de estos niveles pueden influenciar la comprensión y las ideas que se desarrollen en los demás (Calyk, Ayas, & Ebenezer, 2005).

3.4 Dificultades a nivel microscópico y representacional

Algunos estudios (Devetak, Vogrinc, & Glažar, 2009; Berg, 2012; Calyk, Ayas, & Ebenezer, 2005; Calık, Ayas, Coll, Unal, & Costu, 2007; Eilks, Moellering, & Valanides, 2007) han mostrado que los estudiantes tienen problemas para entender el concepto de disolución desde el nivel submicroscópico, es difícil para ellos relacionar el proceso que están percibiendo a través de sus sentidos con conceptos como átomo, compuesto, partícula, ion y otros, ya que estos pueden parecer muy abstractos y se necesita una comprensión a fondo del tema para relacionar estos niveles. Comúnmente, cuando utilizan la palabra “partícula” para referirse al proceso no es claro si hacen alusión al nivel submicroscópico o macroscópico, porque

muchas veces no pueden distinguir entre estos niveles. (Abraham, Grzybowski, Renner, & Marek, 1992; Eilks, Moellering, & Valanides, 2007)

En un estudio realizado por Nappa, Insausti, & Sigüenza (2005) se clasificaron las explicaciones de los estudiantes sobre el proceso de disolución del sulfato cúprico en agua como sistemas materiales o aspectos fisicoquímicos, según los argumentos que utilizaron para este fin. De una muestra de 47 estudiantes entre los 17 y 18 años, el 61,7 % explica el proceso desde el punto de vista de los sistemas materiales y el restante lo hace teniendo en cuenta aspectos fisicoquímicos. Los estudiantes que explican el proceso como sistema material no incluyen en sus argumentos las características corpusculares de la materia, mientras que los demás si lo hacen (Tabla 1).

Tabla 1. Explicaciones del proceso de disolución (Nappa, Insausti, & Sigüenza, 2005).

Disolución del sulfato cúprico en agua		
Estudiante 1	“Primero están los cristales, después no están más, es decir se solubilizó”	Sistema material
Estudiante 2	“Se va a disolver porque el agua va a disociar la molécula”	Aspectos fisicoquímicos

Una de las principales dificultades que tienen los estudiantes para comprender el proceso de disolución está relacionada con la comprensión de conceptos básicos como elemento, compuesto y materia. El estudiante 1 deja ver en sus explicaciones que para él la materia es continua, cuando hace referencia a que los cristales desaparecen, ignorando que siguen en solución y que están interactuando con el agua, si considera que el soluto desapareció no podrá explicar el suceso en términos de las interacciones entre el soluto y el solvente; por el contrario, el estudiante 2 usa una noción corpuscular de la materia, cuando asume que existen fuerzas entre el agua y el sulfato cúprico que permiten la solubilización. Debido a que muchos estudiantes no entienden la materia en su forma discontinua formada por átomos y moléculas, es muy difícil que su concepción sobre el concepto de disolución vaya más allá de lo

elemental, limitándose a explicar el proceso de solubilidad desde un nivel meramente macroscópico, es decir desde lo observable. Como los estudiantes tienen diferentes concepciones sobre la continuidad de la materia, es posible que los modelos que formen sean diferentes y que uno esté más cerca al modelo científico que el otro. Además, que se haga un uso indistinto de estas concepciones según el tipo de problema que deban resolver y que no puedan distinguir entre cuál de los dos es el correcto (Abraham, Grzybowski, Renner, & Marek, 1992).

Según esto, los estudiantes que en sus modelos explicativos usan una concepción continua de la materia muestran que poseen un modelo mental en el que sus conceptos se basan en lo observable de los fenómenos, atribuyendo propiedades macroscópicas a las partículas cuando expresan que una molécula se convierte en otra o absorbe a la otra, sin tener en cuenta otros aspectos como la distribución de las especies químicas en la solución, intervención del solvente o interacciones moleculares entre soluto y disolvente, mientras que una concepción de la materia corpuscular y discontinua puede dar lugar a la formación de modelos mentales más cercanos a los científicos, en los que están presentes elementos tales como interacciones moleculares y polaridad de las sustancias involucradas. (Nappa, Insausti, & Sigüenza, 2005)

Los estudiantes pasan a través de distintos modelos de enseñanza que deben acoplar a sus modelos para lograr un aprendizaje. Las representaciones utilizadas para hacer referencia a la materia desde el nivel submicroscópico pueden llevar a generar obstáculos de aprendizaje, por ejemplo, cuando se usan esferas para representar un cambio químico sin referenciar cada esfera como un tipo de átomo sino como una molécula completa, se dificulta entender el cambio como un rearrreglo de átomos y se presenta el concepto como la formación de una partícula nueva sin entender de dónde surge. Al utilizar una sola representación clara del nivel submicroscópico durante los años de estudio de la química se facilita el aprendizaje y se disminuye la formación de concepciones erróneas respecto a conceptos como las reacciones químicas o las disoluciones. (Eilks, Moellering, & Valanides, 2007)

Según Ebenezer & Erickson (1996) el asignar propiedades macroscópicas a los átomos es común en los estudiantes, pues estos creen que como la materia se puede dividir cada vez en partes más pequeñas hasta llegar a las más diminutas, estas partes estarán compuestas por partículas que tendrán las mismas propiedades que la materia tiene a nivel macroscópico. En

este estudio, uno de los alumnos utilizó el siguiente argumento para explicar el calentamiento de una solución: “las moléculas se vuelven locas porque están calientes”. Este tipo de razonamiento es entendible, ya que a partir del lenguaje cotidiano se puede ayudar a comprender el comportamiento de la materia a nivel molecular. Sin embargo, el aprendizaje de los conceptos en química requiere de un balance entre el manejo de los tres niveles de la ciencia para que su estudio sea exitoso.

Un caso específico en el trabajo de Ebenezer y Erickson (1996) es el de un estudiante que para explicar lo que sucede cuando el azúcar se disuelve en agua, argumenta verbalmente que entre las dos sustancias hay aire y que el azúcar pasa a ocupar el lugar en el que estaba el aire, analizando el proceso de disolución como la ocupación de un espacio que antes tenía el aire. En la Figura 11 se muestra el dibujo realizado por el estudiante para representar el proceso. Allí se observa como el azúcar queda atrapado en el agua, llenando el espacio que ocupaba el aire. El estudiante también dice que el agua es una solución porque el hidrogeno y el oxígeno se combinan. En otros trabajos del mismo autor, que no documenta, pero menciona, dice que los estudiantes creen que el agua es una solución y que el hidrógeno es el solvente porque está presente en mayor cantidad, es decir, dos partes de hidrogeno por una de agua. Lo que muestra que existe una falencia en el entendimiento sobre la organización de la materia.

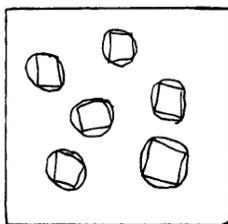


Figura 11. Representación del proceso de disolución a nivel microscópico (Ebenezer y Erickson, 1996).

El mencionar que el agua es una solución, muestra dificultades en la comprensión del enlace químico para la formación de compuestos. El concepto de enlace químico y sus implicaciones es uno de los elementos fundamentales para entender el proceso de disolución. Primero porque permite diferenciar entre compuestos y elementos, para evitar representaciones como la anterior y segundo proporciona las bases para entender algunas propiedades importantes de las moléculas como lo es la polaridad.

Como se ha dicho anteriormente, en los colegios se enseña el concepto de disolución desde lo básico y cuando se avanza a grados superiores se profundiza en otros aspectos relacionados, como la estructura de la materia. Las concepciones sobre los enlaces químicos se introducen en el nivel de secundaria, las dificultades para conectar las teorías microscópicas de la organización de la materia con lo macro persisten aun en estos niveles. También según el estudio de Çalik (2005) existen grandes dificultades en aplicar el conocimiento teórico a situaciones cotidianas. Esta dificultad puede nacer en el proceso de enseñanza, cuando se le da al estudiante información que no puede relacionar con ninguna de sus experiencias o con los fenómenos observables en su día a día. Esto hace que cuando intente explicar un fenómeno macroscópico a luz de teorías microscópicas, se quede sin herramientas para hacerlo.

Cuando como docentes simplificamos al máximo el concepto de disolución para explicarlo y nos limitamos a mencionar los aspectos que los estudiantes pueden observar, ignorando otro tipo de actividades que son necesarias para el aprendizaje, no se favorece la comprensión total del concepto y al mismo tiempo se ignora la teoría de discontinuidad de la materia. En algunos casos los procesos que llevan a la modificación de los sistemas de pensamiento, no se favorecen en las formas tradicionales de enseñanza.

Según lo propuesto por el Ministerio de educación nacional (2006), el estudio de los enlaces químicos en secundaria se debe centrar en explicar la formación de nuevos compuestos y proporcionar herramientas para que los estudiantes puedan predecir algunas propiedades como la solubilidad, estado de agregación o puntos de fusión y ebullición según los enlaces químicos de los compuestos. Dentro del estudio de estos, se encuentran aspectos como la longitud de enlace, la regla del octeto, los tipos de enlace, las propiedades de los compuestos iónicos y covalentes y de estos últimos, las clases de enlaces covalentes: múltiples, polares y apolares y las fuerzas intermoleculares.

Los libros de texto diseñados para la enseñanza básica secundaria, a menudo omiten aspectos importantes para comprender la polaridad de las moléculas como la geometría y el momento dipolar; además de prescindir de esta teoría para explicar por qué unas moléculas se pueden disolver en un solvente y otras no (Abraham, Grzybowski, Renner, & Marek, 1992); se limitan a explicar la polaridad de los enlaces de manera individual o de moléculas pequeñas

como por ejemplo el O₂ o el HCl, sin tener en cuenta que un enlace polar no requiere siempre que la molécula lo sea; para averiguar si una molécula es polar se debe analizar la cantidad de enlaces polares que tiene y la estructura de la molécula. En efecto, como muchos profesores tienden a guiar sus clases por los libros de texto, terminan replicando este error.

En un estudio realizado por Nappa, Insausti, & Sigüenza, (2005) se clasificaron las ideas de los estudiantes sobre la polaridad de las moléculas en dos grupos:

- Los que explican la polaridad de las sustancias con base en su solubilidad en agua, sin tener en cuenta la polaridad misma del soluto.
- Los que explican la polaridad relacionada con la presencia de cargas en la molécula o grupos que puedan disociarse.

Un grupo de estudiantes utiliza su conocimiento sobre la polaridad del agua para explicar la polaridad de las demás sustancias sin tener en cuenta la estructura del soluto y los aspectos para juzgarlo como polar o apolar. Por lo tanto, deducen que: *“si una sustancia es soluble en agua, entonces será polar, por el contrario, si es insoluble en agua, será no polar”*. Esto se relaciona con la regla que usualmente se repite en los libros de texto y en las clases, no solo a nivel de secundaria sino también a nivel universitario, lo polar disuelve lo polar o lo semejante disuelve lo semejante; aunque esta regla puede llegar a ser útil es reduccionista y puede ser el origen de errores conceptuales que impiden la formación adecuada de modelos mentales. Ipek, Kala, Yaman, & Ayas (2010) reportan el uso de esta regla para explicar la solubilidad, pero, aunque los estudiantes la recuerdan fácilmente, esto no asegura que la puedan aplicar correctamente. Entre otras cosas, porque se les dificulta reconocer cuando una molécula es polar o apolar.

Las concepciones erróneas sobre la formación de cargas de una molécula al disociarse para predecir la polaridad también son reportadas por Ipek, Kala, Yaman, & Ayas (2010). En esta intervención los estudiantes afirmaron que solo era posible que una sustancia se solubilizara si podía separarse al 100% en iones. Según las respuestas dadas en la exploración de ideas previas de Nappa, Insausti, & Sigüenza, (2005), los estudiantes solamente se fijan en el grupo funcional al predecir polaridades y no en el resto de la molécula. Por ejemplo, un estudiante dice que *“el etanol es polar porque tiene grupo oxhidrilo que se puede separar en H⁺ y O⁻²”*.

Sin tener en cuenta el resto de los enlaces y el efecto de estos en las propiedades de la molécula.

Para poder comprender las interacciones moleculares entre el soluto y el solvente en el proceso de disolución se debe tener claro el concepto de polaridad y no solo de forma superficial. Algunos errores al explicar las interacciones moleculares se deben a la poca comprensión del concepto de polaridad. Aunque los estudiantes hacen un intento por comprenderlas y usar sus conocimientos terminan haciendo afirmaciones como la siguiente: *“El alcohol es polar por lo que tiene un oxhidrilo. Tiene una parte positiva y una negativa. Pienso que se van a disolver en el n-hexano. Por el tipo de estructura. Tienen cierta afinidad”*. De esta afirmación podemos decir que, aunque los estudiantes tengan ciertas ideas que les pueden servir para explicar el proceso de disolución, hace falta profundizar en conceptos como la polaridad y las fuerzas intermoleculares.

3.5 Dificultades conceptuales en el proceso de disolución

En diversos estudios (Méndez & Castro, 2016; Acevedo, Cañada, Martín, & Borrachero, 2017; Umbarila, 2014; Valadines, 2000; Calyk, Ayas, & Ebenezer, 2005; Eilks, Moellering, & Valanides, 2007), se ha mostrado que uno de los obstáculos más comunes y persistentes en el aprendizaje del concepto de disolución es la dificultad para distinguir entre un cambio físico y un cambio químico. Muchos estudiantes creen que cuando se disuelve una sustancia en otra y hay algún cambio perceptible como un cambio de color, aumento de la temperatura o dejar de observar el soluto, es porque se ha formado una nueva sustancia o ha ocurrido una reacción química.

En un estudio no publicado mencionado en el documento escrito por Ruiz, Blanco, & Prieto (2005) se formularon las teorías de dominio más usadas por los estudiantes en la comprensión de disoluciones (Tabla 2). Una teoría se diferencia de otra según las explicaciones que se dan sobre el proceso de disolución; aunque existan diferentes teorías de dominio, no se usa una sola teoría en las explicaciones, sino que se usan aspectos de todas y a medida que se avanza académicamente empieza a predominar una teoría sobre otra.

Tabla 2. Teorías de dominio del concepto disolución (Ruiz, Blanco, & Prieto, 2005).

Teoría	Características	Avance en la comprensión
Teoría de las acciones externas y de las mezclas	Se atribuye la disolución a factores externos	
Teoría del soluto	Las causas de la disolución se atribuyen a la acción o características del soluto	
Teoría del disolvente	Se supone que el disolvente ejerce una acción mecánica sobre el soluto haciendo que se disuelva	
Teoría de la reacción	Tiene en cuenta el papel de las dos sustancias de modo que interaccionan dando lugar a una nueva	
Teoría de la interacción	Es relevante la interacción de las dos sustancias, en niveles más avanzados se llama a esa interacción polaridad	

Según el nivel en el que se encuentre el estudiante tiene preferencia por usar un tipo de teoría o una combinación de ellas, se espera que entre más alto sea el nivel de educación preferiblemente se usen teorías más avanzadas como la de reacción e interacción, ya que estas muestran una mayor comprensión del concepto al tener en cuenta el papel del soluto y el solvente. La teoría de reacción representa un avance respecto a las otras teorías de dominio, sin embargo, muestra la idea marcada que se tiene sobre la disolución como un cambio químico en el que dos sustancias interaccionan y como resultado de esa interacción se forma un nuevo compuesto. La idea de disolución como un cambio químico va acompañada de otras ideas como la acción obligatoria de procesos externos para que se dé la “reacción” como la agitación o el calentamiento y en ocasiones se centra más en el papel del soluto que en el del solvente. Un estudiante da las siguientes explicaciones en la investigación de Ruiz, Blanco, & Prieto (2005):

“Sus moléculas atraen a las del azúcar, de modo que se une (y hace un dibujo con dos partículas interaccionando)” “Sí, hay que agitar porque si no las moléculas no se separan e impide que se unan a las del agua”

Esto muestra que se usan teorías avanzadas de comprensión (teoría de reacción) en combinación con teorías más elementales (teoría de las acciones externas y de las mezclas) que suplan la necesidad del movimiento para que las partículas puedan interactuar. Según los autores esto sucede porque no se tiene en cuenta el movimiento propio de las partículas y falencias en la teoría corpuscular de la materia, así que, aunque surjan ideas de mayor profundidad del conocimiento es difícil abandonar las preconcepciones que se tienen sobre el proceso (Abraham, Grzybowski, Renner, & Marek, 1992).

En el estudio realizado por Nappa, Insausti, & Sigüenza (2005) se evidencia los errores que se cometen al confundir una disolución con un cambio químico. Allí se muestra como algunos estudiantes representan el proceso de disolución del sulfato cúprico en agua y del etanol en agua (Figura 12). Ambas representaciones hacen referencia al proceso de disolución como una reacción química, aunque la representación no es correcta se valen de la simbología que se usa en química para ilustrar el tipo de proceso que creen que ocurre. En la ilustración de la interacción entre el etanol y el agua se dibuja como si estos formaran una nueva molécula (encerrados en la misma burbuja) y la disolución del sulfato de cobre claramente se representa a través de la simbología de las reacciones químicas. Estas ilustraciones van acompañadas de afirmaciones hechas por los estudiantes como las siguientes: *“se diluye, se ha formado una reacción, se han juntado el agua con el sulfato cúprico. Se formó una solución”*. Afirmando así que en la formación de soluciones hay cambios químicos. En este caso es sencillo equivocarse para un estudiante que se encuentra aprendiendo química, ya que el cambio de color del agua puede entenderse como la formación de una nueva sustancia.

Resulta más fácil reconocer un cambio químico cuando la situación es familiar o se ha leído sobre el proceso, algunos casos pueden resultar confusos para los aprendices sino se tiene más información que las observaciones macroscópicas.

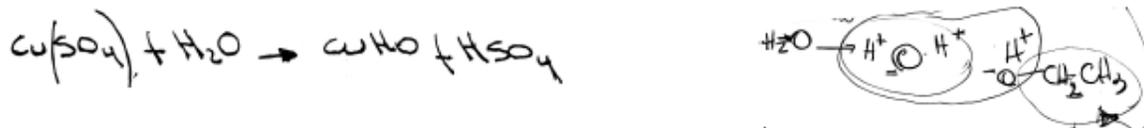


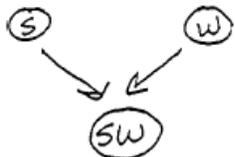
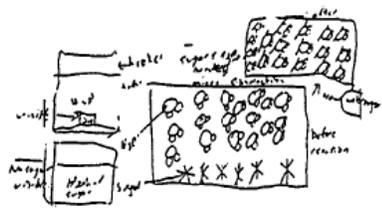
Figura 12. Dificultades para distinguir entre cambio físico y químico (Nappa, Insausti, & Sigüenza, 2005).

Existen grandes dificultades para relacionar los cambios observables de las partículas con los cambios microscópicos que estas sufren. Cuando Valadines (2000) les pidió a los estudiantes que describieran los cambios en la materia al disolverse, calentarse o filtrarse estos explicaban que la materia se combinaba para formar nuevas moléculas, mostrando una clara confusión entre los cambios químicos y los cambios físicos.

El origen de estas ideas puede estar en la falta de comprensión de las propiedades moleculares, interacciones entre partículas, movimientos de las moléculas, entre otros aspectos pertenecientes a la parte submicroscópica del entendimiento de la química, así lo propone Çalik (2005) en su estudio donde argumenta que estas ideas erróneas pueden llevar a futuros errores de aprendizaje. Esto demuestra que se deben fortalecer conocimientos previos de la ciencia como los estados de la materia y las condiciones para que una molécula pase de un estado a otro, las formas en las que puede estar una partícula como un átomo neutro, una molécula y un ion y las propiedades de las moléculas relacionadas con el o los tipos de enlace e interacciones que presenta en su estructura. La comprensión óptima de estos aspectos de la materia es fundamental en las ideas y aprendizajes que se vayan a obtener más adelante, razón por la cual se debe hacer énfasis en estos conceptos (Devetak, Vogrinc, & Glažar, 2009).

En el artículo de Ebenezer J. V (2001) se realizó la aplicación de un diseño de entorno hipertexto para explorar las concepciones de los estudiantes de grado 11 sobre la disolución de la sal en agua y el azúcar en agua. Se les pidió a los estudiantes que escribieran sus ideas sobre lo qué pasa cuando se añade azúcar al agua y que intentaran imaginar lo que sucedía entre las moléculas de agua y azúcar. Las respuestas de los estudiantes se clasificaron en categorías descriptivas, en la Tabla 3 se muestran las respuestas relacionadas con el proceso de disolución del azúcar en agua.

