

CONFIGURACIÓN DEL PERFIL CONCEPTUAL DEL FENÓMENO DE LA
DISOLUCIÓN CON ESTUDIANTES DE LA LICENCIATURA EN QUÍMICA

LEYDI NALLELIT TORRES LOZANO

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
LICENCIATURA EN QUÍMICA
BOGOTÁ D.C
2020

CONFIGURACIÓN DEL PERFIL CONCEPTUAL DEL FENÓMENO DE LA
DISOLUCIÓN CON ESTUDIANTES DE LA LICENCIATURA EN QUÍMICA

LEYDI NALLELIT TORRES LOZANO

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR AL
TÍTULO DE LICENCIADA EN QUÍMICA

DIRECTORA: Dra. JULIE GESSELLE BENAVIDES MELO
CODIRECTORA: QUIRA ALEJANDRA SANABRIA ROJAS MDQ

Línea de Investigación Naturaleza de Las Ciencias (Ndc) y Diversidad Cultural
con Enfoque de Género
Grupo de Investigación Interinstitucional Química Computacional y
Sustentabilidad

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
LICENCIATURA EN QUÍMICA
BOGOTÁ D.C
2020

DEDICATORIA

A mi mamá, **Leydi Lozano** por estar conmigo, por enseñarme a crecer, por apoyarme y guiarme, por ser la base que me ayudó a llegar hasta aquí, sin ella nada de esto sería posible.

A mi ángel que desde el cielo me cuida y me orienta en el andar de la vida, **Elio Torres**.

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento muy cálido a mi directora de trabajo de grado **Quira Sanabria** por su acompañamiento durante este último año, tiempo en el cual he aprendido tanto en la didáctica como en la historia de las ciencias y aún en lo más importante, lo humano. Sin su orientación esto no sería posible.

Agradezco a cada una de las personas que me apoyaron, me incentivaron y se sintieron orgullosos de mi trabajo a lo largo de esta carrera universitaria, por cada palabra de fortaleza, por su fe depositada en mí, por todas las ayudas que hicieron que mantuviera en pie este sueño.

A todos los que hicieron posible la culminación de mi carrera universitaria con éxito.... ¡Mil gracias!

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	9
2. JUSTIFICACIÓN.....	11
3. DESCRIPCIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....	12
4. OBJETIVOS.....	14
4.1 OBJETIVO GENERAL	14
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
5. MARCO DE REFERENCIA.....	15
5.1 ANTECEDENTES.....	15
5.2 CAMBIO CONCEPTUAL	17
5.3 CONSTRUCTIVISMO CONTEXTUAL.....	18
5.4 TEORÍA DEL PERFIL CONCEPTUAL.....	19
5.5 REPRESENTACIONES SEMIÓTICAS EN EL PERFIL CONCEPTUAL.....	21
5.6 COMPROMISOS ONTOLÓGICOS Y EPISTEMOLÓGICOS.....	23
6. METODOLOGÍA	25
6.2 POBLACIÓN Y MUESTRA	25
6.3 ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN	26
6.3.1 ETAPA DE DELIMITACIÓN TEÓRICA:	26
6.3.2 ETAPA DE EVALUACIÓN.....	27
6.4 TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	28
6.4.1 LA ENCUESTA	28
6.4.2 MATRIZ DE CATEGORIZACIÓN DE ANÁLISIS.....	29
6.5 TRIANGULACIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	30
7. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	31
7.1. FUENTES DOCUMENTALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PERFIL CONCEPTUAL DE DISOLUCIÓN	32
7.1.1. DESARROLLO HISTÓRICO Y EPISTEMOLÓGICO DEL FENÓMENO DE LA DISOLUCIÓN.....	32
7.1.1.1 EL FENÓMENO DE LA DISOLUCIÓN EN EL NIVEL MOLAR	33
7.1.1.2 EL FENÓMENO DE DISOLUCIÓN A NIVEL MOLECULAR	35

7.1.1.3 EL FENÓMENO DE LA DISOLUCIÓN A NIVEL ELÉCTRICO-IÓNICO	40
7.1.1.4 COMPROMISOS ONTOLÓGICOS Y EPISTEMOLÓGICOS DE LA HISTORIA DEL FENÓMENO DE LA DISOLUCIÓN	43
7.1.2. CONCEPCIONES ALTERNATIVAS DEL CONCEPTO DISOLUCIÓN	45
7.1.2.1 COMPROMISOS ONTOLÓGICOS DE LAS CONCEPCIONES ALTERNATIVAS DEL FENÓMENO DE LA DISOLUCIÓN	51
7.1.3 ANÁLISIS DE LOS LIBROS DE TEXTO DE QUÍMICA GENERAL ..	52
7.2 PERFIL CONCEPTUAL DE DISOLUCIÓN LOS ESTUDIANTES PARTICIPANTES DE LICENCIATURA EN QUÍMICA	59
7.2.1 COMPROMISOS ONTOLÓGICOS Y EPISTEMOLÓGICOS DE LOS ESTUDIANTES DE LICENCIATURA EN QUÍMICA.....	60
7.2.2 ZONAS DEL PERFIL CONCEPTUAL	61
8. CONCLUSIONES	68
9. RECOMENDACIONES.....	70
10. BIBLIOGRAFÍA.....	71
11. ANEXOS	74

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Libros de texto de química general frecuentemente referenciados.....	29
Tabla 4. Significación del concepto disolución en 3 libros de texto de química general.....	55

LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Resultados de la encuesta sobre libros de texto frecuentemente referenciados en la enseñanza aprendizaje de la química	53

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Etapas de la investigación.	30
Figura 2. Triangulación de la información.	32
Figura 3. Estados de agregación propuestos por Platón	34
Figura 4. Representación gráfica de ácido y alkali según Nicholas Lémery	38
Figura 5. Tabla de afinidades de Étienne François Geoffroy	39
Figura 6. Representación de fuerzas intermoleculares en una disolución. Las moléculas de soluto nombradas con la letra B y el disolvente con la letra A. ...	62
Figura 7. Representación de la formación de una disolución saturada.....	63
Figura 8. Representación de la ósmosis.....	64
Figura 9. Relación de los modos de pensar de los estudiantes de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional en la zona molar.....	72
Figura 8. Relación de los modos de pensar de los estudiantes de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional en la zona molecular.	73
Figura 9. Relación de los modos de pensar de los estudiantes de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional en la zona eléctrica	74

LISTA DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración 1. Representación icónica de la Teoría de intersticios atómicos o de la licuefacción.	36
Ilustración 2. Modelo macroscópico de un estudiante.	47

Ilustración 3. Modelo microscópico de un estudiante.....	48
Ilustración 4. Modelo simbólico de un estudiante.....	48
Ilustración 5. Disposición de las moléculas en la disolución según concepciones alternativas de estudiantes.	49
Ilustración 6. Disolución de agua y azúcar.....	51

LISTA DE ECUACIONES

	Pág.
Ecuación 1. Determinación de pesos moleculares en la ley de Raoult.....	40
Ecuación 2. Neutralización según Arrhenius.....	¡Error! Marcador no definido.
Ecuación 3. Propiedades ácidas o básicas de las soluciones acuosas.	¡Error! Marcador no definido.
Ecuación 4. Presión osmótica de una disolución no electrolítica.....	41
Ecuación 5. Disociación de un ácido según Brønsted-Lowry.....	43
Ecuación 6. Fenómeno de anfoterismo según Brønsted-Lowry.....	44
Ecuación 7. Formación de enlace covalente entre ácido y base según Lewis..	44

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Encuesta sobre libros de texto de química general en el Departamento de Química de la Universidad Pedagógica Nacional	74
Anexo B. Cuestionario aplicado a estudiantes participantes de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional	75
Anexo C. Matriz de categorización de compromisos ontológicos y epistemológicos	77
Anexo D. Compromisos ontológicos, epistemológicos y zonas de la historia y epistemología del concepto disolución.....	45
Anexo E. Compromisos ontológicos, epistemológicos y zonas de las concepciones alternativas del concepto disolución.....	53
Anexo F. Compromisos ontológicos, epistemológicos y zonas del análisis de los libros de texto de química general.....	57
Anexo G. Compromisos ontológicos, epistemológicos y zonas del análisis de los estudiantes participantes de Licenciatura en Química	66

1. INTRODUCCIÓN

La propuesta de perfil conceptual emerge en la década de 1990 con Mortimer (1994, 1995) quien afirma que las personas atribuyen diferente significado a las palabras de acuerdo con la experiencia de uso y su idea general es la de la heterogeneidad del pensamiento verbal, la cual se sostiene en la siguiente afirmación: “*en cualquier cultura y en cualquier individuo no existe una forma de pensamiento homogéneo, sino diferentes tipos de pensamiento verbal*” (Tulviste, 1991, pág. 19). Lo anterior sugiere que en un individuo coexisten dos o más significados para la misma palabra, esto depende del sentido que se le atribuye en un contexto dado. En esta investigación los contextos estudiados serán en el lenguaje propio de la ciencia como en el lenguaje cotidiano.

En efecto, la heterogeneidad de modos de pensar que componen las aulas (Mortimer, 1994,1995) favorecen la visualización de los compromisos ontológicos y epistemológicos de los estudiantes con los que se cuenta al momento de la enseñanza de un concepto polisémico; de este modo, el perfil conceptual se compromete con la búsqueda de opciones para pensar la ciencia y, cuestiona las prácticas usuales de su enseñanza sobre todo cuando están interesadas en la transmisión de información y no en la construcción de conocimientos que enriquezcan la mirada de los estudiantes sobre el mundo natural, físico y sociocultural en donde se desenvuelven (Pedreros, 2015).