Tabla 3. Preconcepciones sobre la disolución del azúcar en agua (Ebenezer J. V., 2001).

Categoría	Ideas de los estudiantes	Diagrama
Transformación de sólido a líquido	<i>“el azúcar cambia de sólido a líquido, no ha desaparecido solo cambia de forma y se mezcla con el agua”</i>	
	<i>“El agua caliente hace que el azúcar se vuelva más pequeña y se pueda mover más lejos, el calor hace que se mueva más rápido”</i>	
Combinación química del soluto y el solvente	<i>“El agua y el azúcar se combinan para volverse una sola molécula. Así el agua parece ser la misma del comienzo, pero de hecho es una sustancia completamente diferente”</i>	
	<i>“Las moléculas de azúcar se rompen como resultado de una reacción química que tiene lugar cuando el azúcar se pone junto al agua. Las piezas rotas se enlazan con las moléculas de agua y forman un líquido que no tiene cambios físicos, pero experimenta muchos cambios químicos”</i>	

Las dos categorías mostradas en la Tabla 3 son unas de las confusiones más frecuentes sobre el proceso de disolución. Eilks, Moellering, & Valanides (2007) también reportaron que comúnmente los estudiantes tienen dificultades para diferenciar entre los procesos de disolución y los cambios de estado de la materia. Ebenezer J. V (2001) pidió a los alumnos que hicieran distinciones entre disolución y fusión para indagar más sobre estas ideas. La distribución de las respuestas fue homogénea, es decir que no hubo un grupo de estudiantes significativamente más inclinado hacia una clasificación que otra, algunas de esas respuestas son las siguientes:

- Ambos procesos son cambios de fase.
- En el proceso de fusión incrementa la temperatura mientras que en el de disolución no cambia.
- En la fusión ocurre un cambio de fase mientras que en la disolución ocurre un cambio químico.

En un estudio previo realizado por Ebenezer & Erickson (1996) se muestran algunos argumentos que tienen los estudiantes para afirmar que la disolución es un cambio de fase del estado sólido al estado líquido:

“Se combina con agua. Se está mezclando. Pero las moléculas están muy juntas y cuando las mezclas con el agua, se mezcla con agua. Luego, cuando se mueven libremente pero no se vuelven realmente como un gas, realmente espaciado, está en un estado diferente.”

En esta explicación se puede ver que la estudiante diferencia entre los arreglos moleculares de los estados de la materia, al creer que las moléculas de azúcar están más separadas y se mueven libremente, sin embargo, al observar finalmente una solución completamente en estado líquido termina por afirmar que el azúcar cambia de estado. Cuando se le pregunta a la misma estudiante por un sistema soluto/solvente en el que el solvente está caliente, utiliza sus conocimientos sobre la teoría cinética molecular diciendo que las moléculas se mueven más rápido por el calor y así pueden cambiar de estado y logran disolverse; así el papel de la energía en la ruptura de las atracciones soluto-soluto y solvente-solvente no es tenida en cuenta.

Otras investigaciones como la de Çalik (2005) muestran cómo se usan los términos fusión y derretimiento para explicar la disolución de la sal en agua y cómo afecta los puntos de fusión y ebullición. A partir de estas ideas y las de Abraham, Grzybowski, Renner, & Marek (1992) donde se explora cómo los estudiantes perciben la disolución como un cambio de fase, se demuestra que es necesario hacer una distinción clara de los procesos de fusión y disolución, donde se estudien las características de cada proceso, se tenga en cuenta en las explicaciones los cambios de temperatura que pueden ocurrir en las disoluciones debidas a los cambios de energía y el calor de disolución. Además del estudio a nivel submicroscópico de la disolución como un cambio físico, en el que no existe formación de nuevas sustancias.

Entre otras dificultades que se evidencian en la comprensión del proceso de disolución están la relación entre el tipo de solución (electrolítica y no electrolítica) con la conductividad de una solución y la poca claridad en el efecto que pueden tener algunos factores como la superficie de contacto de las partículas del soluto en la velocidad de la disolución (Çalik, 2005).

En este mismo estudio de Ebenezer J. V. (2001) después de que los estudiantes estuvieran en contacto con ilustraciones a nivel molecular de la disolución de la sal en agua (Figura 13), se indagó sobre sus propias concepciones del proceso.

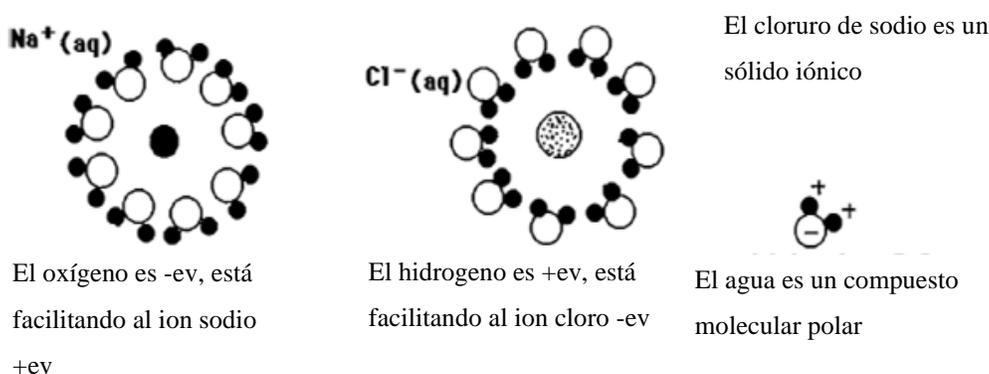


Figura 13. Representación de la disolución del cloruro de sodio en agua (Ebenezer J. V, 2001).

Cuando el soluto es sal y no agua y se enfrentan a ilustraciones del proceso, la cantidad de estudiantes que se inclinaron por la descripción del proceso como la combinación química del soluto y el solvente fue mayor. Una de las respuestas y la respectiva ilustración dada es la siguiente:

“Hay una reacción química tomando lugar. El agua y la sal son forzadas a crear agua salada. Las moléculas de la sal se unen a las moléculas del agua en pequeñas partículas. No están perdidas, solo son microscópicas”

Aunque este tipo de respuestas muestran una mayor comprensión del proceso al reconocer las interacciones existentes entre el soluto y el solvente, respecto a otras en las que solo se cree que el soluto cambia de fase o simplemente desaparece, la idea de la formación de una sustancia nueva está muy arraigada. Ebenezer J. V (2001) muestra que cuando los estudiantes se enfrentan a estas ilustraciones se confunden con la representación de la carga de los sólidos

iónicos y la representación polar de las moléculas de agua. Sin embargo, aunque sea difícil para los estudiantes entender la formación de iones en la disolución de un compuesto iónico y el concepto de la polaridad del agua, deben enfrentarse a razonamientos más complejos. También se debe propiciar el uso adecuado del lenguaje químico; el uso que se le da en esta respuesta es un lenguaje válido, pero solo para las transformaciones químicas.

Una de las oportunidades que se tienen para superar estas ideas erróneas es explicar conceptos de la química desde situaciones cotidianas y cercanas a los estudiantes, para que sea más sencillo encontrarle sentido a lo que están aprendiendo. Se ha demostrado que dentro de las aulas usan lenguaje científico, pero para explicar procesos en su vida fuera de la escuela usan un lenguaje común (Çalik, 2005). En estos casos es muy importante cerciorarse de usar el lenguaje apropiado, ya que este también es una fuente de errores en la comprensión de conceptos científicos. Este es el caso del uso de las palabras disolución y derretimiento para una misma situación, la palabra derretir suele usarse para explicar el concepto de fusión, pero también es usada en situaciones cotidianas como cuando se habla de “derretir el azúcar en el jugo o derretir la sal en la sopa”, el uso que se le da a esta palabra puede hacer que surjan confusiones y se piense que disolución y fusión hacen referencia al mismo proceso. El proceso para ir del lenguaje cotidiano al lenguaje químico no es sencillo, ya que el lenguaje químico implica “un complejo sistema de representación en permanente interacción con los modelos teóricos que engloba niveles de abstracción, relacionales, modélicos y epistémicos” (Farré, Zugbi, & Lorenzo, 2014). Como es un proceso complejo y además participa activamente del proceso de construcción de modelos sobre las teorías científicas, se requiere preparación y cuidado en el lenguaje que se usa para la enseñanza de la química.

3.6 Dificultades derivadas del manejo de la ley de conservación de la masa

La ley de la conservación de la masa es un concepto fundamental para comprender los procesos químicos y físicos que puede sufrir la materia, es por ello que se enseña en los niveles primarios de los cursos de ciencias naturales. Por lo general se tiene la idea de que este concepto es de fácil comprensión y aplicación a los procesos cotidianos (L & L, 1996). En un proceso de disolución la masa se conserva, pero no necesariamente el volumen. Aunque la conservación en este proceso parezca más fácil de entender que en casos en los que ocurren cambios químicos, esto no sucede. Según Calyk, Ayas, & Ebenezer (2005)

algunas ideas del concepto de disolución como que el soluto desaparece, se descompone, las partículas se rompen o que algo se absorbe, pueden afectar las concepciones relacionadas con la conservación de la masa en el proceso. En un estudio realizado por Yang C, Noh, Scharmann, & Kang (2014) se indagó acerca de las ideas que se tienen sobre la conservación de la masa en un proceso de disolución; aunque más del 50 % de los estudiantes tienen ideas acertadas sobre el proceso, otro porcentaje tiene concepciones alejadas del concepto científico y que pueden estar relacionadas con problemas en la comprensión de otros conceptos básicos. Algunas de las ideas sobre la conservación de la masa en un proceso en el que un soluto que está parcialmente disuelto se disuelve por completo en la solución son:

- La masa de la solución permanece constante
- La masa de la solución disminuye porque el soluto desaparece o el azúcar se vuelve menos pesada
- La masa de la solución incrementa ya que se añade más azúcar o el volumen del agua incrementa

Aspectos como que “el soluto desaparece” o “el azúcar se vuelve más o menos pesada” dejan ver las falencias en la concepción de conservación de la masa en el proceso. Estas ideas no solo hacen referencia a los cambios físicos y químicos, sino también a la conservación de la masa, que debe revisarse y estudiarse a profundidad para comprender adecuadamente el proceso de disolución.

Al respecto Calyk, Ayas, & Ebenezer (2005) recopilaron algunas concepciones de los estudiantes frente a la disolución de azúcar en agua que también muestran las dificultades que existen en el razonamiento de conservación para comprender el proceso de disolución: *“cuando mezclamos el azúcar para disolver las partículas, estas se vuelven más pequeñas de modo que el azúcar pesará menos que el otro”* y *“el azúcar se convertirá en trozos microscópicos y lo hará más liviano”*. Esto demuestra la incapacidad de explicar el proceso a nivel microscópico apropiadamente.

Además de obstaculizar la debida comprensión del proceso de disolución estas ideas pueden afectar el análisis de problemas de cálculo de concentraciones, como, por ejemplo, la interpretación de unidades de concentración, plantear hipótesis sobre la concentración final

de una solución, análisis de gráficos, diagramas, figuras y tablas para representar un proceso, entre otros. En los estudios realizados por Raviolo & Farré (2020) y Raviolo, Siracusa, Gennari, & Corso (2004) se mencionan los efectos de la poca comprensión de la conservación de la masa en los cálculos de concentración de disoluciones. Entre los problemas que tienen los estudiantes para interpretar y analizar problemas de concentración de soluciones encontramos los siguientes:

- Al enfrentarse a problemas de concentración de soluciones, los estudiantes deben pensar en dos variables, ya que ésta depende de la cantidad de soluto y el volumen o la masa de la disolución.
- Requerimiento de razonamientos de proporcionalidad y concentración.
- Confusión entre la cantidad de soluto y la concentración de la solución.
- Limitaciones para relacionar problemas matemáticos con situaciones cotidianas o del laboratorio.
- Comprensión del concepto de concentración a través de representaciones microscópicas.

Según Córdoba, Ferregrino, Reza, Ortiz, & Dosal (2010) la mayor dificultad radica en los conceptos de razón y proporción. Por lo que es necesario indicar las unidades y los calificadores en el manejo algebraico de proporciones. Además, este tipo de razonamientos requieren completa claridad en la relación de la variabilidad del soluto con la concentración, la relación del solvente con la concentración, el incremento en la misma proporción de soluto y solvente no cambia la concentración y un cambio en la cantidad de solución de la misma concentración no afecta la concentración (Raviolo, Siracusa, Gennari, & Corso, 2004).

Por otro lado, Raviolo & Farré (2020) y Çalik (2005) mencionan que el exceso de un enfoque algorítmico en la enseñanza del concepto de concentración de forma memorística y meramente procedimental hace que los estudiantes omitan las representaciones que poseen, construidas en entornos cotidianos y escolares y que suelen usar cuando deben resolver un problema. A esto se suma que un problema numérico correctamente resuelto no garantiza una buena comprensión de los conceptos subyacentes, por el contrario, este tipo de problemas pueden ocultar obstáculos en la comprensión de otros conceptos relacionados.

Respecto a esta enseñanza exclusivamente matemática, algunos autores han estudiado las consecuencias de introducir esquemas y diagramas que ayuden a hacer más clara la información de los problemas, que permitan mostrar y analizar lo que puede suceder a nivel microscópico en los problemas de concentraciones e ir más allá de los procedimientos matemáticos repetitivos y sin sentido. Sobre el uso de estas representaciones argumentan que “el uso de diagramas de partículas permite indagar aspectos conceptuales que no se manifiestan con la resolución de problemas numéricos” (Raviolo & Farré, 2020) y además que “tienen el poder de hacer explícito lo que se encontraba implícito en las representaciones verbales” (Berg, 2012). Sin embargo, no basta solo con ilustrar a través de imágenes la concentración de las soluciones, se deben tener en cuenta algunos aspectos cuando se enuncian problemas de este tipo. Por ejemplo, la claridad en los diagramas que se usan respecto al tipo de sistema que se está representando, ya sea macroscópico o microscópico. La combinación de ambos niveles de representación en un mismo diagrama sin hacer aclaraciones resulta confusa para los estudiantes y es el origen de diversos errores en la interpretación de los problemas. Como docentes solemos dar por hecho que las representaciones, símbolos e imágenes son claras para los estudiantes, pero los resultados demuestran que no siempre es así.

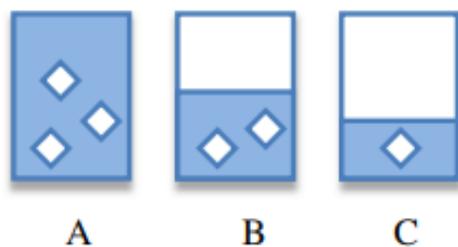


Figura 14. Diagrama de representación de concentración de soluciones (Hilton, Dole, & Goos, 2013).

Por ejemplo, en el diagrama propuesto por Hilton, Dole, & Goos (2013) el estudiante debe decidir qué imagen corresponde a la solución más dulce si las partículas representan terrones de azúcar (Figura 14). Algunos problemas que puede generar el uso de esta imagen, se derivan de la información implícita que trae y que no se especifica en el enunciado; por ejemplo, no se hace referencia a si las partículas están disueltas o no y no se especifica si estas se distribuyen en todo el recipiente, además el uso de figuras planas como círculos,

rectángulos o cuadrados representando recipientes hace que sea más difícil interpretar el problema.

Teniendo en cuenta lo anterior, Raviolo & Farré (2020) recomiendan especificar algunos aspectos para dar mayor claridad a los problemas que se usen y así evitar confusiones en los enunciados. Según los autores, los recipientes que se representen, en lo posible, deben parecer lo más cercanos a la realidad; la imagen debe dar a entender que las partículas dentro del recipiente se están mostrando en una versión ampliada de la solución; la imagen de estas partículas representa átomos, moléculas o iones; estas partículas están rodeadas por el solvente que no se ha dibujado para simplificar la imagen; y por último, las partículas que se grafiquen deben distribuirse por todo el recipiente (Figura 15).



Figura 15. Diagrama de representación de partículas (González, 2022).

Es importante indagar sobre diferentes aspectos al reconocer las ideas previas de los estudiantes, pocas veces se les ofrece la oportunidad de hablar sobre sus concepciones y ponerlas a prueba para que ellos mismos concluyan si son acertadas o no (Abraham, Grzybowski, Renner, & Marek, 1992). Se pueden tener dificultades en uno o más niveles conceptuales de la química. Aunque debe haber un equilibrio en los niveles y los conceptos se completan para dar una idea general acertada sobre todo lo concerniente a las disoluciones, se puede tener más dificultades en unas ideas que en otras. Los profesores que conocen las ideas que tienen los estudiantes sobre los conceptos que van a aprender tienen más probabilidad de generar experiencias de aprendizaje que puedan ayudar a enfrentar las concepciones previas con los conocimientos científicos y así se pueda generar evolución conceptual (Çalik, 2005; Yang C., Noh, Scharmann, & Kang, 2014).

4 Estrategias, dificultades y tendencias en las metodologías de enseñanza del concepto de disoluciones

4.1 Principales estrategias para la enseñanza del concepto de disolución. Algunas consideraciones

En los últimos años las prácticas educativas han evolucionado, así como las relaciones alumno-profesor, los objetivos del aprendizaje, las estrategias usadas en la enseñanza, entre otras. La disciplina que se ocupa de las prácticas de la enseñanza significadas en contextos sociohistóricos es la didáctica (Litwin, 1993). Entre los aportes de esta ciencia a la enseñanza tenemos el cambio de algunas posturas tradicionales, entre ellas entender la educación como sinónimo de transmisión de conocimientos y otras importantes como que el profesor es el único y principal protagonista de la enseñanza y el no tener en cuenta el contexto y la dinámica social del alumno en el momento de diseñar metodologías educativas. Los estudios en didáctica de las ciencias experimentales han aumentado gracias a distintos factores como lo son trabajos doctorales, tesis de investigación, difusión de resultados en revistas especializadas y la comunicación de experiencias de los profesores (Sánchez 1997).

Aunque se reconoce que el alumno tiene un papel fundamental en la educación, el profesor sigue siendo el responsable de encontrar las estrategias adecuadas, así como de analizar los diversos factores que influyen en el proceso de aprendizaje para que el proceso de enseñanza sea efectivo. Su influencia en los estudiantes no se limita solamente al campo académico, sino que trasciende el pensamiento para formar valores y actitudes. Reconociendo el rol del docente en la educación y la responsabilidad que este tiene en el proceso de aprendizaje, se quiere dedicar este capítulo al estudio de los aspectos que rodean la enseñanza del concepto de disoluciones.

Dentro de la didáctica general existen diferentes estrategias para implementar en el proceso de enseñanza-aprendizaje, entre ellas la resolución de problemas, la metacognición, los modelos mentales, la argumentación, el lenguaje multimodal, entre otras. En el momento de implementar alguna de éstas los profesores deben reflexionar sobre aspectos como el contexto de los estudiantes, el tipo de contenido que van a enseñar y los estudios que hay

relacionados con el aprendizaje específico y esa metodología, además de los recursos que tengan disponibles y el conocimiento que tengan sobre la estrategia a usar.

Según el análisis realizado, entre las diferentes estrategias que pueden usar los docentes para enseñar el tema de disoluciones, las más utilizadas son las prácticas de laboratorio, las unidades didácticas y en menor proporción otro tipo de técnicas como las analogías, los proyectos productivos, el aprendizaje basado en problemas, entre otras (Figura 16).

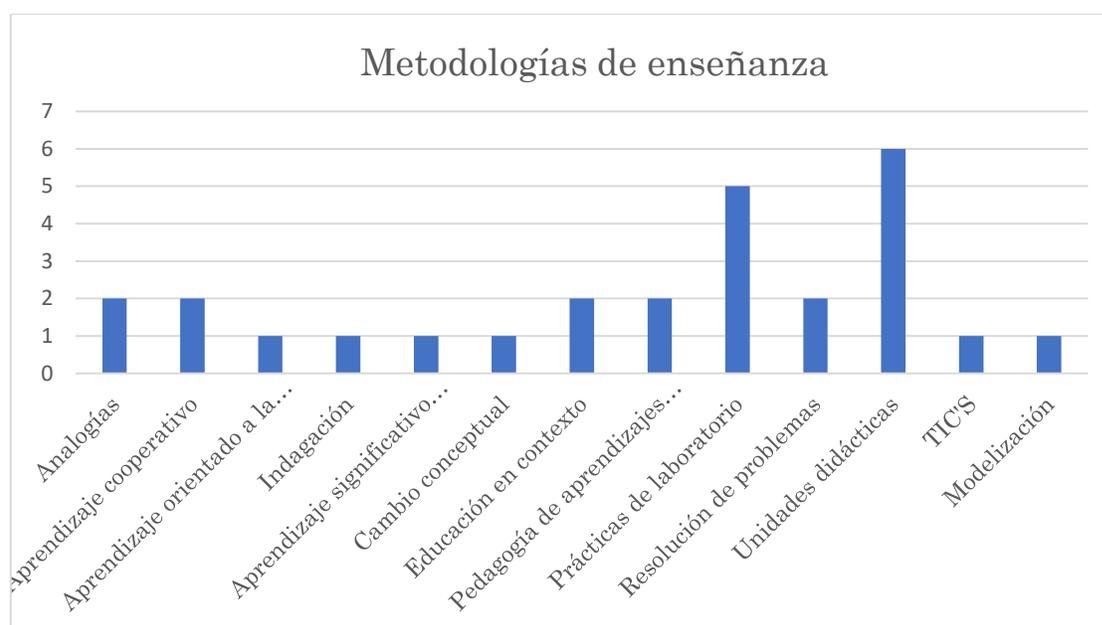


Figura 16. Metodologías de enseñanza para el concepto disolución.

En los siguientes apartados se profundizará en las estrategias más usadas, se tendrá un numeral específico para las prácticas de laboratorio, las unidades didácticas y las tecnologías de la información y la comunicación. Las demás se tratarán de manera general en un solo apartado.

4.2 Uso de prácticas de laboratorio

La tendencia a usar la experimentación en el aula empezó en los años sesenta en países europeos y en Estados Unidos (Jong, 1998), con la idea de llevar la ciencia al aula de la misma manera en la que la hacían los científicos, que no se centran solamente en los conceptos, sino que muchas veces parten de la experimentación para llegar a éstos.

El uso de prácticas de laboratorio puede contribuir a que los alumnos comprendan mejor los conceptos vistos en clase, verifiquen las leyes y teorías que aprenden en el aula, incrementen su motivación por el estudio de las ciencias y adquieran otro tipo de habilidades investigativas como la formulación de hipótesis y solución de problemas. Es importante mencionar que no todas las prácticas de laboratorio siguen un guion y son iguales, el tipo de prácticas que se realizan en las aulas de clase dependen de la experiencia del profesor, los objetivos de la experimentación, los recursos y el espacio del que disponga el establecimiento, además de las edades y conocimientos de los estudiantes.

La experimentación puede estar enfocada en diferentes componentes como el confirmatorio, investigativo, descubrimiento o el de resolución de problemas (Nieto, 2018), cada docente es libre de enfocar las prácticas como lo desee. Aunque no es necesario tener un laboratorio para experimentar, ya que se pueden utilizar recursos que los estudiantes tengan en sus casas o simplemente observaciones de un proceso natural, el laboratorio constituye un espacio valioso de aprendizaje tanto para estudiantes como docentes.

El uso de este recurso en muchas instituciones del país está restringido por no contar con los recursos necesarios para su implementación y utilización, aunque no es el único impedimento que se presenta ya que existen instituciones en las que son subutilizados, por diversas razones, entre ellas el riesgo de los estudiantes al manejar sustancias peligrosas y la responsabilidad del docente ante cualquier accidente que pueda ocurrir.

Como alternativa al uso de laboratorios como espacio físico, han emergido nuevas tecnologías como diseño de software de programación de simuladores que permiten realizar experiencias de manera totalmente virtual. Los laboratorios virtuales están emergiendo como tendencia pedagógica, las herramientas empleadas se han incrementado y adaptado en diferentes aplicaciones y han creado diferentes actividades (Luengas, L., Guevara J. & Sánchez G., 2009). Sin embargo, esto no significa que todos se sientan cómodos con estas herramientas o que tengan los recursos tecnológicos para usarlas.

Independientemente del método que se use para llevar la experimentación al aula hay factores que se deben considerar. El uso de prácticas de laboratorio puede hacer que los estudiantes desarrollen actitudes científicas de una manera más efectiva que con una clase tradicional,

pero no se puede caer en el error de creer que por utilizar experimentación automáticamente los estudiantes adquieren estas habilidades, el trabajo en el laboratorio debe ser pensado por los docentes para perseguir unos objetivos claros que vayan más allá de comprobar lo que se estudió en clase. Según Lazarowitz y Tamir (1994) las prácticas de laboratorio deben cumplir con estos objetivos: facilitar la comprensión de los conceptos científicos y ayudar a los estudiantes a confrontar sus concepciones actuales, fomentar el desarrollo de habilidades cognitivas, tales como la resolución de problemas, el pensamiento crítico y la toma de decisiones, fomentar la comprensión de la naturaleza de la ciencia y la gran diversidad de métodos científicos, desarrollar actitudes científicas, tales como la objetividad y la curiosidad en la ciencia y suscitar el placer y el interés, también en el estudio de las ciencias.

Como se ha discutido la experimentación juega un papel valioso en el aula. Los docentes tienen como tarea presentar a sus estudiantes experiencias enriquecedoras que les permitan formularse preguntas, proponer soluciones, comprobar esas soluciones y compartir y discutir sus procedimientos y resultados.

Las investigaciones que se han realizado acerca del uso de prácticas de laboratorio en la enseñanza del concepto de disolución siguen de manera general el mismo proceso (Figura 17): caracterización de la población a intervenir, esto se hace con el fin de tener en cuenta el contexto de los estudiantes en el diseño de las actividades a aplicar, identificación de ideas previas a través de entrevistas, pruebas escritas con preguntas abiertas, cerradas o tipo saber y en algunos casos se usan también prácticas a manera de pretest; posteriormente se lleva a cabo la estrategia escogida para el desarrollo de los conceptos en clase, usualmente la estrategia es una práctica de laboratorio acompañada de otro tipo de actividades que refuerzan el aprendizaje teórico y finalmente después de la intervención se realiza una actividad para evaluar lo aprendido, estas actividades dependen del investigador y al igual que las actividades realizadas para detectar ideas previas, pueden variar. Con estos resultados el investigador puede analizar los aspectos tanto positivos como negativos de la metodología empleada en el aprendizaje de los estudiantes.

Los aprendizajes relacionados con el proceso de disolución en los que más se hace énfasis en las investigaciones que usan esta metodología son: reconocer y utilizar un lenguaje apropiado para describir el proceso, comprender los conceptos de soluto, solvente y solubilidad, así

como los factores que afectan la misma, representar y comprender los procesos de disolución a nivel submicroscópico, ser capaz de relacionar los procesos desde lo macroscópico o lo observable con lo submicroscópico y calcular e interpretar correctamente diferentes medidas de concentración de las soluciones.

El primer acercamiento que hacen los investigadores a los estudiantes es la caracterización de la población, donde se busca conocer diferentes aspectos de la vida del sujeto según el nivel de estudio en el que se encuentre, por ejemplo en la investigación realizada por Landau, Ricchi, & Torres (2014) se le preguntó a los estudiantes por qué habían elegido esa carrera universitaria, cómo se preparaban para las prácticas y qué tan profundo había sido el estudio de las disoluciones en la escuela media; esto con el fin de tener en cuenta esta información en las actividades posteriores.

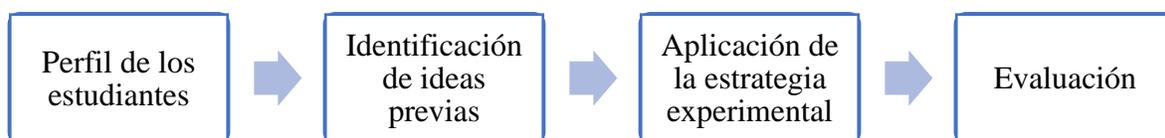


Figura 17. Proceso general de la metodología de enseñanza a través de prácticas de laboratorio.

La identificación de ideas previas es de gran importancia, ya que así se pueden identificar las falencias que tienen los estudiantes cuando tienen que dar explicaciones sobre el proceso de disolución y a partir de ellas planear las actividades de intervención del concepto. En los trabajos de (Baldeón, 2015; Landau, Ricchi, & Torres, 2014; Rivera, 2019; Álvarez, 2015; Mosquera, 2016; Buitrago, 2012) se realizó la identificación de ideas previas a través de diferentes herramientas, en la Tabla 4 se muestran los resultados que obtuvieron:

Tabla 4. Ideas previas del concepto de disolución identificadas por diferentes autores.

Investigador	Ideas previas identificadas
Landau, Ricchi, & Torres (2014)	Poco reconocimiento de los distintos niveles de organización de la materia Confusión entre los conceptos densidad y concentración
Baldeón (2015)	Las mezclas se dan solo entre dos líquidos Visión macroscópica de las mezclas
Álvarez (2015)	Dificultades para comprender un sistema material Pocos comprenden el concepto de mol

	Alta motivación hacia las prácticas de laboratorio
Mosquera (2016)	Dificultades para relacionar el conocimiento teórico con el práctico Apatía hacia el estudio de la química Dificultad para interpretar las unidades de concentración Poca relación entre la teoría y la práctica
Rivera (2019)	No se establecen relaciones entre los niveles microscópicos y macroscópicos del proceso No se diferencian procesos físicos de químicos Se explican las mezclas a partir de reacciones químicas
Buitrago (2012)	Mal manejo de términos como partículas, átomos o iones Vacíos en las representaciones de las mezclas homogéneas y heterogéneas Dificultades en la comprensión del concepto enlace químico y las fuerzas intermoleculares

Muchas de las concepciones alternativas encontradas por los autores mencionados, coinciden con los obstáculos reportados en la literatura y discutidos en el capítulo 3 de este documento. Con esta metodología implementada se busca que los estudiantes puedan superar estas dificultades. Al final de cada uno de estos trabajos se realiza un pos-test utilizando diferentes herramientas para evaluar si se tuvo algún cambio en las ideas previas que presentan los estudiantes.

En las investigaciones de Álvarez (2015) y Mosquera (2016) se menciona que, aunque las instituciones donde se hizo la intervención contaban con la infraestructura para realizar las prácticas de laboratorio, estaban poco adecuadas y el material y los reactivos era escaso, por lo que se deben utilizar materiales fáciles de conseguir. Además, según Baldeón (2015) los estudiantes tienen poca destreza en el manejo de los equipos y el material de laboratorio, ya que estos espacios han sido subutilizados por largo tiempo. Esto representa una desventaja en la enseñanza de la química, ya que comúnmente se separa la teoría de la práctica. Uno de los inconvenientes para aplicar este tipo de estrategias es la disponibilidad limitada que existe en los colegios tanto de un espacio adecuado para la experimentación como de los insumos necesarios para este fin. Esto junto con el temor que sienten muchos docentes al llevar a los estudiantes al laboratorio por cuestiones de seguridad hace que esta metodología no se implemente con la regularidad apropiada. Con estas propuestas los investigadores buscan

que las instituciones reconozcan la importancia de estos espacios y puedan mejorar las condiciones de los laboratorios escolares (Mosquera, 2016).

Las prácticas de laboratorio se apoyan en las teorías de aprendizaje significativo y el aprendizaje cooperativo (Álvarez, 2015). Con esta metodología se busca contextualizar el currículo de química, ya que esto implica utilizar los contextos como medio para desarrollar conceptos y teorías científicas y así lograr que los estudiantes las comprendan fácilmente y superen los obstáculos de aprendizaje que presentan (Mosquera, 2016). Además, también se espera que la motivación de los estudiantes por la química aumente, ya que algunas de las razones que dan para justificar el poco interés que sienten por esta área de la ciencia es lo abstracta que les parece y lo poco que puedan relacionarla con sus actividades diarias.

Un tipo de práctica recomendada por Mattox & Reisner (2006) es la medición de la conductividad de diferentes soluciones, especialmente enfocada hacia la comprensión del comportamiento molecular de éstas a través de cuestionamientos como los siguientes: ¿qué pasa cuando se añade un compuesto químico al agua?, ¿por qué es importante el agua para el proceso de disolución?, entre otras que ayuden a explorar la formación de iones o la permanencia del estado neutro de los compuestos en solución.

En cuanto a la implementación de esta metodología es importante decir que los docentes no solamente utilizan las prácticas de laboratorio como herramienta, sino que estas actividades prácticas van acompañadas de espacios donde se discuten los conceptos y se realizan ejercicios numéricos para el aprendizaje del cálculo e interpretación de concentraciones. Por ejemplo, en el trabajo de Rivera (2019) en la fase número 2 se diseñaron fichas de trabajo para superar los obstáculos de aprendizaje que presentaban los alumnos, algunas de las actividades que tenían estas fichas son: videos, imágenes, simuladores Phet, demostraciones y prácticas de laboratorio.

Un método utilizado por Mattox & Reisner (2006) para comprender el proceso de disolución en conjunto con las actividades de laboratorio es el Modelar-Observar-Reflexionar-Explicar (MORE), esta es una herramienta de pensamiento que permite incorporar las ideas previas al laboratorio, realizar experimentos para verificar esas ideas previas y a partir de las observaciones realizar reflexiones sobre los modelos iniciales. Este modelo impulsa a

conectar las observaciones de los eventos macroscópicos con la comprensión a nivel microscópico de los mismos. Es importante guiar a los estudiantes en la implementación del método, ya que usualmente no están familiarizados con él, pero en algún momento se debe permitir que trabajen de forma independiente. Al comparar un grupo de estudiantes que no usó el método en sus actividades de laboratorio con otro grupo que sí lo usó, se encuentra que los estudiantes lograron mejorar sus habilidades metacognitivas, su capacidad de reflexión y sus destrezas para resolver y comprender problemas químicos.

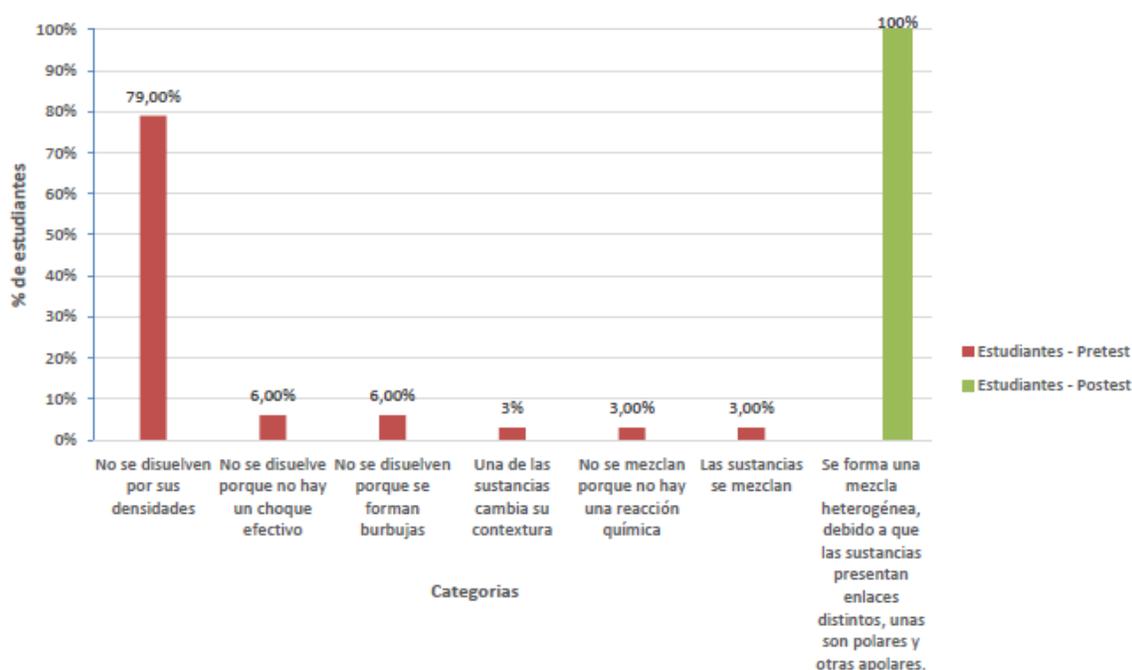


Figura 18. Análisis de las ideas de los estudiantes después de una intervención didáctica (Rivera, 2019).

La fundamentación teórica también ayuda a superar las dificultades que existen en el desarrollo de problemas matemáticos, que se deben manejar adecuadamente para comprender los aspectos cuantitativos de las disoluciones, como lo son el manejo de unidades y el cálculo de concentraciones. Los errores matemáticos que cometen los estudiantes en los primeros semestres de pregrado se asocian a los malos aprendizajes de matemática en la escuela media, situación que reporta Buitrago (2012). Una de las situaciones que se observan frecuentemente en las experiencias docentes según Landau, Ricchi, & Torres (2014) es que “los alumnos tienen una fuerte tendencia a resolver todo con muchas cuentas sin razonar por completo la situación, es como si quisieran encajar las piezas de un rompecabezas sin tener en cuenta la imagen que se forma, les alcanzaría con que encaje adquiriendo sentido para

ellos”, es decir que se limitan a resolver los problemas matemáticos sin importarles o tener en cuenta el sentido de lo que están haciendo. Para ayudar a superar estos problemas se debe entonces complementar la estrategia práctica con otras teóricas, que pueden variar según el investigador.

Después de realizar la intervención práctica acompañada de otras estrategias los investigadores analizan sus resultados. La mayoría de ellos reportan resultados positivos, que van desde la evolución de algunas ideas previas, mejoras en el uso del lenguaje químico, representación de procesos a nivel submicroscópico, entre otras. En el estudio realizado por Rivera (2019) se muestra cómo cambian las concepciones que tenían los estudiantes de las mezclas (Figura 18), donde ideas como “no se disuelven porque no se forman burbujas” o “no se mezclan porque hay una reacción química” se transforman y ahora los estudiantes utilizan argumentos como la polaridad de los enlaces para explicar la formación de mezclas heterogéneas: “al mezclar la glicerina con el aceite, la glicerina se disuelve completamente en el aceite, debido a que ambas sustancias presentaban enlaces apolares lo que quiere decir que son sustancias semejantes entre ellas”, mejorando así la comprensión general del proceso de disolución como un proceso físico en el que no ocurren reacciones químicas, pero si están presentes diferentes fuerzas intermoleculares entre la materia.

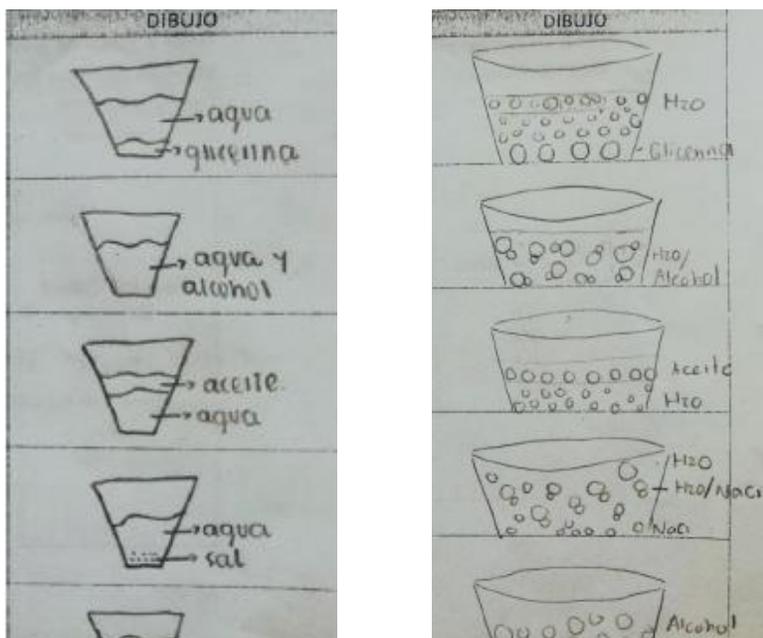


Figura 19. Representaciones simbólicas del mezclas homogéneas y heterogéneas (Rivera, 2019).

Otras de las dificultades que se pudieron superar con este estudio fueron la forma en la que los estudiantes representaban simbólicamente las interacciones de las sustancias en las mezclas homogéneas y heterogéneas. Antes de la intervención un grupo de estudiantes representaba solo aquello que podían observar mientras que otro grupo representaba el proceso a través de bolas simbolizando los átomos, pero sin tener en cuenta los elementos y las interacciones presentes entre las moléculas (Figura 19). El conjunto de actividades y metodologías usadas en la intervención permitieron a los estudiantes establecer relaciones entre lo macroscópico y lo submicroscópico. Representado el proceso más allá de lo que pueden observar, explicando las interacciones entre las moléculas, utilizando las estructuras de los compuestos en sus dibujos y diferenciando fácilmente entre una mezcla homogénea y una heterogénea.

Un aspecto importante para destacar en los resultados de las investigaciones en las que se usan las prácticas de laboratorio es el incremento de la motivación en los estudiantes por el aprendizaje de la química. Los autores (Mosquera, 2016; Baldeón, 2015; Rivera, 2019) reportan mayor interés por comprender los conceptos que se presentan y explicar los fenómenos que observan, además de que los argumentos son más elaborados y la capacidad de análisis aumenta.