Por lo anterior para esta investigación, se decide configurar el perfil conceptual de disolución en estudiantes que se encuentran cursando primeros y últimos semestres del programa Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional, en primer lugar, porque de acuerdo con la primera aproximación a las fuentes bibliográficas solo se encuentra un estudio publicado de perfil conceptual para este término. En segundo lugar, porque dentro de la línea de investigación Naturaleza de las ciencias y diversidad cultural con enfoque de género, existe interés de ahondar en el estudio de los perfiles conceptuales de conceptos centrales en Química.

De acuerdo con lo anterior, este documento se organiza de la siguiente manera; primero se presenta el planteamiento del problema, luego los objetivos que orientan el desarrollo de la investigación y posteriormente, se presenta el marco de referencia en el cual se informa sobre algunos antecedentes que permiten reconocer el estado de la investigación de perfiles conceptuales a nivel nacional e internacional.

Adicionalmente se presentan brevemente los aspectos relevantes de los referentes teóricos en los que se ha fundamentado esta investigación, tales como cambio conceptual, constructivismo contextual, teoría del perfil conceptual, representaciones semióticas en el perfil conceptual y compromisos ontológicos y epistemológicos.

Luego, se describe la metodología de trabajo, la cual fue estructurada en dos etapas: la primera llamada delimitación teórica, con 3 fases en la que se realiza un estudio de fuentes primarias y secundarias sobre el desarrollo histórico del fenómeno de la disolución a lo largo de la historia de la humanidad, se analizan estudios que informen concepciones alternativas de los estudiantes sobre el término disolución, y por otro lado, un análisis de los libros de texto de química general frecuentemente referenciados, con el fin de establecer compromisos ontológicos y epistemológicos para la individualización de zonas conceptuales, finalmente la segunda etapa llamada de evaluación, en la que se recogen datos a través de un cuestionario a estudiantes que se encuentren iniciando y finalizando sus estudios de Licenciatura en Química en la Universidad Pedagógica Nacional, con el fin de identificar zonas conceptuales para la construcción del perfil conceptual. Así, en el apartado de resultados y análisis de resultados se trianguló teóricamente la información obtenida en las fuentes documentales para la presentación del perfil conceptual de los estudiantes participantes. Se culmina con las conclusiones y recomendaciones en función de los objetivos planteados.

2. JUSTIFICACIÓN

Las aulas son lugares sociales complejos, en los que un profesor intenta interactuar con 30 a 40 estudiantes con la intención de apoyarlos en el desarrollo de un punto de vista particular, en este caso, la educación científica (Mortimer & Scott, 2003), sin embargo, existe dificultad al generar nuevos significados en la enseñanza de las ciencias, considerando la diversidad de modos de pensar y hablar de los estudiantes para significar un concepto estructurante y semióticamente polisémico.

La teoría del perfil conceptual propone que para la enseñanza y aprendizaje de las ciencias se reconozca que para un concepto polisémico y estructurante en la ciencia existen diferentes modos de significar usados pragmáticamente bajo compromisos ontológicos y epistemológicos que individualizan zonas conceptuales apropiadas para cada contexto. Para el reconocimiento de estas zonas del perfil, el docente deberá contar con un conocimiento profundo del desarrollo histórico del concepto, que le permitirá identificar en que zonas se encuentran las concepciones alternativas de los estudiantes, y por medio de estrategias pedagógicas lograr enriquecer el espectro de ideas de los estudiantes.

De este modo, la elección del término disolución para esta aproximación al perfil conceptual de los estudiantes de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional, atiende a que es estructural en la Química y su complejidad conceptual se vincula con múltiples relaciones entre conceptos como la solubilidad, las fuerzas intermoleculares, las teorías ácido-base y los fenómenos electroquímicos, que significan heterogéneamente el fenómeno disolución. Dada esta variedad de modos de pensar que se relacionan con el término disolución, es necesario conocer las concepciones alternativas de los estudiantes y sistematizarlos en función de los compromisos ontológicos y epistemológicos identificados en el desarrollo histórico del fenómeno disolución, estudios sobre las concepciones alternativas de los estudiantes y el análisis de los libros de texto de química general esto con el fin de distinguir en que zonas se encuentran las ideas de los estudiantes y si se asemejan más los modos de pensar presentados en los libros de texto o en la génesis del concepto disolución.

Por tanto, esta investigación es una oportunidad para reconocer que en los estudiantes coexisten diversos modos de significar conceptos dependiendo del contexto, el docente a cargo de un grupo de estudiantes debe contar con un conocimiento amplio del desarrollo histórico del concepto a trabajar, con el objetivo de identificar en que zonas conceptuales se encuentran los estudiantes y por medio de estrategias pedagógicas, logre enriquecer el perfil conceptual de los estudiantes.

3. DESCRIPCIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

Desde la línea de investigación naturaleza de las ciencias (NdC) y diversidad cultural con enfoque de género, del grupo interinstitucional Química Computacional y sustentabilidad del programa de la Licenciatura en Química, se concibe el conocimiento como un producto cultural el cual se hace propósito de investigación, puesto que interesa las problemáticas que emergen cuando se discuten los imaginarios de los docentes a propósito de los saberes epistemológicos y ontológicos sobre su campo disciplinar, del cual escogen algunos aspectos teóricos como importantes cuando se trata de planear acciones de enseñanza para las nuevas generaciones. En este caso la lectura se hace desde la perspectiva epistemológica propuesta por Mortimer y El-Hani (2014) sobre los perfiles conceptuales, por ofrecer oportunidades para reconocer la coexistencia de formas de pensamiento y de comunicar propias de las personas que se especializan en un campo de saber.

Se aclara que el perfil conceptual es una teorización sobre cómo aprenden las personas, y sugiere metodológicamente que la modificación cognitiva inicia identificando concepciones alternativas de los sujetos las cuales se configuran a partir de experiencias cotidianas en las que se hace uso de los diferentes significados otorgados a un concepto en diferentes contextos. Lograr un enriquecimiento de la estructura cognitiva de un grupo de estudiantes sugiere que el profesor de ciencias, en este caso de química, posea un conocimiento profundo sobre la conformación histórica de un concepto central de la química y, por tanto, logre aprovechar este conocimiento para enriquecer los modos de pensar de sus estudiantes.

Luego de realizar una indagación bibliográfica preliminar sobre cómo se ha planteado la comprensión del fenómeno de las disoluciones acuosas, solo se encontró una publicación que aborda una aproximación al perfil conceptual por Sanabria (2019) quien plantea que se trata de un fenómeno complejo en el que se requiere abordar aspectos teóricos no menos complejos como el concepto de solución, la solubilidad, fuerzas intermoleculares, teorías de ácido-base y fenómenos electroquímicos, por medio de los cuales se ha tratado de explicar el fenómeno desde diversos contextos. Por lo anterior existe la oportunidad de enriquecimiento de un perfil conceptual sobre la disolución que se muestra como concepto y fenómeno a la vez. De este modo, el desafío planteado en este trabajo es la construcción de una aproximación al perfil conceptual de disolución en estudiantes que se encuentran iniciando y finalizando sus estudios académicos en el programa Licenciatura en Química, cumpliendo los requisitos sugeridos por Mortimer & El-Hani (2014).

Para dirigir las intencionalidades de esta investigación se propuso la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo transitan las representaciones semióticas en los estudiantes de la licenciatura en Química que permita configurar el perfil conceptual de disolución en ellos a partir de los compromisos ontológicos y epistemológicos documentados en fuentes de valor histórico y de consulta?

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Configurar el perfil conceptual de disolución a partir de los compromisos ontológicos y epistemológicos encontrados en las representaciones semióticas en estudiantes participantes de la Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Revisar y organizar el desarrollo histórico del fenómeno de la disolución en medios acuosos en función de las representaciones semióticas a partir de fuentes históricas confiables y de los libros de texto de química general.
- Establecer los compromisos ontológicos y epistemológicos que individualizan las zonas que conforman el perfil conceptual de la disolución en estudiantes participantes de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional.
- Identificar las relaciones entre los compromisos epistemológicos y ontológicos en el perfil conceptual configurado de los estudiantes participantes de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica.

5. MARCO DE REFERENCIA

5.1 ANTECEDENTES

Para la estructuración de la propuesta de investigación en el marco de la naturaleza de las ciencias sobre perfil conceptual en profesores en formación inicial, se reunió documentación relevante en un rango de 5 años (2014-2020), la cual corresponde con fuentes primarias provenientes de ejercicios investigativos publicados a propósito del tema de estudio. Las búsquedas se hicieron por medio de bases de datos como Redalyc, motores de búsqueda como Google Académico, una red social científica como ResearchGate y repositorios de la Universidad Pedagógica Nacional; Universidad Distrital Francisco José de Caldas y Universidad Federal Do Ceará, en idiomas como español, inglés y portugués, a través de las palabras: perfil conceptual y disolución, o, perfil conceptual y solución.

A continuación, se presenta la información que se seleccionó de acuerdo con los criterios ya mencionados.