Sin embargo, aunque en la mayoría de los estudios los resultados son positivos, según Landau, Ricchi, & Torres (2014), hay dificultades que persisten a pesar de la intervención realizada. Aun después de la experiencia de laboratorio se sigue teniendo la idea de que una disolución es una sustancia nueva. Esto, debido a la visión de la materia de forma continua a pesar de comprender los conceptos de átomo y molécula. Demostrando así que hace falta conectar estos conceptos con otros observables como las mezclas. Entonces ¿por qué otros autores como Rivera (2019) reportan el cambio de estas ideas?, si bien la experimentación en el aula mejora aspectos motivacionales, argumentativos y de comprensión de conceptos esta debe de ir acompañada de otras estrategias y debe tener un enfoque que ayude a los estudiantes a alcanzar los objetivos que se buscan. No todas las prácticas de laboratorio tienen los mismos enfoques y por lo tanto los mismos alcances. Muchos estudiantes pueden ejecutar muy bien las tareas en el laboratorio, pero no ver el sentido de lo que están haciendo, esto puede suceder cuando las prácticas no requieren habilidades como la resolución de problemas

o el pensamiento creativo, sino que se limitan a seguir una receta y a comprobar lo visto en clase, anulando la posibilidad de espacios de discusión y argumentación (Jong, 1998).

Es por esto que los experimentos que se llevan al aula deben seleccionarse a partir de criterios específicos que hagan que el estudiante se involucre en ambientes investigadores. Según Jong (1998) las prácticas de laboratorio deben incluir los siguientes aspectos: formulación de preguntas basadas en conocimientos previos, planteamiento y comprobación de soluciones y socialización y discusión de procedimientos y resultados. No todos los resultados de las experiencias que incluyen prácticas de laboratorio para la enseñanza del concepto de disolución son iguales y se pueden comparar, porque los experimentos son diferentes y debido a esto tienen diferentes alcances, además las propuestas didácticas van acompañadas de otras actividades que potencian o no los resultados y facilitan el cambio conceptual.

4.3 Uso de unidades didácticas y tecnologías de la información y la comunicación

Los procesos de enseñanza cada vez son más retadores, no es suficiente manejar apropiadamente el conocimiento disciplinar, sino que se debe tener un conocimiento didáctico del contenido y además acercarse al contexto sociocultural e intereses de los estudiantes y sus mecanismos de aprendizaje para generar experiencias significativas en las aulas.

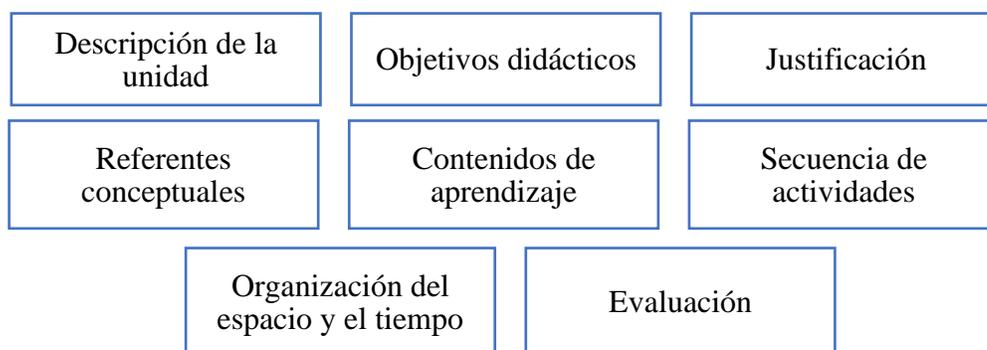


Figura 20. Elementos de las unidades didácticas (Madrid, Serna, & Vásquez, 2014).

Existen diferentes metodologías que pueden ayudar a generar experiencias significativas y a mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje; entre ellas las unidades didácticas que son “un conjunto de elementos pedagógicos dispuestos organizadamente para desarrollar una

clase en un tiempo, espacio y contexto determinado” (Gómez & Puentes, 2018). Las unidades didácticas definen qué se debe enseñar, cómo hacerlo y cómo evaluar los conocimientos. Estas se configuran en cuatro fases: la exploración, la introducción de nuevos conocimientos, la estructuración y síntesis de los nuevos conocimientos y la fase de aplicación. Una unidad didáctica convencional debe contener los aspectos básicos que se muestran en la Figura 20. (Madrid, Serna, & Vásquez, 2014).

Cabe resaltar que las fases y los aspectos de las unidades didácticas no siguen un orden lineal, los procesos de enseñanza casi nunca los siguen, son impredecibles por lo que se puede pasar de una fase a otra durante una clase. Aunque la planificación de unidades didácticas tenga una estructura similar y se centre en el mismo conocimiento, los objetivos, las actividades y la evaluación puede variar mucho de una unidad a otra. El docente es libre de darle el enfoque que crea más conveniente según las finalidades que persiga y las ideas previas de sus alumnos.

Si bien el objetivo principal es que los estudiantes logren comprender adecuadamente el concepto de disolución, este no es el único aprendizaje que se busca, ya que este viene acompañado de otros saberes procedimentales y actitudinales que no pueden separarse. Para que sea posible que los alumnos evalúen y regulen su propio modelo se pueden usar herramientas como las prácticas de laboratorio, las tecnologías de la información, el uso de analogías, el aprendizaje cooperativo, la indagación, entre otras que permitan reconocer los procesos utilizados por la ciencia para adquirir conocimientos y las actitudes asociadas a ese conocimiento (Sanmartí, 2000).

Los docentes tienen libertad para plantear las estrategias que crean convenientes para cumplir con el currículo nacional, es por eso que las unidades didácticas sobre el concepto de disolución encontradas en la literatura usan enfoques específicos y diferentes para lograr sus objetivos (Tabla 5).

Tabla 5. Estrategias usadas en las unidades didácticas para la enseñanza del concepto de disolución.

Autor unidad didáctica	Estrategia
Bueno (2013)	Tecnologías de la información y la comunicación

Agudelo (2017)	Objeto virtual de aprendizaje
Neusa, Torres, & Enciso (2009)	Tecnologías de la información y la comunicación, resolución de problemas, prácticas de laboratorio
Echeverry (2018)	Tecnologías de la información y la comunicación
Méndez & Castro (2016)	Modelización

Las unidades didácticas funcionan como un proceso de planeación que permite organizar y evaluar constantemente los momentos del aprendizaje de forma óptima. Como se vio en la Tabla 5 las estrategias usadas pueden ser diversas y están adecuadas a las necesidades y el contexto de los estudiantes. Un ejemplo de ello es el estudio realizado por Neusa, Torres, & Enciso (2009) en el que adaptan su estudio al manejo de cultivos hidropónicos, logrando que los estudiantes se familiaricen con las ciencias químicas a través de la preparación de sustancias que manejan en su cotidianidad. Sin embargo, los autores no utilizan solamente una estrategia, aunque se enfocan primordialmente en una sola, en el recorrido de la unidad didáctica se usan otros métodos que potencian el aprendizaje.

Sin importar cuáles sean las estrategias que usan los autores en sus investigaciones coinciden en el mismo punto de partida del estudio: proponer actividades que involucren el contexto de los estudiantes para lograr una comprensión profunda de los conocimientos (Agudelo, 2017). Entre los recursos más usados en las unidades didácticas están las tecnologías de la información y la comunicación (TIC). Este recurso ofrece diferentes ventajas, entre ellas la familiaridad que tienen con él los estudiantes y la motivación que despierta en ellos el aprendizaje mediado por la tecnología, además de la posibilidad de crear herramientas que pueden usarse sin conexión como los objetos virtuales de aprendizaje, estrategia muy apropiada para la situación de conectividad de muchas instituciones del país.

Las TIC se pueden utilizar de varias maneras en la enseñanza de las ciencias naturales, como por ejemplo en la simulación de experimentos de laboratorio, tratamiento estadístico y matemático de datos, representaciones gráficas, educación remota, aulas virtuales, entre otras. Entre las aplicaciones que se les da a las TIC para la enseñanza del concepto de disolución están las siguientes:

Tabla 6. Aplicaciones recursos de las TIC en la enseñanza del concepto de disolución.

Investigador	Tipo de aplicación
Bueno (2013)	Juegos educativos, plataformas
Agudelo (2017)	Objetos virtuales de aprendizaje
Neusa, Torres, & Enciso (2009)	Software educativo tipo simulador
Echeverry (2018)	Objetos virtuales de aprendizaje, Software educativo tipo simulador, software educativo interactivo
Avilan (2018)	Entornos multimedia, aplicaciones para el diseño de infografías

En la tabla anterior podemos observar que se cuentan con diferentes recursos que pueden ayudar a optimizar los procesos de aprendizaje. Sin embargo, el utilizar este tipo de recursos por si solos. no asegura que se logren los objetivos de aprendizaje propuestos. Estas herramientas podrían usarse simplemente para reemplazar el marcador, el tablero y los cuadernos y continuar sin favorecer procesos en los que los estudiantes se involucren activamente, sean gestores de su propio aprendizaje y realicen ejercicios metacognitivos para lograr un cambio conceptual. Así entonces, para alcanzar los objetivos de aprendizaje que se propongan, las TIC deben ser un puente, acompañados de cambios pedagógicos, mejores procesos de participación y comunicación, diferentes maneras de evaluar y de pensar el rol del docente en el aula, visto como un facilitador que, a través de diferentes recursos y estrategias, entre ellas las TIC, logre implementar un proceso de modelización que favorezca el cambio conceptual en los estudiantes (Agudelo, 2017).

Aunque los estudios sobre el aprendizaje y la enseñanza del concepto de disoluciones utilicen los mismos métodos, como el diseño de unidades didácticas y el uso de las TIC, los resultados y los enfoques son diferentes, no solamente en el tipo de recurso tecnológico que se implementa sino también el recurso didáctico. Estudios como el de Agudelo (2017) y el de Echeverry (2018) buscan cambiar la forma en la que los estudiantes ven las ciencias, a través de juegos y experimentación se incrementó la motivación por las ciencias y se obtuvieron mejores resultados en la comprensión del concepto de disolución. En estas investigaciones se utilizaron también las prácticas de laboratorio, aunque no es su enfoque principal, ya que se usa de manera confirmatoria para ampliar los conocimientos que ya se habían estudiado

en clase a través de otros recursos. Se demuestra que las situaciones prácticas tanto virtuales como experimentales involucran activamente a los estudiantes en el proceso de aprendizaje.

Otros estudios como el de Neusa, Torres, & Enciso (2009) intentan acercar la ciencia a situaciones cotidianas, en esta investigación se usó la resolución de problemas para facilitar la diferenciación entre sustancia pura, mezcla homogénea y mezcla heterogénea. A través del manejo de cultivos hidropónicos se fortalecieron aspectos propios de la química relacionados con el concepto de disolución como concentración y pH, estos contextos pueden ser útiles en la enseñanza de las ciencias, ya que permiten la identificación, aplicación y reconocimiento de la importancia de los conceptos en química, además de mejorar habilidades como la toma de decisiones y el interés en los estudiantes. Esta investigación utilizó experimentación real y simulada, aunque se obtienen buenos resultados con el uso de las simulaciones virtuales de aspectos cotidianos, los autores afirman que su uso no reemplaza el trabajo práctico experimental real ya que no promueve el desarrollo de las mismas competencias.

En el estudio de Bueno (2013) a través de juegos interactivos, prácticas de laboratorio y aprendizaje cooperativo se logra que los estudiantes argumenten mejor y discutan acerca de los análisis de sus compañeros. Gracias a las estrategias usadas en esta investigación se obtienen buenos resultados de aprendizaje, el autor destaca el uso del juego en las clases de ciencias ya que permite que los estudiantes expresen mejor sus capacidades sociales e intelectuales. El uso de estos recursos didácticos suele emplearse en asignaturas como educación física y otras de las ciencias humanas, pero generalmente se aísla de las ciencias naturales, obviando que el juego mejora las relaciones sociales de los estudiantes conllevando a grupos académicos más críticos y organizados.

Respecto a la parte conceptual, los entornos hipermedia ofrecen la oportunidad de organizar el contenido de modo que el estudiante pueda interactuar con él y se puedan animar diferentes procesos químicos. El diseño de estos medios puede incluir texto, imágenes, videos y audios a través de los cuales el estudiante puede observar moléculas y procesos químicos en formato 3D. Aunque se pueden incluir varios elementos, se debe cuidar la información que se presente ya que, al presentar información irrelevante, se termina por desviar la atención del estudiante y hacer que no recuerde fácilmente los elementos principales del material (Kelly & Jones, 2007). Este tipo de recursos ofrecen la oportunidad de visualizar el nivel submicroscópico de

la química y mejorar las conexiones entre este nivel y el macroscópico, favoreciendo positivamente el aprendizaje. Así entonces, el alumno no solo tendrá que imaginar lo que sucede a nivel molecular en el proceso de disolución, sino que podrá también visualizarlo (Ebenezer J. V., 2001).

La forma en la que se presenta la información en las animaciones o simulaciones debe cuidarse muy bien, ya que puede inducir a crear nuevos obstáculos de aprendizaje o ideas erróneas sobre lo que se está mostrando (Kelly & Jones, 2007). Además, los instructores deben buscar conectar las animaciones a otros procesos químicos como las reacciones en medio acuoso usando como ejemplo diferentes sustancias y entornos químicos, de esta forma se podría facilitar el uso de lo que se aprende en otros contextos académicos (Kelly & Jones, 2008).

Los entornos hipermedia dentro de los objetos virtuales de aprendizaje permiten que los estudiantes decidan a qué ritmo quieren ir, puedan repetir una lección las veces que quieran, se enfoquen en las partes de la lección que más les interesa o les genera dificultad, logrando así obtener una mayor comprensión de los conceptos y procesos (Kelly & Jones, 2007). En el diseño de estos entornos para estudiar los procesos de disolución, Ebenezer J. V (2001) resalta que permiten visualizar la diferencia entre fusión y disolución (un presaber bastante arraigado en la mente de los estudiantes), cómo se forman los iones y cómo funciona a nivel molecular el proceso de hidratación, además se pueden aprovechar para que los estudiantes relacionen los tres niveles de representación de la química. Sin embargo, para obtener buenos resultados, es necesario acompañar las animaciones de otras actividades de exploración de conceptos. Kelly & Jones (2007) demuestra que cuando los estudiantes se limitan al material de simulación pueden replicar lo que ven de manera escrita, pero ser incapaces de demostrar que lo comprendieron.

Al usar poco texto en estas animaciones se da la oportunidad de generar espacios de discusión entre los mismos estudiantes y entre los estudiantes y el profesor, fortaleciendo habilidades comunicativas y argumentativas. Así mismo, cuando se permite que los estudiantes puedan verbalizar lo que saben o aprenden sobre las disoluciones, se generan espacios participativos y dinámicos en los que pueden discutir y comparar sus puntos de vista académicos con los de sus compañeros y el profesor, contribuyendo a una mejor comprensión (Ebenezer J. V.,

2001; Kelly & Jones, 2007). Estos recursos deben generar la necesidad de buscar información extra para llevar y discutir en las clases, fomentando así habilidades necesarias para la educación del siglo XXI como la autonomía, comunicación, colaboración y autogestión.

Como se ha discutido el uso de las TIC en la educación presenta ventajas y oportunidades, pero también se debe trabajar en mejorar las debilidades que tiene el sistema educativo colombiano para su implementación. Medina (2014) hace un análisis de estas debilidades: acceso a las metodologías desarrolladas en el país, unificación de las metodologías de las empresas dedicadas a la elaboración de OVA sin tener en cuenta las necesidades educativas particulares de las poblaciones del país, falta de infraestructura para aplicar las tecnologías e interés de la comunidad académica en utilizar estos recursos. Queda claro entonces que en el uso de las TIC hay un camino largo por recorrer que puede traer resultados positivos en la educación a nivel general y específicamente en el área de ciencias.

4.4 Otras metodologías

Al estudiar los trabajos realizados por diferentes autores para la enseñanza de las disoluciones se encuentra que las metodologías usadas son muy similares. En la mayoría de los casos no se opta por una sola metodología, sino que se usa más de una en diferentes momentos de la secuencia didáctica, las más utilizadas son las prácticas de laboratorio y las que incluyen recursos de las TIC (Madrid, Arellano, Jara, Merino, & Balocchi, 2013; Avilan, 2018). La diferencia entre las metodologías que restan por analizar es la competencia que buscan fortalecer y el uso que hacen del contexto para lograr los objetivos que se plantean. En la Tabla 7 se hace una compilación de los enfoques usados en algunos estudios de la enseñanza de las disoluciones.

Tabla 7. Enfoques educativos de otras metodologías en la enseñanza de las disoluciones.

Autores	Enfoques
Avilan (2018)	Aprendizaje por indagación
Madrid, Arellano, Jara, Merino, & Balocchi (2013)	Aprendizaje cooperativo a partir de la resolución de problemas y la actividad experimental
Graciano (2019)	Aprendizaje significativo
Warfa, Roehrig, Schneiderc, & Nyachwayad (2014)	Modelo físico molecular en 3D y el aprendizaje cooperativo.

Buitrago (2012)	Aprendizaje significativo a través de la resolución de problemas y la experimentación
Raviolo, Siracusa, Gennari, & Corso (2004)	Uso de analogías para comprender el concepto de concentración de disoluciones
Çalik, Ayas, & Coll (2009)	Uso de analogías
Cobo (2015)	Contextos de diversidad cultural
Tacettin, Nurtac, Samih, & Omer (2006)	Textos orientados hacia el cambio conceptual

Para fortalecer la competencia de indagación, Avilan (2018) se enfocó en proponer una secuencia didáctica en la que las actividades estuvieran orientadas en este tipo de aprendizaje. Con el fin de mejorar las percepciones que tenían los estudiantes sobre la asignatura de química, que previamente documentó la autora. En la parte preliminar del trabajo se identificaron las necesidades de los estudiantes que pedían clases más dinámicas y el uso de otros recursos diferentes al tablero, el lápiz y el papel. Además de estudiar las necesidades de los estudiantes también se indagó sobre las propuestas didácticas de los profesores y la selección de contenidos del currículo, como resultado de esta investigación se recomienda estudiar la cantidad y relevancia de los contenidos del currículo de química y realizar una mejor documentación sobre la didáctica de los conceptos a tratar antes de planificar estrategias de enseñanza.

Algunas propuestas como la de Tacettin, Nurtac, Samih, & Omer (2006) se enfocan en cambiar las concepciones erróneas de los estudiantes sobre el concepto de disolución a través de diferentes estrategias, en este caso a través de textos orientados hacia el cambio conceptual. Este tipo de textos usan las ideas previas de los alumnos para, a través de preguntas y refutaciones llegar al conocimiento científicamente aceptado. Es decir que el estudiante se enfrenta a argumentos que contradicen sus concepciones previas causando un conflicto entre lo que sabía y el conocimiento que se le presenta. Esta estrategia demostró mejorar el porcentaje de estudiantes que logran un cambio conceptual, acercándose a nociones más científicas de las disoluciones. Sin embargo, aún existen ideas resistentes al cambio, esto puede deberse a las habilidades de lectura que se requieren para enfrentarse a este tipo de textos, no es común que todos los estudiantes las manejen; sumado a esto, la estrategia no mejora significativamente la actitud de estos hacia la química, es por eso que

es necesario acompañar este tipo de textos con otras actividades que logren motivar y demostrar la utilidad de los conocimientos que se adquieren en ciencias.

Diferentes estudios (Madrid, Arellano, Jara, Merino, & Balocchi, 2013; Warfa, Roehrig, Schneiderc, & Nyachwayad, 2014; Graciano, 2019; Salazar, 2020; Tacettin, Nurtac, Samih, & Omer, 2006) resaltan la importancia del aprendizaje cooperativo y las discusiones conceptuales entre estudiantes y estudiantes y profesores en las estrategias didácticas. Este enfoque se puede combinar con las metodologías que hemos analizado anteriormente como la resolución de problemas y la actividad experimental. En el aprendizaje cooperativo cada estudiante tiene un rol importante en el progreso de las actividades, también se desarrollan habilidades comunicativas a través del trabajo en equipo (Figura 21). Este principio se comparte con el enfoque de aprendizaje significativo crítico usado por Graciano (2019) en el que a través del dialogo entre profesor-estudiante y estudiante-estudiante se fomenta la elaboración de preguntas y el pensamiento crítico, además de que el estudiante es el centro del aprendizaje mientras que el docente es solo un orientador.



Figura 21. Grupos de discusión para incentivar el aprendizaje cooperativo (Salazar, 2020).

En el trabajo de Madrid, Arellano, Jara, Merino, & Balocchi (2013) se realizó una actividad introductoria para desarrollar habilidades relacionadas con el aprendizaje cooperativo, logrando que los estudiantes se conocieran más, analizaran su desempeño y el de sus compañeros mejorando el trabajo en equipo.

Cuando se implementa una nueva estrategia se debe entender que al estudiante le cuesta adaptarse a estas, ya que está acostumbrado a un estilo de enseñanza tradicional que no genera demasiados retos en el aprendizaje; Graciano (2019) en su intervención didáctica del concepto de disolución a través del aprendizaje significativo crítico documenta que el

proceso de adaptación a nuevas metodologías requiere tiempo y disposición del estudiante y acciones de motivación por parte del docente. Entre las acciones de motivación una muy relevante es el tipo de discurso utilizado por el docente en sus clases. Warfa, Roehrig, Schneider, & Nyachwaya (2014) analizaron los efectos en el aprendizaje al utilizar un discurso monologal, caracterizado por la transmisión de ideas y uno dialógico, que propicia el pensamiento crítico, en un ambiente POGIL (proceso-orientación-guía-indagación) donde el profesor actúa como guía y facilitador. Como resultado en este estudio, se concluyó que los discursos monologales no generan grandes resultados en el aprendizaje de la disolución de compuestos iónicos, los estudiantes tienden a olvidar rápidamente la información que se suministra, además de dificultarse la aplicación de lo aprendido en otros problemas. Por otro lado, cuando se usa el discurso dialógico el profesor construye junto con el estudiante el conocimiento, lo orienta y construye puentes entre los niveles de representación cuando proporciona información incorrecta o incompleta, facilitando el aprendizaje y obteniendo mejores resultados.

El uso de actividades previas para fortalecer habilidades de trabajo en equipo puede resultar positivo en otras metodologías que usen el enfoque de aprendizaje cooperativo. Esta metodología, tanto como el proceso de aprendizaje significativo crítico promueven la autonomía y el trabajo colaborativo a través del estudio de las disoluciones. En otras metodologías como los proyectos pedagógicos productivos implementada por Salazar (2020), en la que los estudiantes trabajan alrededor de un proyecto de interés en la comunidad en pequeños grupos se logra mejorar las habilidades de comunicación y el trabajo en equipo. Además, el nivel de interés de los participantes por este tipo de actividades es mayor, este fragmento de un dialogo entre un investigador y los estudiantes sobre el aprendizaje cooperativo lo demuestra:

“Investigador: *¿Cuál de las siguientes estrategias les gustó o no? ¿Por qué?*

Estudiante 1: *Discusión en la clase. Porque todos hablan y aportan y sabemos la opinión de cada uno.*

Estudiante 2: *Todos dan la opinión, esto nos permite respetar nuestros pensamientos”*

Otro aspecto que se destaca en la implementación de metodologías para el aprendizaje de las disoluciones es el uso del lenguaje. A través del lenguaje se adquiere una forma de entender

la realidad. Las palabras que se usan en la enseñanza deben depender del contexto y de la construcción que haya alrededor de la semántica en determinado lugar (Graciano, 2019). En cuanto al lenguaje, el uso de modelos físicos moleculares en 3D propicia discusiones alrededor de aspectos submicroscópicos de la materia y es una oportunidad para que los estudiantes construyan con sus compañeros explicaciones científicas donde se discuta sobre la simbología y la terminología usada en química (Warfa, Roehrig, Schneiderc, & Nyachwayad, 2014).

Además del uso del lenguaje se necesita fortalecer la conexión entre el contexto de las escuelas y los estudiantes con las estrategias de enseñanza. A través de la metodología de aprendizajes pedagógicos productivos se busca desarrollar procesos de aprendizaje basados en problemas de la vida cotidiana enfocados en el aspecto económico e intelectual (Ramírez, 2009). Salazar (2020) confirma esta necesidad y resalta la importancia del aprendizaje en contexto en las zonas rurales, donde los espacios son propicios para estudiar los fenómenos naturales y los saberes e intereses de la comunidad pueden ser aprovechados para mejorar los procesos educativos, científicos y sociales. En el estudio de intervención realizado por la autora se utilizaron proyectos pedagógicos productivos enfocados en la cría de la trucha arcoíris, en el proceso de aprendizaje de las disoluciones esta metodología mejoró la capacidad de análisis y discusión que se incentivó a través del trabajo en grupo, que a su vez ayudó a fortalecer las habilidades de comunicación y el desarrollo de habilidades para la vida.



Figura 22. Relación del contexto en el aprendizaje en ciencias (Salazar, 2020).

Al ofrecer un contexto tangible y aplicable de lo que se enseña en el aula, los conceptos moleculares relacionados al proceso de disolución que antes parecían abstractos empiezan a tomar sentido. Los conceptos de solubilidad, concentración, acidez y basicidad se vuelven indispensables y tienen un significado real para los estudiantes que participaron en el

proyecto de Salazar (2020) ya que es necesario conocerlos y medirlos constantemente para mantener las condiciones fisicoquímicas adecuadas de los estanques utilizados en la cría de la trucha arcoíris (Figura 22).

Cobo (2015) realizó un estudio sobre la forma en la que los docentes involucran el contexto cultural de los estudiantes en la enseñanza de las disoluciones en dos instituciones del departamento del Cauca, una de ellas ubicada en una zona rural donde parte de sus habitantes pertenecen a etnias indígenas que tienen como actividad económica principal la agricultura. A través de entrevistas con los alumnos y docentes y la observación de las clases de química, la investigadora pudo reconocer algunas falencias en la relación que se hace del contexto con las clases; una de ellas se evidencia en esta entrevista realizada a un estudiante:

“Lo que pasa es que nos enseñan que el agua la compone el hidrogeno y el oxígeno, pero yo me pregunto si tuviese hidrogeno y oxigeno que son gases, ¿cómo puedo producir agua?, y pienso en todo lo que hace la naturaleza para darnos esa agua, pero de eso no se profundiza. En lugar, me hacen exámenes de fórmulas y cálculos”

Para esa comunidad indígena en particular, el agua tiene un significado muy importante para la vida. Cuando en clases se simplifica o no se relaciona lo qué es el agua químicamente con lo que significa para la vida en la tierra, empieza a generarse un conflicto entre lo que se sabe y lo que se debe aprender. Esta relación de la comunidad con el agua debería usarse para conectar los procesos de enseñanza con las vivencias de la población. Otras potencialidades del contexto de la comunidad caucana encontradas en la investigación son la fábrica de ladrillos artesanales donde a través de visitas pedagógicas se puede aprender sobre la química de las disoluciones, la posibilidad de inclusión del lenguaje natal de estas comunidades en la enseñanza, también se cuenta con una gran zona agrícola y conocimientos sobre las formas de manejar los cultivos, aspectos que podrían utilizarse en las estrategias didácticas. De igual manera se deben reconocer las limitaciones del contexto, en este caso una de las limitaciones es la presencia de grupos armados en la zona, lo que pone en riesgo la seguridad de estudiantes y docentes en las salidas académicas.

El ejercicio de conocer el contexto de la comunidad en la que se enseña es valioso y necesario para mejorar los procesos formativos, ya que permite mayor comprensión de la realidad

social y reconocimiento de saberes, esto es algo que debería hacerse en todas las escuelas, además de buscar estrategias para incluirlo de forma significativa en sus labores de enseñanza. Otro aspecto que debe analizarse continuamente son las potencialidades y limitaciones de las estrategias didácticas usadas, lo que puede ayudar a descubrir en qué se está fallando y a generar planes para mejorarlo. Al incluir las necesidades de la comunidad en las propuestas pedagógicas se podrían mejorar algunas dificultades del sistema educativo, como la enseñanza vista de forma meramente transmisiva y descontextualizada (Cobo, 2015).

Ya se han mencionado algunos aspectos positivos que se destacan de las estrategias que hacen uso del contexto estudiantil y utilizan el trabajo colaborativo en sus metodologías. Otros estudios como el de Warfa, Roehrig, Schneiderc, & Nyachwayad (2014) enfocan sus investigaciones en superar las ideas erróneas más resistentes al cambio. En esta investigación se utilizó un modelo molecular desmontable para estudiar los aspectos químicos de la disolución de un sólido iónico en agua y su impacto en el discurso y la comprensión que manejan los estudiantes sobre este fenómeno (Figura 23). Se busca que los estudiantes puedan tener una experiencia sensorial basada en las propiedades electromagnéticas de las moléculas al sentir las fuerzas de enlace entre los átomos, presentando una ventaja frente a las animaciones digitales y los modelos unidimensionales de bolas y palos que pretenden representar el proceso a nivel molecular, en estos modelos se dificulta observar la atracción entre las moléculas, la polaridad de los enlaces y el proceso de hidratación (Ebenezer J. V., 2001).



Figura 23. Modelo molecular en 3D del agua y el cloruro de sodio (Warfa, Roehrig, Schneiderc, & Nyachwayad, 2014).

El uso de esta estrategia permitió que los estudiantes construyeran sus propios modelos basándose en las fuerzas intermoleculares. Los imanes permitieron que experimentaran y

sintieran las interacciones ion dipolo en las especies que interactuaron en el proceso de disolución, es decir entre la carga positiva del ion sodio y la carga parcial negativa del oxígeno y entre la carga negativa del ion cloruro y la carga parcial positiva del hidrogeno. Este modelo va más allá en la parte conceptual al promover discusiones en diferentes aspectos submicroscópicos de la materia como las fuerzas intermoleculares y el tamaño de los iones, los modelos que fueron construidos por los estudiantes se apoyaron en las propiedades magnéticas de las figuras utilizadas. Para explicar los procesos macroscópicos que observaban utilizaron un discurso que involucraba lo que sucedía a nivel molecular, por ejemplo en sus explicaciones sobre lo que pasaba después del proceso de disolución, decían: “*El Na va con el hidrógeno y el Cl va al oxígeno.*”, también en sus diálogos involucraban explicaciones desde los enlaces iónicos o covalentes y se basaban en el modelo para predecir que molécula iba conectada con la otra y los espacios que existen entre los átomos: “*No necesariamente mostraría ningún NaCl junto porque si tenemos agua suficiente estos estarían todos separados*”.

El uso de modelos físicos en 3D resulta positivo al propiciar la construcción de explicaciones químicas en grupo, en las que se fortalece la conexión entre el nivel submicroscópico, macroscópico y el simbólico en el estudio de las disoluciones. Se destacan palabras como *conectividad de los átomos, espacio entre iones, moléculas, enlace, tamaño de los iones*, entre otras usadas en los diálogos entre los estudiantes, también se realizan representaciones a nivel molecular del proceso de disolución (Figura 24) destacando en profundidad conceptual respecto a otras metodologías.

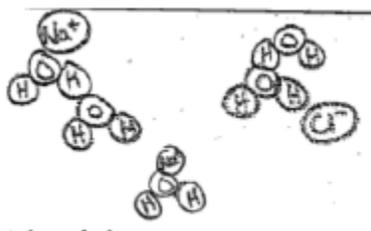


Figura 24. Representación de la disolución de la sal de mesa en agua (Warfa, Roehrig, Schneiderc, & Nyachwayad, 2014).

Entre las limitaciones de la metodología se encuentra la tendencia a definir todas las atracciones entre los magnetos como enlaces covalentes, dejando por fuera otro tipo de atracciones como la interacción ion-dipolo. También se fomenta la idea de que todas las

partículas de sal deben hidratarse, al disponer de pocas unidades de los magnetos, a cada molécula de sal le corresponde una molécula de agua. Estos inconvenientes pueden sobrellevarse al incluir explicaciones y actividades experimentales que ayuden a reforzar las falencias del método. Sin embargo, a pesar de las limitaciones, esta metodología puede ser un gran complemento para la enseñanza de las disoluciones al relacionar todos los niveles de representación de la química y al promover la construcción de explicaciones científicas (Warfa, Roehrig, Schneiderc, & Nyachwayad, 2014).

Entre los aspectos por mejorar de algunas de las estrategias mencionadas en la Tabla 7 está la profundidad conceptual con que se aborda el tema de las disoluciones. La Figura 25 es una de las respuestas de un post test del estudio de Avilan (2018), aunque la definición de disolución dada por el estudiante muestra una mejora en comparación con la respuesta del pretest, es una definición muy básica en la que se ignoran tanto en el enunciado como en la representación gráfica las interacciones existentes entre el soluto y el solvente.

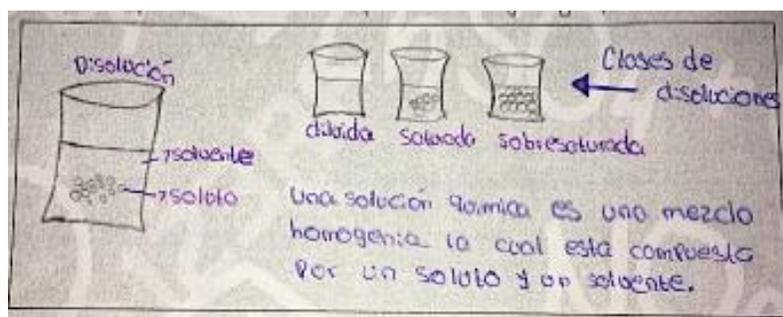


Figura 25. Post test de una estrategia didáctica (Avilan, 2018).

Otro aspecto difícil de mejorar con las intervenciones didácticas es el manejo de la parte cuantitativa de las disoluciones. A pesar de que en algunos estudios como el de Avilan (2018) se mejora la comprensión de cómo las proporciones del soluto y el solvente afectan la concentración, no se muestra un manejo a fondo de las unidades de concentración y de los cálculos necesarios para preparar una disolución. Tema que según Graciano (2019) resulta complejo en el aprendizaje del concepto debido a la parte matemática que se debe dominar y las relaciones que se deben hacer entre el concepto y lo necesario para solucionar un problema que involucre interpretación y cálculo de unidades de concentración.

Debido a las dificultades relacionadas con el aprendizaje de la concentración de disoluciones, Raviolo, Siracusa, Gennari, & Corso (2004) propusieron un modelo analógico que permitiera

mejorar la comprensión del tema. A través de un modelo de cuadros y puntos, (Figura 26) esta analogía muestra cuadrados de igual tamaño para representar el volumen de solución, puntos que representan la masa del soluto y una estrategia para relacionarlos, se representa una forma de visualizar la unidad de concentración y las etapas de un proceso de dilución de una solución. El uso de este modelo permitió mejorar la comprensión de la conservación de la masa al ilustrar la cantidad de soluto en el proceso, además ayudó a que los estudiantes resolvieran de forma más fácil problemas de cálculos sobre preparación de soluciones, mostrando mejores resultados en el mismo tema respecto a los mismos exámenes implementados en el pasado.

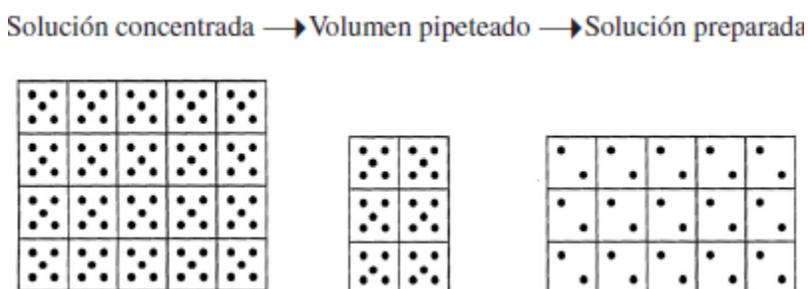


Figura 26. Modelo analógico para comprender el concepto de concentración (Raviolo, Siracusa, Gennari, & Corso, 2004).

Aunque el modelo funciona, tiene algunas limitaciones que deben hacerse explícitas antes de utilizarlo, como por ejemplo, el modelo es plano pero las moléculas son tridimensionales, la masa en realidad está distribuida por toda la solución y no en un cuadro específico, no se representa el solvente pero es parte esencial en la disolución y la conservación de la masa, el soluto se distingue de los demás componentes mientras que en una solución no lo hace, entre otras que surgieron en la aplicación del modelo. Es necesario dejar claro con los estudiantes el concepto de modelo antes de implementar la analogía. Con el fin de que sea visto como “una representación simplificada de la realidad, creada por el hombre para ayudar a comprender el estudio de los fenómenos” (Raviolo, Siracusa, Gennari, & Corso, 2004), así se podrá facilitar la comprensión y aplicación del modelo analógico.

Las analogías mejoran la comprensión de algunos conceptos, sin embargo, cuando se trata de la concentración de las soluciones, tema en el cual se deben realizar cálculos matemáticos, según Çalik, Ayas, & Coll (2009) se necesitan conocimientos matemáticos previos para

comprender adecuadamente las analogías que se presenten. Un aspecto positivo del uso de analogías según la intervención realizada por los autores es la retención del concepto a largo plazo; esto se demuestra al evaluar el conocimiento sobre la concentración de las soluciones inmediatamente después de la intervención y 10 semanas después de la misma, obteniendo diferencias mínimas en los resultados. Ya que la analogía usada se basa en una experiencia cotidiana y recurrente en la vida de los estudiantes, permite que puedan acceder a ella fácilmente y así mismo recordarla. La actividad también permite que el conocimiento se siga construyendo después de la intervención. Al respecto, Harrison & Treagust (2006) destacan algunos aspectos positivos del uso de analogías en la educación en ciencia, sin embargo, señala que los resultados están condicionados a las explicaciones de las condiciones de las analogías y al uso de múltiples analogías por parte de los docentes; cuando se omiten estos pasos se puede dar lugar al nacimiento de nuevas concepciones erróneas.

Según Cobo (2015) el usar ejercicios numéricos cercanos a situaciones reales que hagan parte de la cotidianidad de los estudiantes puede mejorar su desempeño, interés y motivación por resolver los mismos; se debe cambiar el enfoque de los ejercicios planteados en clase para que el único objetivo no sea resolver fórmulas de forma mecánica.

Finalmente, las estrategias empleadas en todos los estudios fueron evaluadas a través de diferentes métodos como entrevistas, preguntas abiertas, preguntas de opción múltiple, grabaciones de diálogos entre estudiantes, representaciones gráficas y actividades prácticas de laboratorio. Con base en estas evaluaciones se llegan a conclusiones y se dan algunas recomendaciones sobre las metodologías usadas. Todas las evaluaciones realizadas se hicieron a corto plazo, sería un aporte valioso para la investigación educativa que estas evaluaciones se repitieran con el paso del tiempo, para analizar como evolucionó el aprendizaje del concepto y qué tan significativo fue para el estudiante, además este seguimiento podría permitir conocer cuál es la influencia de manejar adecuadamente el concepto de disolución en el aprendizaje de otros conceptos subyacentes como las propiedades coligativas, el equilibrio ácido base o la electroquímica.

5 Desarrollo de una propuesta de investigación para la enseñanza del concepto de soluciones en un entorno rural

5.1 Justificación

Las ciencias se estudian desde los niveles básicos de educación primaria y secundaria. Especialmente, la enseñanza de la química desde niveles básicos debería contribuir a la transformación del pensamiento generada por el desarrollo de competencias científicas como la argumentación, el razonamiento lógico, la indagación, entre otras habilidades generadas en la comprensión de los procesos químicos que ocurren en la naturaleza, en el cuerpo y en otros donde la materia se transforma. La adquisición de estas habilidades ayuda a formar ciudadanos críticos, responsables de sus acciones sobre el medio ambiente y capaces de tomar decisiones racionales frente a la vida (Fernández, 2008).

Sin embargo, muchos estudiantes terminan sus cursos de ciencias químicas sin lograr comprender cual fue el sentido y la importancia de estos. Cuando los estudiantes preguntan cuáles son las aplicaciones de la química la respuesta en algunos casos es clara, desde la fabricación de medicinas, alimentos, concentrado para mascotas, productos de limpieza, aseguramiento de la calidad en procesos industriales y muchas más; no obstante, poco se involucran estos entornos que pueden ser cercanos al estudiante para mejorar su comprensión de la ciencia y hacer que cambie su visión del conocimiento, además de que logre verse como un posible constructor de conocimiento, encontrando así sentido a lo que aprende en clase, despertando interés y motivación por aprender.

Cuando las clases de ciencias se enfocan principalmente en el estudio de conceptos vacíos, problemas matemáticos sin sentido y leyes y teorías sin un trasfondo significativo, se genera apatía hacia el aprendizaje. Uno de los retos más importantes de los docentes de química está en conocer los intereses y necesidades de sus estudiantes, para que a partir de estos se puedan generar estrategias innovadoras que logren involucrarlos activamente y fomentar a través de la enseñanza las competencias necesarias para el desarrollo cognitivo de los alumnos.