Sanabria, Q (2019) en su trabajo titulado *aproximación al Perfil Conceptual de las Disoluciones Electrolíticas*, destaca la importancia en la formación histórica-filosófica de los docentes para la enseñanza de las ciencias, por tanto, su trabajo aporta reflexiones teóricas a tener en cuenta a la hora de considerar la enseñanza en una licenciatura en ciencias, por medio de aproximaciones a rastreos teóricos sobre las disoluciones electrolíticas que tienen gran valor en la comprensión del comportamiento de las sustancias y su trayectoria sociohistórica, resaltando el carácter polisémico, heterogéneo y disperso del concepto, en tres dominios, ontogenético, sociocultural e histórico.

El trabajo de Melquesedeque, F, Talanquer, V & Amaral, E (2019) titulado *Perfil Conceptual de Química: un marco para enriquecer el pensamiento y la acción en la educación química*, sostiene que se debe realizar un cambio en el currículo de la química escolar tradicional, en donde se reconozca el pluralismo en la disciplina y en la comprensión de la química. De esta manera, esta investigación se centra en crear una oportunidad para que los maestros se reconceptualicen en la disciplina y las formas en que los estudiantes aprenden química, analizado diferentes zonas en un perfil conceptual que permitan introducir perspectivas alternativas que cuestionen los puntos de vista convencionales sobre la enseñanza aprendizaje de la química.

Así mismo, López, W (2017), en su trabajo titulado *el Perfil Conceptual del Equilibrio Químico en estudiantes de educación*, considera que la relación del perfil conceptual con el proceso de enseñanza y aprendizaje, es a través del replanteamiento de diversas estrategias que ayuden a configurar representaciones semióticas de los conceptos asociados a equilibrio químico que sean más próximos a las interpretaciones científicas de los mismos. Es así como esta investigación buscó identificar las categorías que conforman el perfil conceptual del equilibrio químico en estudiantes universitarios de la licenciatura en Educación en la mención de Ciencias Físico Naturales, analizando la heterogeneidad de significados que tienen los estudiantes sobre este concepto, por medio de cuestionarios y entrevistas, que más tarde, permitió la construcción de un perfil conceptual por participante. En este mismo sentido, se identificó que las palabras “igualdad”, “compartimentada” y “estequiometría” abarcaban grandes zonas de la interpretación que actuaron como obstáculos en la construcción de nociones científicas más apropiadas para la comprensión del fenómeno mencionado, por lo que concluyeron sobre la necesidad de diseño de estrategias que conlleven a desarrollar niveles de abstracción mejor estructurados para la comprensión de equilibrio químico en las dimensiones fisicoquímicas del mismo.

Por otro lado, Pedreros, R (2015) destaca la relación existente entre los conglomerados de relevancia y los perfiles conceptuales en su trabajo titulado *Perfil Conceptual de Calor y conglomerados de relevancias en comunidades culturalmente diferenciadas*, en el que reconoce la diversidad y heterogeneidad de los modos de pensar y hablar sobre el calor en estudiantes de formación inicial ciencias de la Universidad del Cauca en Colombia, reconocidos como comunidades culturalmente diferenciadas; para el desarrollo de la investigación, la entrevista semiestructurada y las narraciones fueron las técnicas de recolección de información que permitieron identificar y caracterizar cinco zonas del perfil conceptual de calor (realista, animista, sustancialista de las sensaciones y racionalista) para luego, configurar el perfil de calor, que permitió identificar los compromisos epistemológicos y ontológicos para su posterior análisis de conglomerados de relevancia.

Simonetti, M (2014) en su trabajo titulado *niños “en la sombra del concepto” Perfil Conceptual de Gravedad*, tienen como objetivo construir un perfil conceptual con las concepciones de niños de cuatro y cinco años, abordando el perfil conceptual como herramienta teórica y metodológica para analizar la heterogeneidad de las formas de pensar y hablar de este concepto. De este modo, el estudio se centró en trabajar sobre tres dominios genéticos: dominio sociocultural, ontogenético y micro genético, a través de un estudio de caso exploratorio de los discursos de los niños sobre por qué caen cosas; así, se identificaron tres zonas: internalista, externa lista y compositiva.

Por lo anterior, se encuentra que los autores trabajan y reconocen los dominios propuestos por Mortimer & El-Hani (2014) a saber: sociocultural, ontogenético y micro genético, en cuanto a los procesos metodológicos coinciden en comenzar por el análisis de las concepciones alternativas de los estudiantes y posteriormente hacer la identificación de zonas conceptuales por medio de la implementación de cualquiera de estos recursos; entrevistas semiestructuradas, cuestionarios y narraciones ya sea combinando técnicas o usando todas ellas al tiempo. De acuerdo con los antecedentes encontrados es infiere escases de estudios en perfil conceptual en Colombia, lo que demuestra la importancia de la investigación en este campo de estudio.

De este modo, se presentan los aspectos teóricos más relevantes en el estudio de perfiles conceptuales: que corresponden a un estudio de fuentes primarias y secundarias de la historia del concepto en cuestión.

5.2 CAMBIO CONCEPTUAL

Se entiende por cambio conceptual de acuerdo a lo que plantea Posner & Strike (1985) como el proceso por el cual los individuos reestructuran un contenido o una idea sobre un determinado aprendizaje relacionándolo con las ideas previas que tienen sobre ese contenido, y según los teóricos y puristas para que dicho cambio sea evidente y se pueda lograr en términos de conceptos, contenidos, conocimientos y significados es menester que los individuos sientan insatisfacción frente a la idea que se posee acerca del tema que está siendo abordado y en mayor medida que exista una predisposición para que el cambio se realice. Sin caer en idealismo ni en rayar con lo utópico se insiste en la necesidad de generar opciones y oportunidades para que los estudiantes expliciten y exterioricen sus ideas alternativas, todas y cada una de las nociones o como se les suele conocer también como niveles epistemológicos y teorías implícitas (Angulo, 2012).

El proceso de modificación de las concepciones previas se da a través de la asimilación y acomodación. La *asimilación* en el cambio conceptual consiste en el proceso mediante el cual los estudiantes utilizan sus ideas para explicar nuevas situaciones, ya sea en forma adecuada o inadecuada. En esta fase del aprendizaje, los estudiantes recurren a sus conceptos *previos* y formulan diversas soluciones a problemas planteadas.

Sin embargo, cuando las concepciones existentes no dan respuesta satisfactoria a los problemas o se generan contradicciones claramente notables para el estudiante, surge una especie de inconformidad que hace que el estudiante tenga que revisar

sus explicaciones y buscar nuevas formas de razonar. Este proceso se considera como de insatisfacción y es allí también donde el profesor deberá intervenir constantemente para que tales dificultades explicativas logren ser tan significativas que impliquen la construcción de nuevas formas de entender: esta es la fase de *acomodación* (Valencia & Zarate, 2012).

No obstante, Mortimer (1995) introdujo la teoría de perfil conceptual como alternativa a la teoría de cambio conceptual, toda vez que favorece la explicación sobre la construcción de un concepto científico como el resultado que proviene del proceso de enseñanza teórica que aproxima la versión inicial de los estudiantes sobre un asunto de comprensión de los fenómenos naturales a los sistemas de representación teórica conocidos en el campo de la disciplina, lo cual los haría expertos en el campo disciplinar. Es decir, que los estudiantes deben abandonar o subsumirse en el proceso de enseñanza. Solo unos pocos autores han reconocido explícitamente la imposibilidad de efectuar este tipo de cambio como algo que se produce como última consecuencia del ejercicio de la enseñanza. Es decir que hay poca probabilidad de un reemplazo de las ideas iniciales del estudiante, además de demostrar que el proceso de construcción del significado no siempre sucede a través de una acomodación de marcos conceptuales previos frente a nuevos eventos.

De este modo, la propuesta de perfil conceptual se aproxima al constructivismo contextual el cual se expone a continuación:

5.3 CONSTRUCTIVISMO CONTEXTUAL

La idea básica de la instrucción científica para el cambio conceptual, es decir, el modelo de cambio conceptual es simple, se basa en la noción constructivista de que todo aprendizaje es un proceso de construcción personal y que los estudiantes, dada la oportunidad, construyan una concepción científicamente ortodoxa de los fenómenos físicos (Posner, Strike, Hewson & Gertzog, 1982).

La construcción de nuevos conocimientos de acuerdo con Cobern (1993) se lleva a cabo en un contexto cultural creado. Por ejemplo, es determinante tener presente la clase social y económica, la religión, la ubicación geográfica, el origen étnico y el idioma puesto que estos elementos son constitutivos de los modos de pensar e imaginar el mundo. En este sentido se asume que un constructivismo contextual es la suposición empírica lógica de que las ideas de los estudiantes deben medirse en última instancia contra las concepciones de la ciencia.

De este modo, la teoría constructivista del aprendizaje tiene en consecuencia, el requisito de que los contenidos se enseñen de tal manera que, en cada contexto particular, la probabilidad de participación activa de los alumnos sea maximizado, ya que cuando esto ocurre es más probable que tengan éxito en el trabajo intelectual necesario para la construcción y reconstrucción de significados (El-Hani & Bizzo, 2002).