Las necesidades de las comunidades educativas varían en función de aspectos históricos, locativos, económicos y políticos. Colombia es país multicultural, en el que se mezclan

expresiones sociales resultado de la diversidad poblacional (Gobierno de Colombia, 2022). Debido a esto, los entornos educativos pueden variar mucho de una región a otra; haciendo que el docente deba analizar con detalle cada aspecto de la población a intervenir para diseñar la estrategia más apropiada.

Las comunidades que habitan las zonas rurales están sujetas a condiciones culturales y socioeconómicas diferentes a la población de las zonas urbanas; estos territorios han sido permeados por la violencia, la pobreza y la falta de oportunidades (Carrero & González, 2017). El estado debe ser garante de los derechos de estas comunidades, entre estos el derecho a la educación. El sector educativo en estas poblaciones presenta condiciones especiales debido a algunas características específicas como el nivel de pobreza. Las escuelas rurales, en su mayoría, se caracterizan por su infraestructura precaria, falta de laboratorios, implementos deportivos, además del difícil acceso a las instalaciones (Arias, 2017). Para el año 2017, del 23,28 % de la población en situación de pobreza del país, el 34,8% pertenecía a la población de las zonas rurales, esto debido a las condiciones de acceso a la educación, la salud, el trabajo y los servicios públicos. Además, el nivel de deserción es mucho mayor que en las zonas urbanas, la mayoría de la población solo alcanza a terminar sus estudios de primaria. La razón principal por la que no continúan sus estudios de secundaria es que la educación que se les ofrece no cumple sus expectativas y no se logra comprender cuáles serán los beneficios de esta educación para mejorar su calidad de vida (Ministerio De Educación Nacional, 2018).

Por su parte, el Ministerio de Educación Nacional busca disminuir la desigualdad entre el campo y la ciudad a través de la educación. El plan especial de educación rural (PEER) propone implementar modelos educativos flexibles enfocados hacia las necesidades de la población rural, además busca promover la investigación y el desarrollo científico en áreas como la agroecología, los suelos y el cuidado del medio ambiente (Ministerio De Educación Nacional, 2018). Las instituciones educativas también deben tomar iniciativas metodológicas para impactar positivamente a las comunidades. A través de la preservación de la identidad cultural, de la no superposición de otros saberes sobre los saberes campesinos y la indagación sobre la forma en la que aprenden estas comunidades para hacerlas parte de los procesos de enseñanza (Arias, 2017).

Aunque algunas instituciones del país no estén específicamente en un territorio rural, si tienen poblaciones cercanas que viven en estas zonas y hacen parte de la comunidad estudiantil. Este es el caso de la institución educativa Nuestra Señora de la Consolación, ubicada en el municipio de Toro del departamento del Valle del Cauca. Este municipio está localizado en la región norte del departamento. A diferencia de la mayoría de las ciudades del Valle, cuenta con una agricultura altamente diversa, pues se cultiva gran variedad de frutas tropicales, de las cuales se cultivan permanentemente la guayaba, los cítricos, la uva, el maracuyá, el plátano y la caña de azúcar y de manera transitoria el melón, la sandía, la papaya, el aguacate y diversos tipos de flores. Su eje hortofrutícola no se centra en la caña de azúcar, que se cultiva en el 80% de los municipios del departamento. También cuenta con cultivos de hortalizas y raíces como el cilantro, la cebolla larga, la arracacha, el pimentón, la yuca, entre otros. A pesar de ser un municipio con un gran territorio en la zona urbana, cuenta con 23 veredas y 5 corregimientos ubicados en la zona rural donde se cultiva la mayor cantidad de productos que ofrece el municipio. De ahí que las principales actividades económicas del sector sean la agricultura y la producción agropecuaria (Alcaldía de Toro, 2022).

La institución cuenta con una sede principal ubicada en la zona urbana del municipio y tres sedes educativas de educación primaria, dos de ellas ubicadas en corregimientos aledaños a la ciudad. Diariamente se desplazan hacia la institución estudiantes que viven en veredas lejanas al municipio, tardando hasta más de una hora en transportarse. No puede desconocerse el tipo de población que maneja la institución y el entorno económico del municipio, a este tipo de población rural y urbana la llamaremos mixta. A partir del estudio del contexto de cada comunidad, las instituciones deben ofrecer experiencias educativas que ayuden a transformar, potenciar y dar mayor valor a la riqueza cultural e intelectual.

Según el PEER el campo colombiano atraviesa una etapa difícil, en la que ha bajado su competitividad y productividad; en algún porcentaje debido a la falta de asistencia técnica, el estado de las vías terciarias, la comercialización de los productos, el cambio climático y el impacto ambiental debido al uso de agroquímicos. En muchos sectores se realizan las labores del campo de forma empírica sin tener en cuenta el uso de insecticidas, la fertilidad de la tierra, la rotación de cultivos, entre otros aspectos (Ministerio De Educación Nacional, 2018). Se deben cuestionar los contenidos, las metodologías y el tipo de experiencias educativas que

se ofrecen, ya que puede resultar más significativo partir de problemáticas como éstas para, a través de la educación realizar un impacto valioso a estas poblaciones.

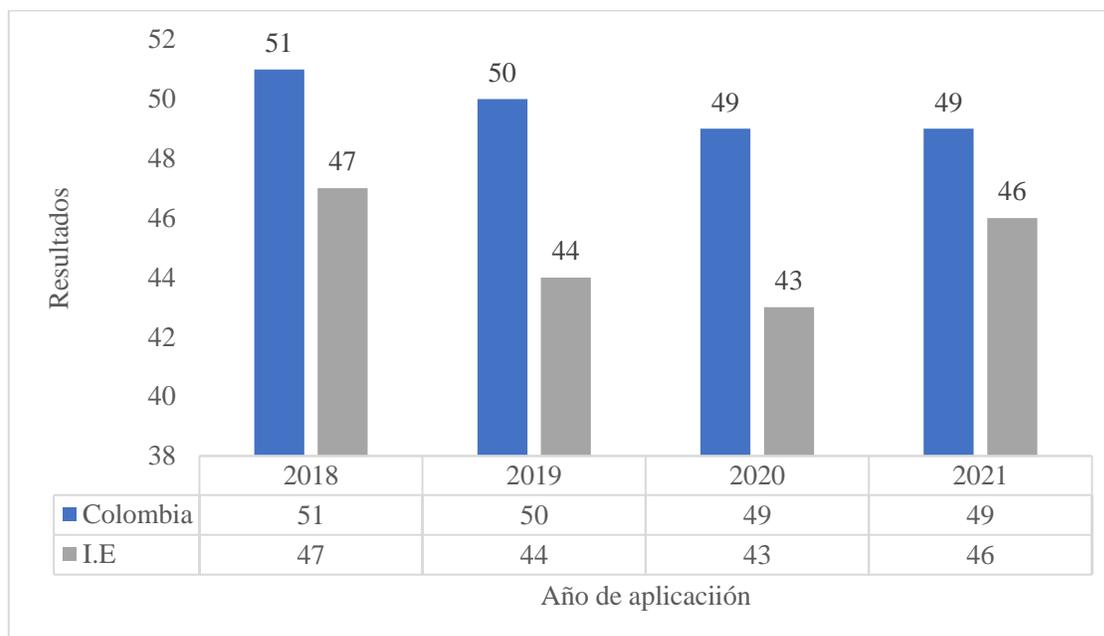


Figura 27. Resultados pruebas saber de ciencias naturales (Grupo educativo Helmer Pardo, 2021).

Los modelos educativos deben ser contextualizados, por lo tanto, es de suma importancia conocer las características sociales, culturales e ideológicas de las poblaciones que viven en las zonas rurales e incorporar estas características a las prácticas educativas (Parra, 2020; Arias, 2017; Ministerio De Educación Nacional, 2018). El reconocimiento de los saberes de estas comunidades, como su relación con la naturaleza, sus hábitos de trabajo, su visión frente a lo urbano, sus costumbres familiares y locales, no deben aislarse de la educación sino más bien ser utilizadas para darle vida y significado a lo que se enseña y aprende en la escuela (Parra, 2020). El modelo de educación rural tradicional olvida los saberes y experiencias de la vida en campo, mostrando una visión del mundo ajena al sentir de la comunidad. Una educación rural de calidad se caracteriza por “integrar toda la vida, cosmovisión, cultura y experiencias cotidianas del campo a otras formas del aprender, del hacer y del enseñar” (Arias, 2017).

Sumado a esto, el modelo tradicional no es el más exitoso en la formación de competencias científicas y esto se demuestra en los resultados de las pruebas saber. Históricamente los

resultados de la institución en el área de ciencias naturales han estado por debajo de la media nacional, con una leve tendencia al descenso (Figura 27).

Los resultados obtenidos en las pruebas indican el nivel de desempeño en el que se encuentra el estudiante, estos niveles van desde el 1 hasta el 4 y describen las habilidades y conocimientos que se han desarrollado, siendo 1 el nivel el más básico y el 4 el nivel más alto. Los estudiantes de la institución se ubican históricamente en los niveles de desempeño según lo muestra la Tabla 8.

Tabla 8. Niveles de desempeño (ND) en la prueba de ciencias (Grupo educativo Helmer Pardo, 2021).

	2018	2019	2020	2021
ND 1	28%	40%	44%	25%
ND 2	49%	46%	45%	60%
ND 3	23%	14%	11%	15%
ND 4	0%	0%	0%	0%

Como se puede observar la mayoría de los estudiantes solo alcanza los niveles 1 y 2 de desempeño. Donde el nivel 1 demuestra que “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” mientras que el nivel 2 “reconoce información suministrada en tablas, gráficas y esquemas de una sola variable independiente, y la asocia con nociones de los conceptos básicos de las ciencias naturales”. El porcentaje de estudiantes que se ubica en un nivel más alto de desempeño (nivel 3) es muy bajo, se suma a esto que en los últimos 4 años ningún estudiante ha podido alcanzar el nivel superior. El nivel 3 de desempeño evidencia que se “interrelacionan conceptos, leyes y teorías científicas con información presentada en diversos contextos, en los que intervienen dos o más variables, para hacer inferencias sobre una situación problema o un fenómeno natural”, mientras que el nivel más alto demuestra que se “usan conceptos, teorías o leyes en la solución de situaciones problema que involucran procedimientos, habilidades, conocimientos y un lenguaje propio de las ciencias naturales”. Al ubicarse en niveles de desempeño bajos, se evidencia que la población estudiantil tiene falencias en los desempeños correspondientes a los niveles 3 y 4. Teniendo en cuenta las habilidades evaluadas en el desempeño superior, se podría decir que hasta el momento ningún estudiante ha desarrollado habilidades para plantear preguntas de investigación desde las ciencias naturales a partir de un contexto determinado, establecer

conclusiones derivadas de una investigación y contrastar modelos de las ciencias naturales con fenómenos cotidianos.

Las pruebas saber del área de ciencias naturales evalúan 3 competencias: el uso de conceptos, la explicación de fenómenos y la indagación. Un análisis detallado de las pruebas saber de la institución, muestra cómo han variado los resultados de las preguntas asociadas a cada competencia (Figura 28). La cantidad de respuestas incorrectas asociadas a aprendizajes de los procesos químicos supera el 60% en cada año de aplicación. El aprendizaje 1 hace referencia a la asociación de fenómenos con conceptos propios del conocimiento científico y el aprendizaje 2 a la explicación de fenómenos de la naturaleza basados en conceptos científicos.

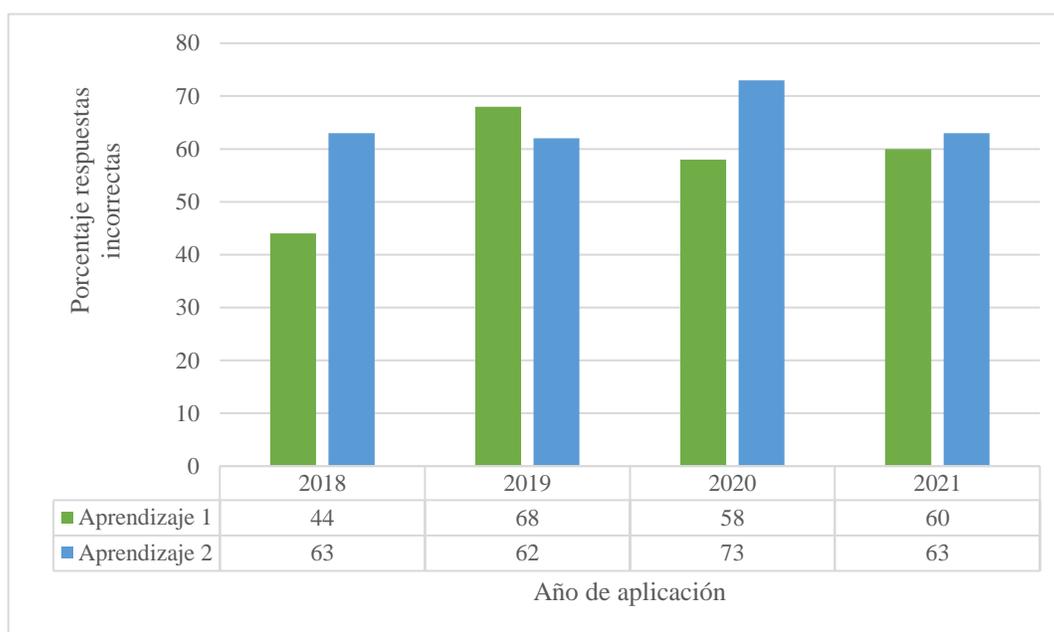


Figura 28. Resultados pruebas saber por aprendizajes (Grupo educativo Helmer Pardo, 2021).

Estas competencias están relacionadas con aprendizajes específicos de las ciencias naturales y se han establecido evidencias para estos aprendizajes (Figura 29). A su vez estas evidencias van ligadas a unos conceptos centrales como la estructura de la materia, las reacciones químicas, la conservación de la masa en los procesos químicos, procesos fisicoquímicos

simples como la separación de mezclas, la solubilidad, los cambios de fase y los gases ideales.

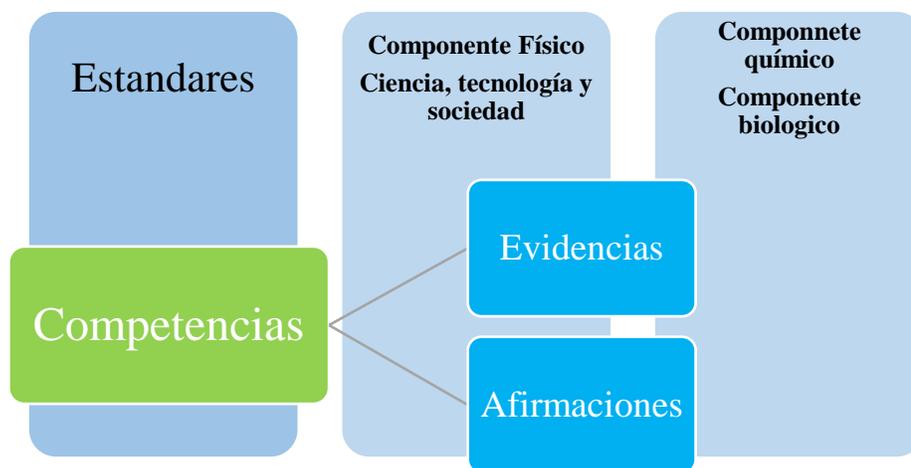


Figura 29. Marco de referencia ciencias naturales (Icfes, 2019)

Los conceptos mencionados en las evidencias de aprendizaje son conceptos estructurantes y están inmersos en los derechos básicos de aprendizaje (DBA) propuestos por el ministerio de educación nacional. El concepto de disolución se menciona en los DBA de grado 4, 6 y 9 con diferentes niveles de profundización (Tabla 9).

Tabla 9. Derechos básicos de aprendizaje en ciencias (Ministerio de educación nacional, 2006).

Grado	DBA
4	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).
6	Comprende la clasificación de los materiales a partir de grupos de sustancias (elementos y compuestos) y mezclas (homogéneas y heterogéneas). 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
9	Analiza las relaciones cuantitativas entre solutos y solventes, así como los factores que afectan la formación de soluciones.

Esto demuestra la importancia del concepto en la educación científica escolar. La revisión realizada muestra como el concepto de disolución está ligado a otros conceptos (Figura 30) como la estructura de la materia, la conservación de la masa, los cambios físicos y químicos y los cambios de estado (Calyk, Ayas, & Ebenezer, 2005; Ebenezer J. V., 2001; Nappa, Insausti, & Sigüenza, 2005; Raviolo & Farré, 2020; Warfa, Roehrig, Schneiderc, & Nyachwayad, 2014). Según Nappa, Insausti, & Sigüenza (2005) el saber diferenciar entre elemento y compuesto además de comprender la discontinuidad de la materia puede disminuir los obstáculos generados en el entendimiento de las disoluciones, así mismo, un claro conocimiento de los efectos de los enlaces químicos en la polaridad de las moléculas proporciona las bases adecuadas para el estudio de los procesos de disolución. Por consiguiente, en el transcurso del aprendizaje se debe mencionar otros conceptos que estén relacionados o que pueden dar lugar a confusiones respecto a las disoluciones. Por ejemplo, Ebenezer J. V (2001) propone realizar una distinción entre los cambios de estado de la materia y la disolución de un sólido en un líquido, así como la inclusión de casos en los que ocurren cambios de temperatura debidos al calor de disolución, para que posteriormente estos no sean interpretados como evidencias de un cambio químico.

Estas y otras evidencias mostraron como las falencias en uno de estos conceptos afectan toda la estructura cognitiva. Dejando claro que unos aprendizajes dependen de otros puesto que, todos están conectados en un engranaje que hace posible la comprensión de la ciencia de manera general.

Por este motivo la estrategia buscará fortalecer aspectos básicos de la química que influyen en el aprendizaje y que puedan ayudar a superar los obstáculos más comunes en la comprensión de las disoluciones. La intervención estará planteada para el grado noveno, teniendo en cuenta los DBA respectivos para este grado. Como punto de partida se realizará la identificación de los modelos explicativos ya que se reconoce su relevancia e influencia en el proceso de aprendizaje y la adecuación de la enseñanza.

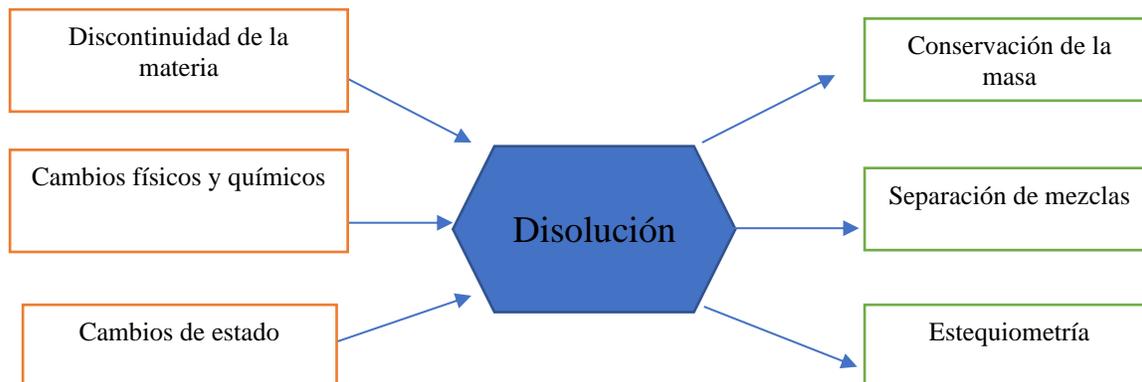


Figura 30. Conceptos ligados a la comprensión de disoluciones.

El estudio mostró el efecto de los errores conceptuales a nivel submicroscópico como fuente de otros impedimentos al tratar de explicar fenómenos naturales observables. Por lo que es de suma importancia hacer énfasis en aspectos pertenecientes a este nivel de comprensión de la química. El manejo insuficiente de las propiedades moleculares como la interacción entre partículas y la estructura de la materia podría ser la fuente de confusión entre un cambio físico y químico, que como se documentó en la revisión es uno de los errores más comunes encontrados en la comprensión de las disoluciones.

En cuanto a la estrategia a utilizar, en la revisión bibliográfica se encontró que no hay una sola metodología que al aplicarse de manera independiente cumpla con todos los requerimientos educativos de la enseñanza del concepto. No obstante, al utilizar una estrategia en combinación con otras se obtienen mejores resultados y se fortalece no una sola competencia sino varias de ellas (Rivera, 2019; Madrid, Arellano, Jara, Merino, & Balocchi, 2013; Warfa, Roehrig, Schneiderc, & Nyachwayad, 2014; Buitrago, 2012; Tacettin, Nurtac, Samih, & Omer, 2006). A modo de ejemplo, el uso de prácticas de laboratorio fue el más usado en las estrategias, aunque no fuera la metodología principal a implementar muchos investigadores las usaban como complemento en las actividades propuestas. Ya que, si están encaminadas a cumplir objetivos como la resolución de problemas, el pensamiento crítico y la toma de decisiones pueden hacer que se desarrollen actitudes científicas de una manera más efectiva que con una clase tradicional.

Sin importar cuáles sean las estrategias que usan los autores en sus investigaciones coinciden en el mismo punto de partida del estudio: proponer actividades que involucren el contexto de los estudiantes para lograr una comprensión profunda de los conocimientos (Agudelo, 2017). Según Cobo (2015) el ejercicio de conocer el contexto de la comunidad en la que se enseña

es valioso y necesario para mejorar los procesos formativos, ya que permite mayor comprensión de la realidad social y el reconocimiento de saberes.

El aprendizaje basado en proyectos (ABP) es una metodología para la enseñanza centrada en el estudiante, mientras que el profesor hace el papel de facilitador y direccionador, la estrategia promueve el aprendizaje a través del desarrollo de proyectos realizados en pequeños grupos, estos proyectos hacen parte central del currículo y se busca que a través de estos los estudiantes puedan adquirir y aplicar el conocimiento propio de las asignaturas (Thomas, 2000). El ABP permite adaptarse a los estilos de aprendizaje de cada estudiante e incrementa el nivel de lectura y desarrollo de problemas, creando así alumnos que puedan pensar y aprender independientemente (Bell, 2010). Según el estudio de revisión realizado por Hasni, y otros (2016) varios autores coinciden en las siguientes características de esta metodología: existe un problema científico o una pregunta de partida cercana al contexto de los estudiantes que cause curiosidad y los motive a desarrollar el proyecto (Bell, 2010); el ABP permite conectar las escuelas con el entorno, es decir con los problemas sociales, ambientales y económicos de la región, ya que los proyectos deben ser enfocados a problemas reales no a prototipos escolares, requiriendo así habilidades para identificar problemas, analizar y buscar información e integrarla al proyecto (Lamb, 2003). Esto representa una oportunidad para conectar el contexto de los entornos rurales al aprendizaje de la química. Al ofrecer un contexto tangible y aplicable de lo que se enseña en el aula, los conceptos moleculares relacionados al proceso de disolución que antes parecían abstractos empiezan a tomar sentido.

Según Nagarajan & Overton (2020) cuando se escoge un problema relevante global los estudiantes pueden pensar de forma sistémica, es decir profundizar más allá de los conceptos en química a través de la interconexión de sistemas físicos, biológicos y ambientales, esto permite dotar a los estudiantes de las habilidades necesarias para afrontar los retos del siglo XXI. El trabajo en grupo hace que cada estudiante cumpla un rol dentro del proyecto y use sus potencialidades para contribuir al desarrollo de este, dándole valor a cada uno de ellos (Lamb, 2003; Thomas, 2000). Las metodologías utilizadas para la enseñanza de las disoluciones resaltan la importancia del aprendizaje cooperativo ya que en este enfoque cada estudiante cumple un rol importante en las actividades fortaleciendo el trabajo en equipo y la

toma de decisiones (Graciano, 2019). En la investigación desarrollada por Ebenezer J. V. (2001) se demostró que cuando se generan espacios de discusión grupales se fomenta el desarrollo de las habilidades comunicativas y argumentativas. Cuando se permite que los estudiantes verbalicen lo que saben o aprenden sobre las disoluciones, pueden discutir y comparar sus puntos de vista académicos con los de sus compañeros y el profesor. En el ABP se propician estos espacios, ya que se debe obtener un resultado o producto final que pueda ser compartido con un público específico (Hasni, y otros, 2016).

Conviene destacar que los estudiantes participan en actividades de investigación retadoras, que les permiten hacerse preguntas, construir hipótesis, diseñar experimentos para responderlas y sacar conclusiones derivadas de su propio trabajo; creando así la necesidad de obtener nuevo conocimiento, fortaleciendo el aprendizaje cooperativo entre estudiantes y utilizando diferentes tecnologías. El involucrar proyectos investigativos permite potenciar habilidades que integran procesos vivos, físicos y químicos. Las pruebas saber evalúan la competencia de indagación a través de evidencias de aprendizaje como:

- Comprender que a partir de la investigación científica se construyen explicaciones sobre el mundo natural
- Derivar conclusiones para algunos fenómenos de la naturaleza basándose en conocimientos científicos y en la evidencia de su propia investigación y la de otros.
- Observar y relacionar patrones en los datos para evaluar predicciones
- Utilizar habilidades de pensamiento y de procedimiento para evaluar hipótesis o predicciones

La Figura 31 muestra los resultados de la institución educativa en preguntas referentes a la competencia de indagación, las barras representan la cantidad de respuestas incorrectas en cada aprendizaje evaluado. Teniendo en cuenta que la institución no ha obtenido buenos resultados en preguntas relacionadas con esta competencia, la metodología puede ayudar a fortalecer estos aprendizajes a través de la elaboración de micro proyectos de investigación científica escolar que propicien la comunicación de procesos y resultados de investigación, la realización de predicciones basadas en información, patrones y regularidades y otras

habilidades de indagación. Del mismo modo que se mejora la comprensión de conceptos significativamente respecto a la enseñanza tradicional. (Cheng-Huan & Yong-Cih, 2019)

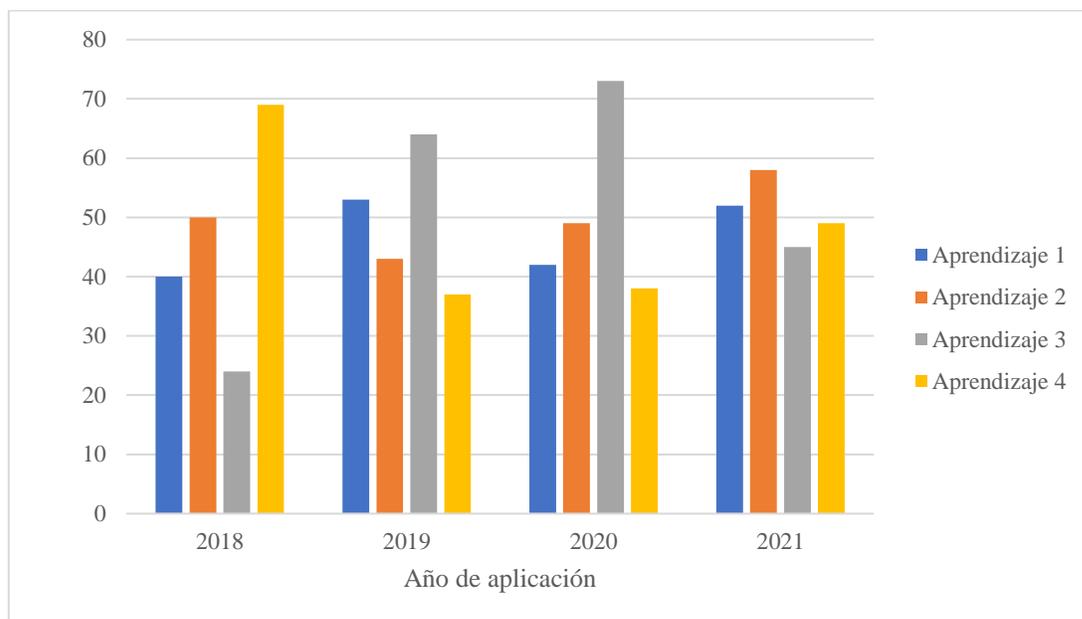


Figura 31. Resultados en la competencia de indagación (Grupo educativo Helmer Pardo, 2021).

Para potenciar el proceso de aprendizaje se propone implementar esta metodología en conjunto con otras estrategias en las que se han obtenido buenos resultados como las prácticas de laboratorio y el uso de las TIC. Puesto que este tipo de recursos ofrecen la oportunidad de visualizar el nivel submicroscópico de la química y mejorar las conexiones entre este nivel y el macroscópico, favoreciendo positivamente el aprendizaje. Los recursos tecnológicos son un gran apoyo en la parte conceptual ya que permiten visualizar lo que sucede a nivel molecular en el proceso de disolución al ilustrar el proceso, mostrando la formación de cargas y la proporción entre el soluto y el solvente para facilitar la comprensión de la concentración de disoluciones (Ebenezer J. V., 2001).

De acuerdo con lo anterior y teniendo en cuenta el contexto en el que se realiza la intervención, surge la siguiente pregunta: ¿cómo contribuye el aprendizaje basado en proyectos a la transformación de los modelos explicativos sobre disoluciones químicas de los estudiantes de grado noveno en un entorno mixto?

5.2 Objetivos

5.2.1 Objetivo general

Determinar la transformación de los modelos explicativos del concepto de disolución y el aporte al desarrollo de competencias científicas mediante la implementación de la metodología de aprendizaje basado en proyectos en el grado noveno de la institución educativa nuestra señora de la consolación.

5.2.2 Objetivos específicos

- Identificar los modelos explicativos que presentan los estudiantes acerca del concepto de disolución.
- Implementar estrategias relevantes al contexto de los estudiantes que posibiliten el trabajo colectivo y permitan superar las dificultades en el aprendizaje del concepto de disolución.
- Caracterizar las competencias científicas de los estudiantes antes y después de la intervención mediante la metodología ABP.

5.3 Antecedentes: el aprendizaje basado en proyectos como metodología de enseñanza en química

En la última década la cantidad de estudios relacionados con el aprendizaje basado en proyectos en el campo de la educación en química han aumentado considerablemente. Cuando se usan las palabras de búsqueda “aprendizaje basado en proyectos” y “educación química” en la base de datos web of science y se realiza la exclusión de algunos campos de búsqueda que no pertenecen al área educativa, se puede observar la tendencia desde el año 2011 hasta el 2021 hacia el incremento en el número de investigaciones realizadas acerca de esta metodología por año (Figura 32).

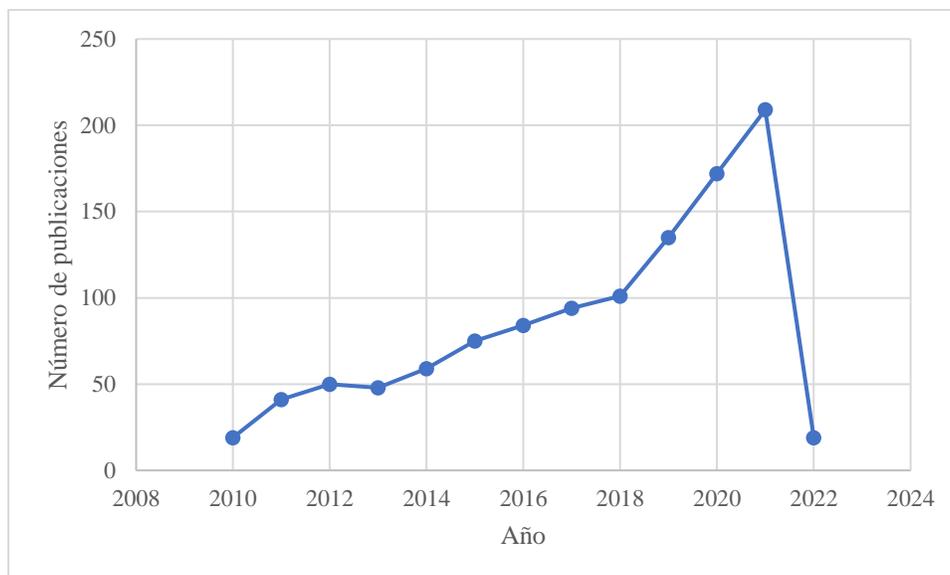


Figura 32. Número de investigaciones por año relacionadas con el ABP.

El aprendizaje basado en proyectos (ABP) como metodología para la enseñanza resulta atractivo para los investigadores del sector educativo ya que promueve la creatividad y permite que los estudiantes disfruten aprender sobre ciencias (Hugerat, 2020). Además, mejora significativamente las habilidades de trabajo en equipo y la capacidad de relacionarse con los demás (Kaldi, Filippatou, & Govaris, 2011).

El uso del ABP en química no se limita a un solo contenido o un área específica, se reportan usos de la metodología en el área analítica, ambiental, instrumental en cursos de química general (que incluyen conceptos que se estudian en las escuelas secundarias) y en cursos de bioquímica. Independientemente del enfoque se busca preparar al estudiante para los desafíos globales y formar ciudadanos informados capaces de tomar decisiones y consientes del impacto de estas en el futuro (Nagarajan & Overton, 2020).

Una de las orientaciones más mencionadas de los proyectos utilizados es la ambiental, en el estudio realizado por Hugerat (2020) los aprendizajes se orientaron hacia la sostenibilidad promoviendo la formación y conservación ambiental al mismo tiempo que la enseñanza de habilidades cognitivas propias de la química. Uno de los proyectos realizados en la investigación, fue la creación de una villa solar en el patio del colegio, para aprender sobre energías alternativas y aumentar el deseo de construir un futuro sostenible. Como parte del proyecto los estudiantes probaron la presencia de gases inflamables y propusieron y

balancearon reacciones químicas para la electrolisis del agua. Este proyecto permitió incentivar el pensamiento crítico y la creatividad, una mejor planeación y ejecución de investigaciones y motivar hacia el conocimiento de la naturaleza y velar por su preservación. Además, al socializar el proyecto, diferentes miembros de la comunidad educativa se interesaron por implementar esta metodología en otras áreas.

Otro enfoque muy utilizado desde la parte ambiental es el control en la calidad del agua, la medición y la importancia de parámetros como el efecto de la concentración de iones nitrato, amonio, fosfatos, entre otros en la calidad del agua ha sido utilizado en estudios educativos que usan el ABP. Los proyectos alrededor de la identificación y cuantificación de contaminantes y pesticidas, ayudan a mejorar los desempeños y a dar un mejor contexto en las clases de química analítica. Desde la química ambiental se pueden analizar casos como la legislación ambiental de las industrias, contaminación de sistemas acuáticos y atmosféricos y su efecto en las actividades humanas (Nagarajan & Overton, 2020). El aprendizaje basado en problemas es una metodología que también usa contextos significativos de los estudiantes y el mundo para generar conocimientos que van más allá de lo conceptual e incentivar algunas habilidades de pensamiento, Cessna, Kishbaugh, Neufeld, & Cessna (2009) enfatizan en el uso de la fitorremediación como un tema interdisciplinario que puede aplicarse en el estudio de la química. A través de un proyecto de laboratorio contextualizado en la fitorremediación para remover cobre del suelo se enseñaron conceptos termodinámicos de química general como equilibrio, entalpía, entropía y energía libre de Gibbs. Hopkins & Samide (2013) también reportan el uso de proyectos en un laboratorio de química usando la remediación ambiental como contexto para permitir que los estudiantes diseñaran procedimientos experimentales, analizaran datos y compartieran sus resultados.

Por otro lado, el uso de tecnologías acompañando el aprendizaje basado en proyectos que permiten aprender de manera independiente y mejorar las habilidades en química (Nainggolan, Hutabarat, Situmorang, & Sitorus, 2020), aunque pocos estudios investigan los proyectos acompañados de espacios de simulación. Las simulaciones en química ofrecen una visualización mucho más clara y gráfica de los procesos submicroscópicos, ayudando a mejorar la comprensión de conceptos alrededor de la naturaleza de la materia. Li, Donnelly-Hermosillo, & Click (2022) utilizaron un marco de integración constructivista del

conocimiento para implementar la simulación en un proyecto de diseño de una unidad de desalinadora virtual con esto se buscó profundizar en conceptos como transferencia de calor, solubilidad y concentración. Los participantes del estudio valoraron positivamente la unidad ya que les permitió explorar habilidades que podían usar en situaciones reales, además de ayudar a sobrellevar la frustración, aprender de los errores (habilidad que también han reportado los autores Lou, Chou, Shih, & Chung (2017)), divertirse más que en las clases tradicionales y aprender a largo plazo. Nainggolan, Hutabarat, Situmorang, & Sitorus (2020) afirman que el uso de programas virtuales de aprendizaje mejora la autonomía en el aprendizaje y las habilidades investigativas; sin embargo, los estudiantes no disfrutaron permanecer todo el tiempo frente al computador por lo que se necesita combinar la parte tecnológica con experiencias prácticas, aunque el uso de tecnologías ofrece mayor seguridad comparado con algunas actividades de laboratorio (Li, Donnelly-Hermosillo, & Click, 2022). En cuanto al aprendizaje del concepto de solubilidad, al usar las simulaciones combinadas con proyectos se obtienen mejores resultados que al usar solamente simulaciones, esto puede suceder ya que las simulaciones ayudan a conectar los conceptos desde la parte submicroscópica con los proyectos en la parte macroscópica. Los autores recomiendan para próximos estudios enfocarse en un solo concepto y así lograr mejor resultados.

Por último, a través de la unión entre el enfoque STEM y el aprendizaje basado en proyectos se obtienen excelentes resultados. Este enfoque permite aplicar conocimientos y habilidades relacionadas con disciplinas científicas y tecnológicas para resolver problemas reales y permite relacionar la teoría con actividades prácticas. Una de las principales ventajas del método es la interconexión que se realiza entre varias disciplinas que normalmente se enseñan de manera aislada. Lou, Chou, Shih, & Chung (2017) implementaron este método y en su análisis afirman que mejoraron las habilidades de comunicación y expresión, trabajo en equipo, las habilidades de planeación e implementación y la productividad. También se dio un aprendizaje significativo de la ciencia, se mejoró la capacidad de innovación y de resolver problemas.

5.4 Metodología

5.4.1 Tipo de investigación

El enfoque de la investigación a realizar será de tipo cualitativo de corte descriptivo-comprensivo. Los estudios previos serán determinantes para el diseño y la aplicación de las actividades posteriores. Los resultados de las pruebas diagnósticas pueden llevar a contemplar la realización de cambios en los instrumentos que se van a implementar. Se reconoce que cada individuo tiene su propia realidad y que a partir de sus experiencias construye conocimiento. Por ello, no se pretenden generalizar los resultados ya que estos dependen del tipo de población y del entorno de los estudiantes (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014).

El estudio se pretende realizar en el grado noveno de la institución educativa Nuestra Señora de la Consolación del municipio de Toro (Valle), la población está conformada por 35 estudiantes, 20 de las cuales son mujeres y 15 son hombres, todos provenientes la zona rural y urbana de Toro.

5.4.2 Fases de estudio

El estudio estará dividido en tres fases, a saber, en la primera se recogerá la información inicial y se diseñarán los instrumentos de intervenciones, en la segunda se llevará a cabo la intervención mediante la metodología de ABP y se recopilará la información en todo el proceso, finalmente, en la fase tres se recogerá la información final y se elaborará el documento final, a continuación, se describe cada fase en detalle.

5.4.2.1 Fase diagnóstica

En esta fase se busca conocer los modelos explicativos en torno al concepto de disolución y se caracterizarán las competencias científicas de los estudiantes. Los instrumentos que se diseñarán deben permitir analizar otras concepciones relacionadas como la conformación de la materia y los cambios físicos y químicos, ya que la revisión muestra que estos conceptos son de gran influencia en la comprensión de las disoluciones.

Para conocer estos presaberes se aplicarán preguntas abiertas y de opción múltiple, basadas en un proyecto que se deberá desarrollar en grupos de estudiantes, el proyecto estará dividido

en diferentes momentos. En la primera parte del proyecto se llevará a cabo la elaboración de compostaje a partir de residuos orgánicos aprovechables del restaurante escolar, allí los estudiantes deberán discutir sobre los tipos de mezclas y los cambios que sufre la materia en el proceso de descomposición. Posteriormente, para identificar los modelos explicativos sobre las disoluciones, los estudiantes deberán preparar y aplicar a la composta soluciones de sulfatos que acelerarán el proceso de compostaje. A través de estas actividades se debe guiar el análisis hacia la interacción y conformación de las partículas en las soluciones que se usen. También se buscará conocer la forma en la que los estudiantes interpretan la concentración de una solución a través de situaciones cercanas a su realidad que hagan más fácil la interpretación de las preguntas.

5.4.2.2 Fase de intervención

A partir de las ideas previas encontradas en la fase diagnóstica se diseñarán las actividades posteriores a realizar. Primero se deberán implementar actividades que permitan superar las dificultades conceptuales encontradas. En la segunda parte del proyecto se busca construir el conocimiento de forma colectiva a través de actividades experimentales, consultas, discusiones guiadas y talleres propositivos. Se utilizarán las TIC como medio para discutir de forma grupal lo que sucede a nivel submicroscópico en el proceso de disolución.