En este sentido, el constructivismo contextual toma el concepto de *cosmovisión*, correspondiente a la organización fundamental de la mente de un individuo, incluido un conjunto de supuestos subyacentes a sus acciones, sus pensamientos, sus disposiciones, sus juicios, entre otros. Estas suposiciones tienen aspectos tanto ontológicos como epistemológicos, que constituyen criterios para la apreciación de qué ideas se consideran válidas y relevantes, o, en otros términos, tienen fuerza y alcance para el individuo. Dentro de este marco, la siguiente cita reafirma lo anterior: *“Se dice que un concepto o creencia tiene fuerza si ocupa una posición central más que marginal en el pensamiento del individuo y, cuando resulte relevante para él en una variedad de contextos”* (Cobern, 1996, pág. 580).

Así mismo, una de las tesis fundamentales del constructivismo contextual, que contempla la teoría de perfil conceptual, es que los estudiantes, cualquiera sea su origen, traen al aula su propia visión del mundo, producida a través del contacto con su cultura primero; dicha visión contemplada como concepciones alternativas, permite enriquecer el espectro de ideas que tiene para comprender un sistema teórico.

Sin más preámbulo, a continuación, se hace una aproximación a la teoría de perfil conceptual.

5.4 TEORÍA DEL PERFIL CONCEPTUAL

A mediados de la década de 1990, Mortimer (1994, 1995), introdujo los perfiles conceptuales como formas de modelar la heterogeneidad del pensamiento y el habla en las aulas de ciencias. La inspiración vino en ese momento del perfil epistemológico de Bachelard (1940), solo que se añadieron algunas características a la idea de este filósofo para construir perfiles conceptuales para la investigación de la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia, tales como la caracterización de los perfiles sobre la base de aspectos ontológicos y epistemológicos, no sólo en términos de escuelas filosóficas de pensamiento, como en la idea original, sino que

también se atribuyó valor a la conciencia de los estudiantes sobre sus propios perfiles conceptuales.

En los años siguientes, las bases filosóficas de la teoría del perfil conceptual se alejaron de las ideas de Bachelard (citado en Mortimer & El-Hani, 2014), tomando como objetivo general para la construcción de un perfil conceptual la heterogeneidad de las formas de hablar y pensar, reconociendo que existen conceptos polisémicos y que son usados en el lenguaje cotidiano y científico, la interpretación del mismo dependerá del contexto en el que se encuentre o se use; rechazando de este modo, la teoría de cambio conceptual de Posner, Strike, Hewson y Gerzog (1982), en el que se propone romper con las concepciones alternativas del estudiante, como requisito para aprender conceptos científicos.

De otra parte, en los perfiles conceptuales se busca reconocer la coexistencia, en el individuo, de dos o más significados para la misma palabra. La manera en que se accede dependerá del valor pragmático en el contexto apropiado; es decir, que, en los perfiles conceptuales, la evolución conceptual no es entendida como la sustitución de las concepciones previas de los aprendices por ideas científicas, sino como un enriquecimiento del espectro de ideas que se dispone para la comprensión de un asunto dado (Mortimer & El-Hani, 2014).

El aporte de esta perspectiva teórica en lo referido a la enseñanza de las ciencias está vinculado al uso del lenguaje cotidiano en contextos en los que muestra valor pragmático, conservando significados que a veces están en desacuerdo con las ideas científicas. Las dificultades en la enseñanza de la ciencia se derivan de este hecho, especialmente cuando hablamos de concepciones alternativas que son resistentes al cambio. La teoría del perfil conceptual enfrenta esta dificultad al enfatizar tanto la diversidad de pensamiento y discurso como la importancia de la demarcación entre los contextos apropiados de aplicación de diferentes modos de pensar y hablar. Es por esta razón que el objetivo metacognitivo de tomar conciencia de la multiplicidad de modos de pensamiento y sus contextos de aplicación es una de las mayores preocupaciones en este enfoque. Cuando un estudiante entiende cuales son las características de su perfil conceptual sobre un concepto dado, se espera que también comprenda que no todas las características identificadas son igual de poderosas cuando se trata de usarlas para resolver problemas particulares. Desde esta perspectiva, aprender ciencia es también aprender sobre los contextos en los que el modo de pensar científico es la opción más apropiada y convincente cuando se plantea una solución o una explicación sobre algún fenómeno, problema, que se hace propósito de estudio (Mortimer & El-Hani, 2014).

Según Pedreros (2015), entre las características importantes de los perfiles conceptuales, se identifican las siguientes:

- Distinción entre las características ontológicas y epistemológicas de cada zona del perfil, dado que, al tratar con el mismo concepto, cada zona del perfil podría ser epistemológica y ontológicamente diferente de otras, ya que estas dos características del concepto pueden cambiar en la medida que se mueva a través del perfil. Esta distinción entre aspectos epistemológicos y ontológicos es importante, porque muchos de los problemas de los aprendizajes de conceptos científicos se han relacionado con la dificultad de cambiar las categorías ontológicas de las cuales los conceptos son designados.
- La toma de consciencia por el estudiante de su propio perfil desempeña un papel importante en el proceso de enseñanza y aprendizaje. Este aspecto sería suficiente para explicar ciertos resultados de la literatura que cuestionan la interpretación usual del cambio conceptual como sustitución de las preconcepciones por conceptos científicos (Mortimer, 2004).
- Los conocimientos científicos no son determinados por escuelas filosóficas de pensamiento, pero sí por los compromisos epistemológicos y ontológicos de los individuos. Como las características individuales están fuertemente influenciadas por la cultura, podemos definir el perfil conceptual como un sistema supraindividual de formas de pensamiento que puede ser atribuido a cualquier individuo dentro de una misma cultura. A pesar de que cada individuo posea un perfil conceptual diferente, las categorías con las cuales son estudiados son las mismas para cada concepto. La noción de perfil conceptual es dependiente del contexto, una vez que es fuertemente influenciada por las experiencias distintas de cada individuo, y depende del contenido, ya que para cada concepto en particular se puede establecer un perfil diferente.

5.5 REPRESENTACIONES SEMIÓTICAS EN EL PERFIL CONCEPTUAL

El Perfil Conceptual se constituye en una herramienta para la evaluación del discurso estructurado en torno a la relación de los modos de pensar y hablar (Mortimer, 2001) y pueden ser abordados en términos de lenguajes sociales y géneros de habla de Bakhtin (1981, 1986, 1993). Estas nociones Bakhtinianas de género del habla y lenguaje social son útiles para encontrar formas de relacionar

diferentes modos de pensar en las zonas de un perfil conceptual, con diferentes formas de hablar (Mortimer & El-Hani, 2014).

Los géneros del habla y los lenguajes sociales son dos formas de estratificación del lenguaje que aseguran su heterogeneidad; de este modo, se entiende el lenguaje como un conjunto de interacciones que median una acción social realizada por los usuarios que mantienen relaciones dialógicas. Por eso se ocupa de lo cotidiano, lo habitual, el modo corriente y diario de hablar. La condición humana se plasma y se concreta en el lenguaje, recuperando al sujeto como en la interacción verbal y valorando su objetividad (Ziegler, Lenz, & Pires, 2001).

Sin el lenguaje no hay nada, ni siquiera conciencia o sensación, porque éstas son expresadas por medio de los actos de habla. Es un vehículo de significados y su función fundamental es la comunicación. El lenguaje es una práctica social y como tal se materializa y concreta en el diálogo, esto es, en un intercambio e interacción comunicativa entre personas, que se produce en un contexto determinado. Este diálogo tiene su razón social en la medida que se articula a través de la 'comunicación dialógica', en cuanto a que, la combinación de un hablante y un oyente intercambian enunciados, entendiendo como tales expresiones que se transmiten ambos protagonistas, que forman parte de las cadenas de habla establecidas en la vida cotidiana (Marrero & Rodríguez, 2007).

De este modo, la comunicación dialógica implica el encuentro y la incorporación de las voces de otros en un contexto determinado, de tal modo, que esto provoque una actividad mental; por eso, el diálogo representa una multiplicidad de voces, una polifonía, que orientan hacia la respuesta. En este sentido, en el enriquecimiento del espectro de ideas de los estudiantes sobre un concepto determinado, el profesor orienta su habla hacia la explicitación de algunas respuestas de los estudiantes que de otra manera quedan implícitas. Lo anterior, se sostiene en la siguiente afirmación: *“Tanto el lenguaje interior como el exterior se encuentran igualmente orientados hacia el otro, hacia el oyente. Tanto el hablante como el oyente son participantes conscientes del acontecimiento de la enunciación y ocupan en él posiciones interdependientes”* (Bakhtin, 1993, pág. 243).

En síntesis, al hablar de lenguaje social, como discurso específico de la sociedad (profesional, grupo de edad, etc), se debe tener en cuenta, que *“Todos los idiomas sociales son puntos de vista específicos sobre el mundo, formas para conceptualizar el mundo en palabras, visiones del mundo específico, cada uno caracterizado por sus propios objetos, significados y valores (...) como tal se encuentran entre sí y co-existen en la conciencia de la gente real”* (Bakhtin, 1981, pág. 291).

Así, mientras que el lenguaje social está relacionado con un punto de vista específico, determinado por una posición social y/o profesión, el género del discurso está relacionado con el lugar social e institucional donde se procede el discurso. Esto está de acuerdo con las teorías socioculturales sobre la acción humana, que afirman que todos compartimos modos de pensar y formas de hablar que pueden ser utilizados para significar el mundo de nuestras experiencias. También está de acuerdo con la idea de que en la educación científica, los estudiantes deben aprender los lenguajes sociales de la ciencia y la ciencia escolar a través de interacciones discursivas en las que ellos y sus profesores se comunican a través del género del habla de la charla en el aula (Mortimer & Scott, 2003).