El docente guiará el enfoque del proyecto, que consistirá en utilizar los lixiviados obtenidos del compostaje realizado en la fase diagnóstica, para preparar soluciones de diferente concentración e indagar sobre el efecto de estas en el crecimiento de algunas plantas. De esta manera se pretende que los estudiantes analicen las relaciones cuantitativas entre solutos y solventes, además de fortalecer sus habilidades investigativas. Cada grupo evaluará variables como el tamaño de la hoja, de la raíz, el tallo, entre otras, al finalizar el proyecto deberán compartir su proceso de investigación y sus resultados con los demás compañeros, con el fin de mejorar sus habilidades comunicativas. Durante todo el proceso se realizarán actividades encaminadas a recopilar información tanto sobre lo conceptual como sobre las competencias científicas, dichos instrumentos serán escritos, grabaciones de las discusiones grupales y de las actividades realizadas.

5.4.2.3 Fase de evaluación final

Para evaluar los aprendizajes adquiridos y el cambio en los modelos explicativos se realizará un cuestionario de opción múltiple, se deberán comparar estos resultados con los resultados de las actividades de la fase diagnóstica. La evaluación permanente de todas las actividades permite conocer las debilidades y las fortalezas de la propuesta, así como el alcance y los aspectos por mejorar.

5.5 Resultados esperados

Dada la naturaleza del presente documento, se pretendía ir un paso más allá de la revisión y aprovechar la información recopilada en la misma para formular la propuesta objeto de este capítulo final. Dicha propuesta será ejecutada a futuro y como resultados se espera:

- Recopilar información sobre concepciones alternativas y obstáculos de aprendizaje sobre el tema de disoluciones en entornos mixtos (rural-urbano)
- Evaluar el impacto de la metodología ABP en dichas concepciones
- La escritura de un nuevo documento con los resultados de la ejecución de esta propuesta, para ser publicado en una revista especializada
- Socializar los resultados con la comunidad educativa del colegio y de otras instituciones

6 Referencias

- Abraham, M. R., Grzybowski, E. B., Renner, J. W., & Marek, E. A. (1992). Understandings and Misunderstandings of Eighth Graders of Five Chemistry Concepts Found in Textbooks. *Journal of research in science teaching*, 105-120.
- Acevedo, M. A., Cañada, F. C., Martín, J. S., & Borrachero, A. B. (2017). Las ideas previas sobre cambios físicos y químicos de la materia, y las emociones en alumnos de educación secundaria. *Enseñanza de las ciencias, n.º extraordinario*, 3977-3983.
- Agudelo, M. A. (2017). *Diseño de una unidad didáctica interactiva a través de un objeto virtual de aprendizaje (OVA) para la enseñanza y aprendizaje del concepto de disoluciones en el grado noveno*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.
- Alcaldía de Toro. (01 de 04 de 2022). *Toro, Valle*. Obtenido de <http://www.toro-valle.gov.co/>
- Álvarez, M. C. (2015). *Diseño de un proyecto de aula para la enseñanza del tema de disoluciones en noveno grado de la institución educativa Doce de Octubre*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959-975.
- Arias, J. (2017). Problemas y retos de la educación rural colombiana. *Educación y ciudad*, 53-62.
- Avilan, N. (2018). *El aprendizaje por indagación, una estrategia didáctica para la enseñanza y el aprendizaje de las disoluciones químicas*. Bogotá: Universidad externado de Colombia.
- Baldeón, L. A. (2015). *Diseño de una cartilla contextualizada de experimentos para la enseñanza de disoluciones, con metodología de aprendizaje activo para estudiantes de grado décimo del colegio Los Alpes I.E.D.* Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

- Bell, S. (2010). Project-Based Learning for the 21st Century: Skills for the Future. *The Clearing House*, 83:2, 39-43.
- Bello, S. (2004). Ideas previas y cambio conceptual. *Educación química*, 210-217.
- Berg, K. d. (2012). A study of first-year chemistry students' understanding of solution. *Chemistry Education Research.*, 8-16.
- Betancourth, J., & Ortiz, M. (2011). *Aproximación al estado del arte sobre la argumentación en la enseñanza de las ciencias (2005-2010)*. Cali: Universidad del Valle.
- Bueno, R. (2013). *Diseño e implementación de una metodología didáctica para la enseñanza aprendizaje del tema soluciones químicas, mediante las nuevas tecnologías: Estudio de caso en el grado 10° de la Institución Educativa Fe y Alegría del barrio popular 1, ciudad de Medellín*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Buitrago, Y. D. (2012). *Las habilidades del pensamiento, el aprendizaje significativo, las soluciones químicas y la solución de problemas interactuando en un proceso de investigación de aula*. Sede Orinoquía: Universidad Nacional de Colombia.
- Çalik, M., Ayas, A., & Coll, R. K. (2009). Investigating the effectiveness of an analogy. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 651-676.
- Calik, M., Ayas, A., Coll, R. K., Unal, S., & Costu, B. (2007). Investigating the Effectiveness of a Constructivist-based Teaching Model on Student Understanding of the Dissolution of Gases in Liquids. *Journal of Science Education and Technology*, 257-270.
- Calyk, M., Ayas, A., & Ebenezer, J. (2005). A Review of Solution Chemistry Studies: insight into student's conceptions. *Journal of Science Education and Technology*, 29-50.
- Çalik, M. (2005). A cross-age study of different perspectives in solution chemistry from junior from senior high school. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 671-696.

- Carrero, M., & Gonzalez, M. (2017). La educación rural en Colombia: experiencias y perspectivas. *Espacio estudiantil*.
- Cessna, S. G., Kishbaugh, T. L., Neufeld, D. G., & Cessna, G. A. (2009). A Multiweek, Problem-Based Laboratory Project Using Phytoremediation to Remove Copper from Soil. *Journal of Chemical Education* Vol. 86 No. 6, 726-729.
- Chang, R., & College, W. (2002). *Química 7ª edición*. México: McGraw-Hill Interamericana editores SA.
- Cheng-Huan, C., & Yong-Cih, Y. (2019). Revisiting the effects of project-based learning on students' academic achievement: A meta-analysis investigating moderators. *Educational Research Review* 26, 71-81.
- Chi, M., & Roscoe, R. (2002). The process and challenges of conceptual change. *Reconsidering conceptual change. Issues and theory and practice*, 3-27.
- Cobo, J. (2015). *El concepto de disolución en contextos de diversidad cultural (tesis de maestría)*. Popayán: Universidad del Cauca.
- Córdoba, J., Ferregrino, V., Reza, J., Ortiz, L., & Dosal, M. (2010). Razones para "concentrarse" en las razones. *Educación química. Universidad nacional autónoma de México*, 33-39.
- Craig, K. (1943). The nature of explanation. En K. Craig, *Hypothesis on the nature of thought*. Cambridge: Cambridge University. 51-61.
- Devetak, I., Vogrinc, J., & Glažar, S. A. (2009). Assessing 16-Year-Old Students' Understanding of Aqueous Solution at Submicroscopic Level. *Research in Science Education*, 157-179.
- Ebenezer, J. V. (2001). A Hypermedia Environment to Explore and Negotiate Students' Conceptions: Animation of the Solution Process of Table Salt. *Journal of Science Education and Technology*, Vol. 10, No. 1, 73-92.

- Ebenezer, J., & Erickson, G. (1996). Chemistry Students' conceptions of solubility: a phenomenography. *Science education*, 181-201.
- Echeverry, S. (2018). *Diseño e implementación de una Unidad de Enseñanza Potencialmente Significativa (UEPS) para el aprendizaje de las disoluciones mediante las TIC*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.
- Eilks, I., Moellering, J., & Valanides, N. (2007). Seventh-grade Students' Understanding of Chemical Reactions: Reflections from an Action Research Interview Study. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 271-286.
- El Aprendizaje Basado en Problemas como técnica didáctica. (s.f.). *Las estrategias y técnicas didácticas en el rediseño*.
- Farré, A. S., Zugbi, S., & Lorenzo, G. (2014). El significado de las fórmulas químicas para estudiantes universitarios. El lenguaje químico como instrumento para la construcción de conocimiento. *Educación química vol.25 no.1*, 52-55.
- Fernández, J. A. (2008). *La química en el aula: entre la ciencia y la magia*. Colombia: Universidad Politécnica de Cartagena.
- Fundación Compartir. (09 de junio de 2019). 1.579 maestros fueron víctimas del conflicto en los últimos 60 años. *El tiempo*.
- Gagliardi. (1985). Los conceptos estructurales en el aprendizaje por investigación. *Investigación y experiencias didácticas*, 6.
- Gentner, D., & Stevens, A. (2014). *Some observations on mental models*. New York: Psychology press.
- Gobierno de Colombia. (29 de 03 de 2022). *Colombia, un país pluriétnico y multicultural*. Obtenido de Colombia.co: <https://www.colombia.co/pais-colombia/los-colombianos-somos-asi/colombia-un-pais-plurietnico-y-multicultural/#:~:text=En%20Colombia%20se%20dio%20la,descendientes%20de%20amerindios%20y%20negros>).

- Gómez, D. A., & Puentes, E. G. (2018). Unidades didácticas. Herramientas de la enseñanza. *Noria. Investigación educativa*, 42-47.
- González, R. (21 de 08 de 2022). *Doc player*. Obtenido de Guía 1. Soluciones químicas: <https://docplayer.es/210191823-Guia-n-1-unidad-1-quimica-soluciones-quimicas.html>
- Graciano, W. A. (2019). *Estrategia didáctica para la enseñanza de las disoluciones químicas mediante el proceso de aprendizaje significativo crítico*. Medellín: Universidad nacional de Colombia.
- Greca, I. M., & Moreira, M. A. (1998). Modelos mentales, modelos conceptuales y modelización. *Caderno catarinense de ensino de física*, 107-120.
- Grupo educativo Helmer Pardo. (2021). *Informe histórico prueba saber 11°*. Toro, Valle del Cauca: Institución Educativa Nuestra Señora de la Consolación.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2006). Teaching and learning with analogies. *P. J. Aubusson et al. (eds.), Metaphor and Analogy in Science Education*, 11-24.
- Hasni, A., Bousadra, F., Belletête, V., Benabdallah, A., Nicole, M.-C., & Dumais, N. (2016). Trends in research on project-based science and technology teaching and learning at K–12 levels: a systematic review. *Studies in Science Education*, 199-231.
- Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, M. P. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill / Interamericana editores S.A.
- Hilton, A., Hilton, G., Dole, S., & Goos, M. (2013). Development and application of a two-tier diagnostic instrument to assess middle-years students' proportional reasoning. *Mathematics Education Research Journal*, 523-545.
- Hopkins, T. A., & Samide, M. (2013). Using a Thematic Laboratory-Centered Curriculum to Teach General Chemistry. *American Chemical Society and Division of Chemical Education, Inc*, 1162-1166.

- Hugerat, M. (2020). Incorporating Sustainability into Chemistry Education by Teaching through Project-Based Learning. *American Chemical Society*, Capítulo 7.
- Icfes. (2019). *Marco de referencia de la prueba de ciencias naturales saber 11°*. Bogotá: Dirección de evaluación, Icfes.
- Ipek, H., Kala, N., Yaman, F., & Ayas, A. (2010). Using POE strategy to investigate student teachers' understanding about the effect of substance type on solubility. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 648-653.
- Johnson-Laird. (1989). Mental models. En M. I. Posner, *Foundations of cognitive science*. 469-491. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology.
- Johnson-Laird. (1996). Images, models and propositional representations. En M. d. Vega, M. J. Intons, Johnson-Laird, M. Denis, & M. Marschark, *Models of visuospatial cognition*. 90-124. New York: Oxford University Press.
- Johnstone, A. H. (2006). Chemical education research in Glasgow in perspective. *Chemistry Education Research and Practice*, 49-63.
- Jong, D. (1998). Los experimentos que plantean problemas en las aulas de química: dilemas y soluciones. *Enseñanza de las ciencias*, 305-314.
- Kaldi, S., Filippatou, D., & Govaris, C. (2011). Project-based learning in primary schools: effects on pupils' learning and attitudes. *Education 3-13*, 35-47.
- Kelly, R. M., & Jones, L. L. (2007). Exploring How Different Features of Animations of Sodium Chloride Dissolution Affect Students' Explanations. *Journal of Science Education and Technology*, 413-429.
- Kelly, R. M., & Jones, L. L. (2008). Investigating Students' Ability To Transfer Ideas Learned from Molecular Animations of the Dissolution Process. *Chemical Education Research*, 303-309.

- L, L., & L, L. (1996). Cambios químicos y conservación de la masa...¿está todo claro? *Investigación y experiencias didácticas*, 171-174.
- Lamb, D. H. (2003). *Project based learning in an applied construction curriculum*. Tesis: California State University.
- Landau, L., Ricchi, G., & Torres, N. (2014). Disoluciones: ¿Contribuye la experimentación a un aprendizaje significativo? *Educación química, Universidad Autónoma de México*, 21-29.
- Lazarowitz, & Tamir. (1994). Research on using laboratory instruction in science. *Handbook of research on science teaching and learning*, 94-128.
- Li, M., Donnelly-Hermosillo, D. F., & Click, J. (2022). Comparing Simulation Sequencing in a Chemistry Online-Supported Project-Based Learning Unit. *Journal of Science Education and Technology*, 27-51.
- Liguori, L., & Noste, M. (2007). *Didáctica de las ciencias naturales: enseñar ciencias naturales*. Homo sapiens.
- Litwin, E. (1993). La investigación en el campo de la didáctica. *Educación*.
- Lou, S.-J., Chou, Y.-C., Shih, R.-C., & Chung, C.-C. (2017). A Study of Creativity in CaC2 Steamship-derived STEM Project-based Learning. *Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 2387-2404.
- Luengas, L., Guevara J., Sánchez G. (2009). ¿Cómo desarrollar un laboratorio virtual? Metodología de diseño. *Nuevas ideas en informática educativa*, 165-170.
- Madrid, D. E., Serna, Y. Q., & Vásquez, D. P. (2014). Unidades didácticas: un camino para la transformación de la enseñanza de las ciencias desde un enfoque investigativo. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 923-934.

- Madrid, J. C., Arellano, M., Jara, R., Merino, C., & Balocchi, E. (2013). El aprendizaje cooperativo en la comprensión del contenido "disoluciones". Un estudio piloto. *Educación química, 24*, 471-479.
- Marín, L., Prado, P., Camacho, S., Ospina, A., Vélez, C., & Adames, I. (2011). *Plan de educación rural*. Cali: Gobernación del Valle del Cauca.
- Mattox, A. C., & Reisner, B. A. (2006). What Happens When Chemical Compounds Are Added to Water? An Introduction to the Model–Observe–Reflect–Explain (MORE) Thinking Frame. *Journal of Chemical Education Vol 83 No.4*, 622-624.
- Medina, I. S. (2014). Estado del arte de las metodologías y modelos de los Objetos Virtuales de Aprendizaje (OVAS) en Colombia. *Entornos, No. 28*, 93-107.
- Mendez, D., & Castro, J. (2016). *La disolución como concepto estructurante en química. Una estrategia centrada en la modelización*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Ministerio de educación nacional. (2006). *Derechos básicos de aprendizaje. Ciencias naturales*. Bogotá, Colombia.
- Ministerio De Educación Nacional. (2018). *Plan Especial De Educación Rural Hacia El Desarrollo Rural y La Construcción De Paz*. Bogotá: Gobierno de Colombia.
- Moreira, M. A., Greca, I. M., & Palmero, M. L. (2002). Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza & aprendizaje de las ciencias. *Revista Brasileira de Investigación em Educação em Ciências*, 84-96.
- Mosquera, A. I. (2016). *Propuesta metodológica para la enseñanza de las unidades de concentración en disoluciones acuosas mediante la elaboración de prácticas de laboratorio con los estudiantes de grado undécimo de la Institución Educativa Santa Teresa de la ciudad de Medellín*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Nagarajan, S., & Overton, T. (2020). Promoting Systems Thinking Using Project- and Problem-Based Learning. *Journal of Chemical Education*.

- Nainggolan, B., Hutabarat, W., Situmorang, M., & Sitorus, M. (2020). Developing Innovative Chemistry Laboratory Workbook Integrated with Project-based Learning and Character-based Chemistry. *International Journal of Instruction Vol 13, No 3*, 895-908.
- Nappa, N., Insausti, J., & Sigüenza, F. (2005). Obstáculos para generar representaciones mentales adecuadas sobre la disolución. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias- Vol (2).Nº3*, 344-363.
- Nappa, N., Insausti, M. J., & Sigüenza, F. (2006). Construcción y rodaje sobre los modelos mentales generados sobre las disoluciones. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2-22.
- Neusa, C. P., Torres, A., & Enciso, S. I. (2009). Diseño y aplicación de una unidad didáctica para la enseñanza aprendizaje del concepto de disoluciones apoyada en un simulador de cultivos hidropónicos. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 1165-1170.
- Nieto, M. (2018). *Análisis bibliométrico (2008 – 2018) sobre las prácticas experimentales y su uso en la enseñanza de la química*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Palmero, M., Marrero, J., & Morreira, M. (2001). La teoría de los modelos mentales de Johnson-Laird y sus principios: una aplicación con modelos mentales de célula en estudiantes del curso de orientación universitaria. *Investigações em Ensino de Ciências*, 243-268.
- Parra, F. A. (2020). *Enseñanza de las ciencias en la escuela rural con las TIC: una mirada frente a los aportes para asumir este reto en las zonas rurales de Colombia*. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia.
- Ramírez, Á. I. (2009). *Pedagogía para aprendizajes productivos*. Bogotá: Ecoe ediciones.
- Raviolo, A., & Farré, A. (2020). Las representaciones de los estudiantes sobre el concepto de disoluciones. *Revista Debates em Ensino de química*, 97-113.

- Raviolo, A., Siracusa, P., Gennari, F., & Corso, H. (2004). Utilización de un modelo analógico para facilitar la comprensión del proceso de preparación de disoluciones. Primeros resultados. *Enseñanza de las ciencias*, 379-388.
- Rivera, J. d. (2019). *Las prácticas de laboratorio: una experiencia con sentido y significado para la enseñanza y aprendizaje de disoluciones*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.
- Ruiz, L., Blanco, Á., & Prieto, T. (2005). Las teorías de los alumnos y el progreso en la comprensión de las disoluciones. *Enseñanza de las ciencias*.
- Salazar, J. (2020). *Implementación piloto de un proyecto pedagógico productivo en básica secundaria a través de la piscicultura: el caso de las disoluciones*. Palmira, Valle del Cauca: Universidad Nacional de Colombia.
- Sanmartí, N. (2000). El diseño de unidades didácticas. En F. P. Palacios, & P. C. León, *Didáctica de las ciencias experimentales*. 239-265. Barcelona: Marfil.
- Segura, M. (2018). *Monografía: Tendencias investigativas sobre la enseñanza de la cinética química en clave de diversidad cultural y perspectiva de género. Periodo 2000 -2018*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Tacettin, P., Nurtac, C., Samih, B., & Omer, G. (2006). An Investigation of Effectiveness of Conceptual Change Text-oriented Instruction on Students' Understanding of Solution Concepts. *Research in Science Education*, 313-335.
- Tamayo, O. E. (2013). Modelización multidimensional en la didáctica de las ciencias. *Ix congreso internacional sobre investigación en didáctica de las ciencias*, 9-12, Girona.
- Thomas, J. W. (2000). *A review of research on project-based learning*. San Rafael, CA: Autodesk Foundation. Obtenido de Autodesk Foundation.

- Umbarila, X. (2014). *Dificultades de aprendizaje del concepto de disolución: un análisis crítico de su enseñanza y una propuesta de mejora (tesis de doctorado)*. Bogotá: Universidad Pedagógica.
- Valadines, N. (2000). Primary student teachers' understanding of the particulate nature of matter and its transformations during dissolving. *Chemistry Education Research and Practice.*, 249-262.
- Warfa, A.-R. M., Roehrig, G. H., Schneider, J. L., & Nyachwayad, J. (2014). Collaborative discourse and the modeling of solution chemistry with magnetic 3D physical models – impact and characterization. *The Royal Society of Chemistry*, 835-848.
- Warfa, A.-R. M., Roehrig, G. H., Schneider, J. L., & Nyachwaya, J. (2014). Role of Teacher-Initiated Discourses in Students' Development of Representational Fluency in Chemistry: A Case Study. *Journal of Chemical Education*, 784-792.
- Yang, C., Noh, T., Scharmann, L., & Kang, S. (2014). A Study on the Elementary School Teachers' Awareness of Students' Alternative Conceptions about Change of States and Dissolution. *Asia Pacific Education Researcher*, 683-698.