Sin embargo, como se ha señalado anteriormente, el aprendizaje no sólo implica la comprensión de los modos de pensar científicamente. También se debe considerar el objetivo metacognitivo de que los estudiantes tomen conciencia de la heterogeneidad de los modos de pensamiento y la demarcación entre sus dominios de aplicación. Tomar conciencia de esta multiplicidad de significados y contextos implica un diálogo entre nuevas y antiguas zonas en un beneficio conceptual. En estos términos, un estudiante sólo podrá entender y aprender ideas científicas negociando sus significados dentro de su ecología conceptual, generalmente organizada en torno a puntos de vista no científicos (Mortimer & El-Hani, 2014).

En otras palabras, lo que nos está diciendo Bakhtin es que los fenómenos educativos y la dinámica que se genera en el aula, sea ésta tradicional o virtual, deben ser contemplados como procesos sociales que se apoyan en formas de mediación semiótica vehiculadas por el lenguaje, que son las que conducen a la significación y que, por tanto, resultan en aprendizaje (Marrero & Rodríguez, 2007).

5.6 COMPROMISOS ONTOLÓGICOS Y EPISTEMOLÓGICOS

Los compromisos ontológicos, se conciben como aproximaciones conceptuales y creencias personales. Por ejemplo, concebir una realidad como “dada” e independiente del sujeto que conoce o asume la idea de la existencia del mundo estable. En tanto que los compromisos epistemológicos se refieren a aquellos criterios acerca de lo que es el conocimiento y cómo se procede para construirlo, aspecto que determina las imágenes y fuentes de conocimiento de cada época. En particular, este último concepto enfatiza en su importancia para la selección y decisión de corpus de conocimientos (Pedreros, 2011).

Según Mortimer & El-Hani (2014) estos compromisos permiten establecer las zonas de un perfil conceptual, cada una representando un modo particular de pensar sobre el concepto a trabajar. *Entendiendo los modos de pensamiento como formas estables de conceptualizar un tipo dado de experiencia, atribuyéndole un significado socialmente construido atribuido a un cierto concepto* (pág.15). Para la determinación de los compromisos ontológicos y epistemológicos, es necesario el uso de datos de una variedad de fuentes, como lo son las fuentes secundarias sobre la historia de la ciencia y el análisis epistemológico del concepto en cuestión, los trabajos sobre concepciones alternativas de los estudiantes y los datos recogidos a través de entrevistas, cuestionarios y grabaciones de una variedad de contextos de creación del significado en entornos educativos.

6. METODOLOGÍA

La presente investigación se sustenta en un enfoque cualitativo que se configura de manera pertinente para la educación, puesto que permite aplicar y proponer mejoras continuas a la estructura de la realidad social emergente de la formación de estudiantes, profesores y comunidad educativa. Se soporta en la transferencia, producción de conocimientos, ideas, acciones, materiales, las que necesariamente a partir del uso en distintos contextos se corrigen, rectifican, modifican, superan y renuevan (Cerrón, 2019).

Se requiere interactuar no sólo con la realidad concreta, sino conectarse con diferentes redes sociales. Estas prácticas conecto-investigativas dinamizarán la reconfiguración del sentido histórico de la educación, de manera que se pueda buscar, acceder e interactuar con otros conocimientos (Cerrón, 2019).

En cuanto a las características de la investigación cualitativa, Stake (1995) distingue tres que están situadas en el terreno epistemológico:

- El objetivo de la investigación cualitativa es la comprensión, centrando la indagación en los hechos; se pretende la comprensión de las complejas interrelaciones que se dan en la realidad.
- El papel personal que adopta el investigador es la interpretación de sucesos y acontecimientos desde los inicios de la investigación. En la investigación cualitativa lo que se espera es una *descripción densa, una comprensión experiencial* y *múltiples realidades*.
- El investigador no descubre, sino que construye el conocimiento como síntesis de su perspectiva.

6.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

La población corresponde con estudiantes de la Licenciatura en Química que se encuentren iniciando o finalizando la carrera, con el fin de tener dos puntos de trabajo, en los que se infiere un cambio de ideas alternativas sobre el fenómeno de las disoluciones. La muestra fue elegida a conveniencia para ello se hizo uso del muestreo no probabilístico, en donde los estudiantes son invitados por accesibilidad. Finalmente, la investigación se desarrolló con 2 estudiantes que se encuentran iniciando sus estudios académicos y 2 estudiantes de últimos semestres

del programa de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional, durante el primer semestre académico del año 2020.

6.3 ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo metodológico de esta investigación se plantean 2 momentos de estudio en etapas, registradas como etapa de delimitación teórica y etapa de evaluación, estas serán descritas a continuación:

6.3.1 ETAPA DE DELIMITACIÓN TEÓRICA

En la fase 1, se realizó un estudio de fuentes primarias y secundarias sobre la génesis del fenómeno de la disolución a lo largo de la historia de la humanidad. Estos documentos se seleccionaron atendiendo a los criterios propuestos por Bertomeu y García (2008) los cuales son 2: consultas en bases de datos y revistas especializadas en la historia de la ciencia, tales como Taylor & Francis Online, Philosophical Magazine, The Journal of Physical Chemistry, Education of Chemistry, AMBIX, y la identificación del periodo de tiempo a estudiar, en este caso, correspondiente a la historia de la ciencia del siglo VI al siglo XIX, abarcando una amplia relación con la trayectoria de significación del fenómeno disolución. Así mismo, esta indagación se realizó a través de motores de búsqueda y de expresiones como: historia de las disoluciones, teoría de las disoluciones, naturaleza de la disolución.

De este modo, se realizó un análisis epistemológico del desarrollo histórico del fenómeno de la disolución desde la perspectiva de Jensen (1998, a,b,c) quien propuso como categorías de lectura de la historia de la química los niveles molar, molecular y eléctrico, referentes a lo observable, organoléptico e instrumental en el nivel molar; disposición de átomos y moléculas en el espacio para el nivel molecular y, finalmente, en el nivel eléctrico las partículas eléctricas. Este análisis permitió establecer los compromisos ontológicos y epistemológicos que guían el proceso de significación del concepto disolución.

Por otro lado, en la fase 2 se trabajaron estudios que informan las concepciones alternativas de los estudiantes sobre el término disolución, ya que dan cuenta de cómo se aprende este término y cómo evoluciona a través de la historia de cada sujeto, lo que permite entender el significado en el dominio ontogenético y establecer los compromisos ontológicos en los 3 niveles propuestos por Jensen (1998, a,b,c) molar, molecular y eléctrico. Estas investigaciones fueron encontradas

en bases de datos de publicaciones científicas como Dialnet y Springer, que proporcionaron revistas interesadas en la investigación educativa como Science Education y la Revista Investigación Educativa, además se hizo uso de motores de búsqueda como Google académico que proporcionó la revista internacional Investigación en ciencias de la educación y el acta de III conferencia latinoamericana del International, history and philosophy of science teaching group IHPST. Todo lo anterior, con el uso fundamental de palabras claves como: concepciones alternativas de la disolución y estudios sobre el concepto disolución.

Estos documentos se escogieron atendiendo a los criterios de selección de la información propuestos por Cisterna (2005), los cuales son 2: *la **pertinencia**, que se expresa en la acción de solo tomar en cuenta aquello que efectivamente se relaciona con la temática de la investigación y, la **relevancia** que devela ya sea por su recurrencia o por su asertividad en relación con el tema que se pregunta* (pág. 68).

Finalmente, en la fase 3 se recogieron datos a través de una encuesta (ver ANEXO A) en la que se disponían de 3 libros de texto de química general frecuentemente referenciados para la enseñanza y el aprendizaje de la química: Química, la ciencia central (Brown, Lemay, & Bursten, 2004), Química general (Petrucci, Harwood, & Herring, 2003) y, Química (Chang & Colleague, 2002). Frente a esta, 25 estudiantes de últimos semestres del programa Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional seleccionaban el orden de importancia con respecto a la calidad de información de los libros. Se procede a realizar un análisis de los compromisos ontológicos y epistemológicos en paralelo con los encontrados en el desarrollo histórico del fenómeno disolución en las 3 zonas: molar, molecular y eléctrico.

6.3.2 ETAPA DE EVALUACIÓN

Esta etapa tiene el objetivo de estudiar un tercer dominio, el micro genético; para ello, en la fase 4 se recogieron datos a través de un cuestionario (ver ANEXO B) en el que se presentan 4 preguntas teniendo en cuenta situaciones problemáticas de hechos cotidianos relacionados con las disoluciones.

Seguido de ello, en la fase 5 se procedió a realizar un análisis de la pluralidad de significados del término polisémico disolución por medio de los compromisos ontológicos y epistemológicos en los 3 niveles propuestos por Jensen (1998, a,b,c) molar, molecular y eléctrico, que presentan los estudiantes participantes de

Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional, con el fin de establecer su perfil conceptual.

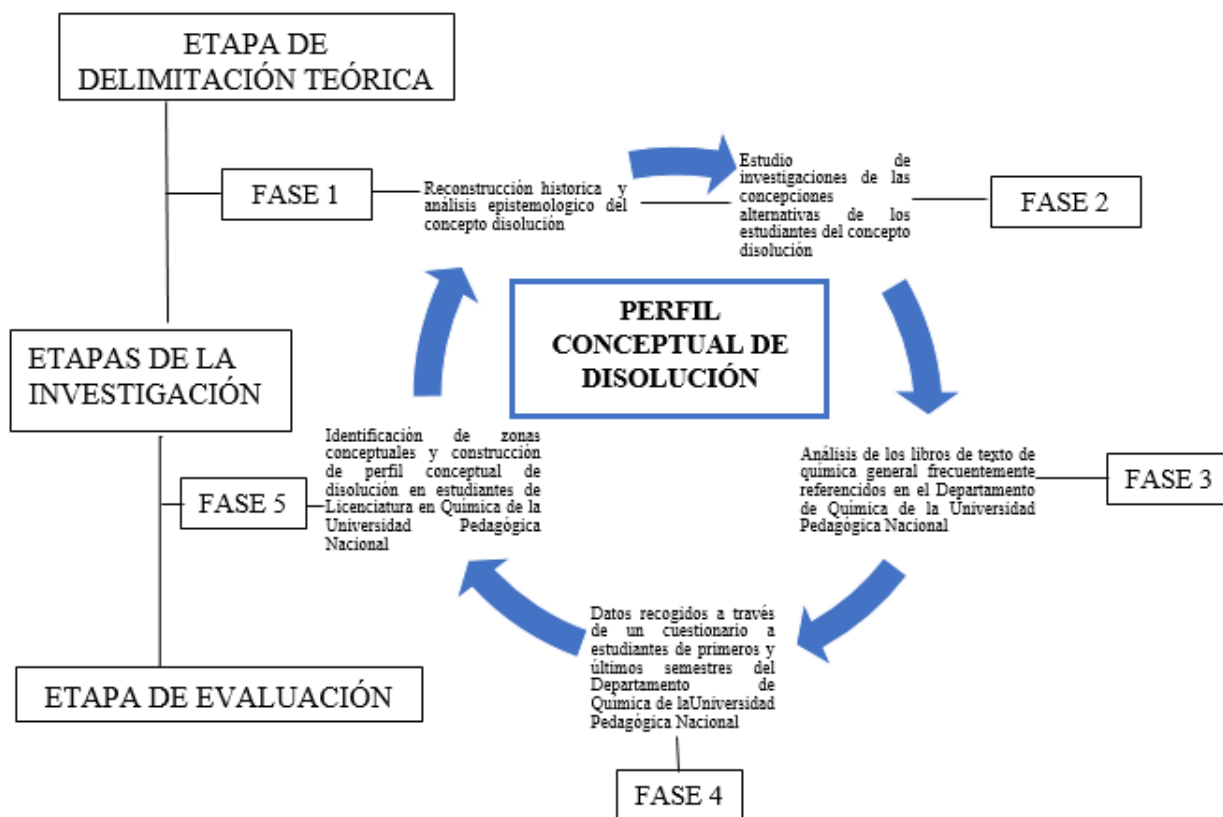


Figura 1. Etapas de la investigación.

Nota. Fuente propia.

6.4 TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

6.4.1 La encuesta

Para fines de esta investigación, se hizo uso como técnica de recolección de información, la encuesta. La cual es *considerada en primera instancia como una técnica de recogida de datos a través de la interrogación de los sujetos cuya finalidad es la de obtener de manera sistemática medidas sobre los conceptos que se derivan de una problemática de investigación previamente construida* (López & Fachelli, 2015, pág. 8).

El cuestionario constituye el instrumento de recogida de datos de la encuesta y es definido como *una herramienta rígida que busca recoger la información de la población a partir de la formulación de preguntas que el encuestado llena por sí mismo, en un margen de tiempo amplio para considerar cada punto cuidadosamente antes de contestar con la primera impresión* (Padilla, 2002, pág. 140). De este modo, se dispuso de un formulario digital diseñado a partir de la herramienta de Google Forms en el que se recopila y organiza la información de manera gratuita e instantánea. En este instrumento, se dispuso de tres libros de texto de química general frecuentemente referenciados en la enseñanza y aprendizaje de la química, los cuales son:

Tabla 1.

Libros de texto de química general frecuentemente referenciados

	LIBRO DE TEXTO	AUTOR-AÑO	EDITORIAL
1	Química, la ciencia central	Brown, T.L., Lemay, H.E., Bursten, B.E. (2004)	Prentice Hall. México
2	Química general	Petrucci, R., Harwood, W., Herring, F. (2003)	Prentice Hall. España
3	Química	Chang, R., Colleague, W. (2002)	Mc Graw Hill. México

Nota. Fuente propia.

Seguido de ello, se presentó una lista con diferentes opciones de orden de los libros anteriormente mencionados, en la que 25 estudiantes del Departamento de Química de la Universidad Pedagógica Nacional que se encuentran finalizando sus estudios de pregrado, seleccionaron en orden de importancia para ellos, por su calidad en la información contenida (ver ANEXO A).

Posteriormente se construyó un cuestionario con 4 preguntas abiertas que sitúan el fenómeno de la disolución en diferentes situaciones cotidianas desde la explicación de solución, la solubilidad, la teoría ácido-base, y los fenómenos electroquímicos. De este modo, los 4 estudiantes participantes de primeros y últimos semestres del Departamento de Química de la Universidad Pedagógica Nacional dieron respuesta detalladamente a las problemáticas planteadas en base a sus conocimientos (ver ANEXO B).

6.4.2 MATRIZ DE CATEGORIZACIÓN DE ANÁLISIS

Las categorías de análisis que se establecieron como evaluación de la presente investigación son los compromisos ontológicos y epistemológicos que permiten la construcción del perfil conceptual del fenómeno de la disolución, individualizando 3 zonas, correspondientes a los niveles propuestos por Jensen (1998, a,b,c) molar, molecular y eléctrico.

En este sentido, se diseñó una matriz que permite la distinción y comparación de los compromisos ontológicos y epistemológicos presentes en la historia de la ciencia, investigaciones de concepciones alternativas del fenómeno de la disolución, libros de texto de química general y estudiantes de primeros y últimos semestres de Licenciatura en química de la Universidad Pedagógica Nacional en las zonas establecidas (ver ANEXO C).

6.5 TRIANGULACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Para la validación de los resultados de la presente investigación, se tiene en cuenta el proceso de triangulación, el cual se refiere al uso de varios métodos (tanto cuantitativos como cualitativos), de fuentes de datos, de teorías, de investigaciones o de ambientes en el estudio del fenómeno, con el objetivo de buscar patrones de convergencia para desarrollar y corroborar una interpretación global del fenómeno objeto de estudio en la investigación (Okuda & Gómez, 2005).

De este modo, se realiza una triangulación de datos, la cual según Okuda & Gómez (2005) *consiste en la verificación y comparación de la información obtenida en diferentes momentos mediante los diferentes métodos* (pág. 121). En este caso, la triangulación de datos se realiza teniendo en cuenta la información recogida y analizada de la reconstrucción histórica del fenómeno disolución, los hallazgos en los estudios sobre las concepciones alternativas del término disolución, el análisis de los libros de texto de química general frecuentemente referenciados en el Departamento de Química de la Universidad Pedagógica Nacional y, finalmente, los datos recogidos y analizados a partir del cuestionario (ver ANEXO B) que permite identificar los compromisos ontológicos y epistemológicos de los estudiantes participantes de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional.

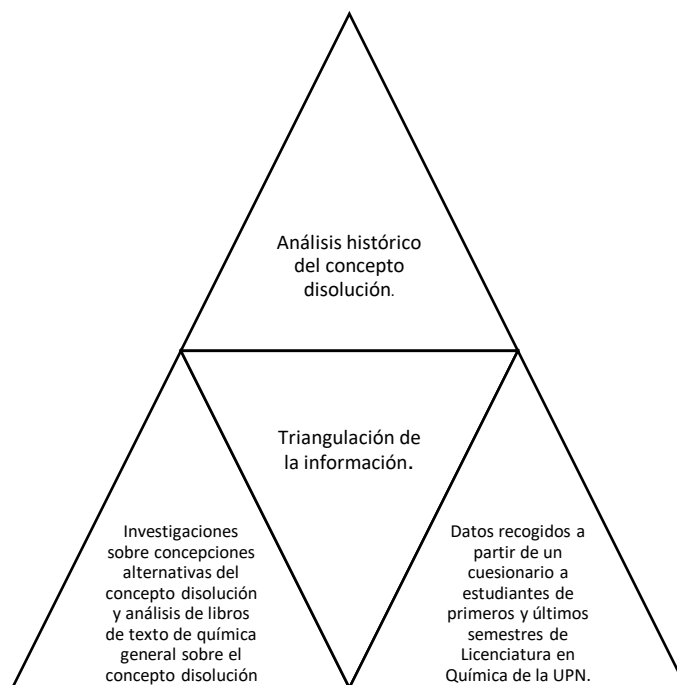


Figura 2. *Triangulación de la información.*

Nota: Fuente propia.

7. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

En esta sección se presentan los resultados y análisis de resultados obtenidos durante la investigación que dan respuesta al objetivo general. De este modo, se exponen la reconstrucción y análisis histórico del fenómeno disolución, los hallazgos encontrados en las investigaciones sobre concepciones alternativas del fenómeno disolución, el análisis de los libros de texto de química general frecuentemente referenciados en el Departamento de Química de la Universidad Pedagógica Nacional y, los compromisos ontológicos y epistemológicos que establecen las zonas en la construcción del perfil conceptual. Estas zonas fueron establecidas a partir de los niveles molar, molecular y eléctrico, propuestos por Jensen (1998, a,b,c) los cuales se refieren: en el nivel molar a las apreciaciones empíricas y sensoriales de fenómenos experimentables o cotidianos adquiridos con los sentidos, ya sea por medio organoléptico, visual, auditivo y táctil; el nivel molecular determina lo no observable mediante representaciones y modelos asociados a las moléculas y, finalmente, el nivel eléctrico involucra la naturaleza de las partículas eléctricamente cargadas.

Finalmente, se exponen los resultados obtenidos con la aplicación del cuestionario (ver ANEXO B) en el que los estudiantes participantes de primeros y últimos

semestres dan solución a una serie de problemáticas cotidianas en relación al fenómeno disolución. Con ello, se identifica la coincidencia en los modos de pensar de cada zona conceptual construida a partir de las fuentes documentales.

7.1. FUENTES DOCUMENTALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PERFIL CONCEPTUAL DE DISOLUCIÓN

A continuación, se presentan los hallazgos encontrados en la etapa de delimitación teórica para la construcción del perfil conceptual de disolución, la cual comprende el desarrollo histórico del fenómeno disolución, el análisis de las concepciones alternativas de los estudiantes y el análisis de texto de química general frecuentemente referenciados en el Departamento de Química de la Universidad Pedagógica Nacional. Toda vez que el estudio de estas fuentes documentales permitió la identificación de compromisos ontológicos y epistemológicos para cada zona conceptual.

7.1.1. DESARROLLO HISTÓRICO Y EPISTEMOLÓGICO DEL FENÓMENO DE LA DISOLUCIÓN

En el presente apartado se muestran los resultados obtenidos en la fase 1, en el que se expone el producto del estudio de la génesis del fenómeno disolución desde la perspectiva de Jensen (1998, a, b, c) quien propuso como modelo organizativo de lectura de la historia de la química los niveles molar, molecular y eléctrico, correspondientes a la composición de las sustancias, fórmulas absolutas y estructurales y, fórmulas electrónicas.

En concordancia con los criterios de selección de información mencionados en el apartado de metodología, se propone la siguiente pregunta:

¿Cuáles son las causas de desaparición de soluto, la transparencia de la disolución, la constancia de la masa, la no conservación del volumen, la alteración de la temperatura o la saturación de la disolución?

Los fenómenos de disolución de sustancias sólidas en líquidas, han sido de interés desde tiempos antiguos y debido a su difícil explicación se han generado teorías y modelos que se han ido robusteciendo a lo largo de la historia y en paralelo al desarrollo del concepto de materia (Blanco, Ruíz, & Prieto, 2010). Por lo anterior y como se describe a continuación, se ha organizado este estudio teniendo en cuenta los fenómenos involucrados, las condiciones de estudio y las representaciones que han emergido a través del tiempo, para los niveles de representación molar,

molecular y eléctrico propuestos por Jensen (1998, a,b,c). Teniendo en cuenta que el desarrollo del histórico del **fenómeno disolución** se presentó partiendo del concepto **solución**, como se muestra a continuación.

7.1.1.1 EL FENÓMENO DE LA DISOLUCIÓN EN EL NIVEL MOLAR

Jensen (1998) explica que el nivel molar hace referencia a lo macroscópico, es decir, que este nivel corresponde a la percepción sensorial y está asociado a las propiedades medibles experimentalmente. En el siguiente apartado se elabora un relato que recoge información disponible sobre la descripción del fenómeno de la disolución en el nivel molar:

Diversos relatos tradicionales como en la cultura India afirman que el mundo se desarrolló a partir del agua; la materia prima, y la describen como una **solución**, de la cual cristalizó la tierra sólida (Arrhenius, 1912). Afirmación que sugiere **contener un sólido**. Así mismo, Walton (1653, citado por Webster, 1966) expone la antigua visión de los poderes del agua para generar organismos vivos, lo que permite valorar al agua como fuente de vida, es decir, como **principio de la materia, aquello que da origen**. Esta misma descripción es compartida para el término **elemento** atribuido a Empédocles (500 a.C.) quien propuso la idea de los cuatro elementos, fuego, aire, tierra y agua, cabe resaltar que el concepto de elemento se atribuye a Platón; originalmente se llamaron **agrupaciones de raíces**, se afirma que esta expresión se debió a que él perteneció a la tradición de los magos herbarios y porque aplicó su teoría al desarrollo de las simpatías ocultas en las plantas.

Esta herencia tomada por los presocráticos, sugiere un periodo de desacuerdo toda vez que para Anaxímenes el aire era el elemento primario mientras que el fuego lo fue para Heráclito, de otra parte, para Jenófanes fue la tierra y finalmente el agua para Tales de Mileto (624-523 a.C.), todos ellos defendieron su elemento **como principio del cual surgió todas las cosas**, por cuya virtud la naturaleza es una realidad viviente. Pese a la falta de textos de Tales de Mileto que puedan justificar su afirmación, Solano (2009) asegura que se basó en la mitología griega, un juramento de los dioses, quienes tomaban el agua como “su mayor y más terrible juramento”. El agua de la Estigia sería el elemento agua para Tales. La relación de estas descripciones con el concepto de solución estaría en que el **agua tiene el ‘poder’ de albergar en su interior toda una serie de sustancias con comportamientos como sólidos**. Esta agrupación de materia de diferentes propiedades, los llamaron **mixtos**.

Es preciso señalar que los primeros presocráticos eran hilozoistas, por lo tanto, Empédocles no pensó estos elementos como sustancias materiales, sino como esencias espirituales. De este modo, cada elemento tenía un poder interrelacionado con los demás elementos: **la Tierra es seca y fría; el Agua es húmeda y fría; el Aire es húmedo y caliente y, el Fuego es caliente y seco**. Lo que corresponde con la explicación de los estados de agregación en los que, en condiciones normales, la materia se puede presentar en forma gaseosa, líquida y sólida; estos tres estados de la materia pueden ser convertibles entre ellos sin que cambie la composición de la sustancia. Un sólido (por ejemplo, el hielo) se fundirá por calentamiento y formará un líquido (agua). (La temperatura a la cual sucede esta transición se denomina punto de fusión). El calentamiento ulterior convertirá el líquido en gas. (Esta conversión se lleva a cabo en el punto de ebullición del líquido). Por otro lado, el enfriamiento de un gas lo condensará para formar un líquido. Cuando el líquido se enfría, se congelará y se formará un sólido (Chang & Colleague, 2002, págs. 10-12).

Platón en su trabajo de La geometría en el Timeo de Platón (532 a.C.) explicó de forma similar los estados de agregación al escribir: *"Creemos por observación que el agua se convierte en piedra y tierra por condensación, y el viento y el aire por subdivisión; el aire encendido se convierte en fuego, pero esto cuando se condensa y extingue, nuevamente toma la forma de aire, y este último luego se transforma en niebla, que se une en agua. Ultimadamente las rocas y la tierra se producen a partir del agua"* (Arrhenius, 1912, pág. 2). Lo anterior, se puede evidenciar en la figura 3:

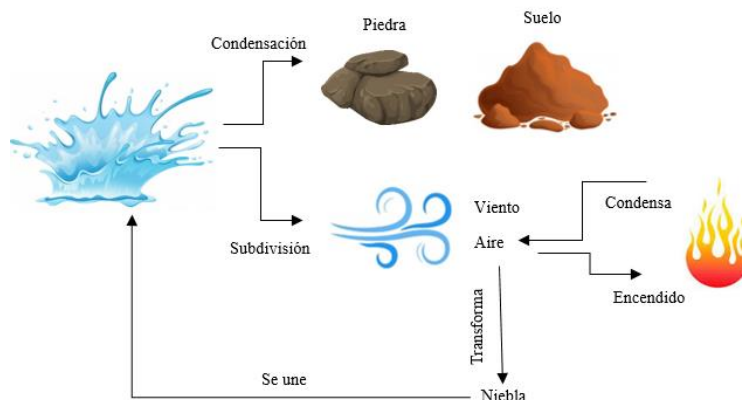


Figura 3. Estados de agregación propuestos por Platón

Nota: Fuente propia.

Durante el siglo XVII la tradición Newtoniana intentaba explicar el **cambio químico** en términos de fuerzas de atracción y científicos como Claude Louis Berthollet y Joseph Louis Proust mantuvieron controversias en cuanto la explicación del **cambio**

químico real en una solución de sal o caña de azúcar. Es así como Lavoisier (1798) en su *Tratado elemental de la química*, afirmó que en **el fenómeno de la disolución aumenta la solubilidad al incrementar la temperatura**, conclusión a la que llegó luego de experimentar calentando una sal a una temperatura suficientemente alta, la cual se licua, al igual que con el uso de un solvente: *“parece obvio a partir de esta circunstancia, que, si el calor y un solvente se aplican simultáneamente a la sal, su acción concurrente será mayor que la de cualquiera de los dos”* (pág. 72). Para Lavoisier, la conclusión parecía aún más evidente ya que el calor en ese momento se consideraba como una forma de materia ("calórica") análoga al agua solvente, aunque de un tipo más fino. Él no sabía que **algunas sustancias disminuyen en solubilidad con el aumento de la temperatura**.

En cuanto a la trayectoria de configuración de explicaciones sobre el fenómeno de la disolución se infiere que, no era suficiente con describir el fenómeno, las representaciones gráficas sobre el comportamiento sugerían que se hacía necesario otro tipo de explicación, que se articula a la composición de la materia en el nivel molecular, el concepto de átomo va a ser determinante en esta construcción y se presenta a continuación:

7.1.1.2 EL FENÓMENO DE DISOLUCIÓN A NIVEL MOLECULAR

El nivel molecular propuesto por Jensen (1998) se refiere a la información relativa en cuanto al número de átomos presentes y su disposición espacial en la molécula. En el fenómeno de la disolución, el nivel molecular está asociado a la solubilidad, la saturación de la disolución, el comportamiento de los ácidos y las bases, fuerzas atractivas y repulsivas, cambios químicos y físicos, la teoría cinética de las disoluciones y la presión osmótica. Tal como se muestra a continuación:

En la Edad Media se estudió el fenómeno de la disolución aceptando la idea de vacío atribuida a Demócrito de Abdera (370-460 a.C.) quien afirmó que: *“el vacío es la ausencia permanente de materia entre átomos en virtud de la cual éstos se distinguen individualmente entre sí”* (Megino, 2002, pág. 328), de este modo, junto a Herón de Alejandría se explicó la **miscibilidad** considerando que si una gota de vino cayera al agua acabaría por convertirse en agua, lo que permitió evidenciar la existencia de espacios entre átomos de ambas sustancias. De la misma manera, Platón (347-427 a.C.) propone la **teoría de intersticios atómicos** en la que se explica la desaparición del soluto por un proceso de interpenetración que supone la aceptación de la idea de vacío (Blanco, Ruíz, & Prieto, 2010), tal como se muestra a continuación:



Ilustración 1. Representación icónica de la Teoría de intersticios atómicos o de la licuefacción.

Nota. Tomado de (Selley, 1998, pág. 396)

En el siglo XVI Pierre Gassendi retomó y reelaboró las ideas de Demócrito, con su **modelo de poros** (preformado) en el cual describía el proceso de disolución y tomaba algunas ideas de solubilidad. En dicho modelo se decía que, varios **átomos podrían unirse** para formar **moléculas**, la solución depende entonces, de las partículas de la sustancia, que se disuelven y entran en los poros del solvente (Arrhenius, 1912). Gassendi explicó el **fenómeno de saturación** considerando que los cristales de sal común estaban compuestos de partículas muy pequeñas, llamadas corpúsculos, y que, al igual que los cristales visibles, éstas tenían forma de cubo, de este modo, al observar que una cantidad determinada de agua en un momento dado no podía disolver más sal, afirmó que el agua contenía poros con espacios vacíos en forma de cubo. Es decir que, **en el fenómeno de la disolución, la forma de los corpúsculos tenía que coincidir con la forma de los poros.**

Nicholas Lémery (1645-1715) escritor francés de libros de química, también desarrolló los puntos de vista atomistas de Gassendi en el dominio de los ácidos y bases (Holding, 1987), estas ideas fueron propagadas en su mayor grado por "Cours de Chimie" de Lémery, el libro de texto de química más utilizado en ese momento (primera edición, 1675, último 1756), para explicar la capacidad de los ácidos para actuar como solventes para los metales, se suponía que las **partículas del ácido eran muy afiladas y puntiagudas**, de modo que entraban fácilmente entre las partículas de los metales y se rompían entre sí por su movimiento violento. Esta forma angulada aguda de las partículas de ácido también fue evidente por la forma de sus cristales, que se describió como acicular, de ahí que se extendiera la idea que los ácidos tienen partículas puntiagudas que al paladar sugieren una sensación 'picante'. Se suponía que **los álcalis poseían poros en los que se rompieron las puntas de las partículas de ácido**, de modo que el ácido perdió sus propiedades solventes y resultó una sal.



Figura 4. Representación gráfica de ácido y alkali según Nicholas Lémery

Nota. Tomado de: https://enacademic.com/pictures/enwiki/76/Lemery%27s_corpuscles.svg

En ese momento, los descubrimientos de Newton estaban evocando la admiración del mundo científico, después de su éxito al explicar el movimiento planetario en términos de la **atracción** de 'grandes cuerpos' a distancia, Newton (1643-1727) propuso la existencia de 'ciertos tipos de fuerzas por las cuales los cuerpos diminutos se atraen o disipan entre sí a pequeñas distancias '. Él tentativamente declaró:

“La verdad de esta hipótesis no afirmo, porque no puedo probarla, pero creo que es muy probable porque una gran parte de los fenómenos de la naturaleza fluyen de ella, lo que parece inexplicable; como son las soluciones químicas, precipitaciones, ...” (Cohen, 1980, citado en Holding, 1987, pág.180).

Newton supuso que la **fuerza universal**, actuando entre los cuerpos celestes, también podía unir dos sustancias diferentes y causar su unión a un nuevo sistema. Sostuvo que el agua disuelve una sal si sus partículas ejercen una mayor atracción sobre las moléculas de agua que entre ellas. Este pensamiento fue aceptado en general por el mundo científico y, en cierto sentido, prevalece en la actualidad, aunque no suponemos que las fuerzas químicas sean de la misma naturaleza que esa, de gravitación. Así mismo, Arrhenius (1912) afirma que *otra declaración de Newton importante, a saber, es que las moléculas disueltas tienden a alejarse unas de otras como si estuvieran dotadas de una fuerza repulsiva una contra la otra* (pág. 7). De este modo, la tradición newtoniana explicó el fenómeno de la disolución en términos del cambio químico, pensamiento que mantuvo Claude Louis Berthollet, quien afirmó que algunas soluciones presentan **cambios químicos reales** definidos como *“la tendencia entre dos sustancias diferentes a formar una nueva combinación, ejercida de acuerdo con su afinidad recíproca y su proporción cuantitativa”* (Grapí & Izquierdo, 1997, pág. 115).

Por consiguiente, se construyeron las primeras tablas de afinidad en las que se tabuló la medida en que cierta sustancia es soluble en un disolvente dado. La primera tabla fue la del médico y químico francés Étienne François Geoffroy en 1718, y fue diseñada para resumir los tipos más comunes de reacciones químicas,

Posteriormente, en 1827, el botánico Robert Brown (1773-1858) observó *“las partículas del interior (y, por lo tanto, mucho más pequeñas que) los granos de polen, suspendidas en el agua, ejecutaban un movimiento característico”* (Layton, 1965, pág. 367). Brown examinó varias suspensiones y concluyó que **este movimiento aumentaba si las partículas eran más pequeñas, si el medio era más fluido o si la temperatura era más alta**. Este fenómeno fue objeto de estudio en la teoría cinética de las disoluciones, cuando en 1867, el escritor Leander Dossios proporcionó una explicación a la saturación de las disoluciones y abordó la temperatura como factor que afecta la solubilidad tal como lo explicó Lavoisier, afirmando que *“La saturación ocurre cuando las moléculas que dejan la solución son iguales en número a las que se reúnen con ella. La solubilidad aumentará con la temperatura, es decir, con el aumento del movimiento molecular”* (Dolby, 1976, pág. 301). Así mismo, compartió el pensamiento de Newton al explicar que el fenómeno de la disolución se daba por fuerzas de cohesión entre las moléculas en el sistema.

En concordancia con los anteriores estudios acerca de las fuerzas que producen el fenómeno de disolución, el físico químico William Nichol en 1883 en una cita extendida de *Mecanique Chimique* de Berthelot presenta **la teoría de la interacción mutua**, en la que argumenta que el fenómeno de disolución debe entenderse en términos de **fuerzas de atracción generales**, tal como Dolby (1976) afirma: *“Se forma una solución cuando la atracción de las moléculas de agua por una molécula de la sal excede la atracción de las moléculas de la sal entre sí (al menos en condiciones en las que los cambios en la atracción agua-agua no tienen efecto)”* (pág. 310). Esta teoría explicaba la **saturación** considerando que las fuerzas que favorecen la disolución de las moléculas de sal y las moléculas de agua, **fuerzas entre moléculas diferentes**, se equilibran con la fuerza que tienden a mantenerlas separadas, **fuerzas entre moléculas iguales** (Blanco, Ruíz, & Prieto, 2010).

En 1882, François Marie Raoult desarrolló una de las características coligativas de las disoluciones con el método para determinar **pesos moleculares en solución**. Raoult publicó en *Zeitschrift fuer Physikalische Chemie* (*Zeitschrift für Physikalische Chemie*) un documento sobre las presiones de vapor de las soluciones en éter que resultó de experimentos sobre la reducción de los puntos de congelación de solventes por solutos, en donde el éter se seleccionó por su alta presión de vapor. Dicho estudio concluyó en que depresión del punto de congelación y la disminución de la presión de vapor de una solución diluida es directamente proporcional a la **concentración molecular** de la sustancia disuelta (Dolby, 1976). Como se evidencia en la ecuación 1, la fracción molar (X_1) es igual a n_1 , el número de moles de disolvente y n_2 , el número de moles de soluto, y es directamente proporcional a la presión de vapor y al punto de congelación de una disolución. Cabe resaltar que

esta ley asume un comportamiento ideal en las disoluciones y supone que las fuerzas intermoleculares son iguales en moléculas similares y en moléculas diferentes. En este sentido, cuanto más similares son los componentes, más se aproxima a la ley de Raoult.

$$p_1/p_1^0 = n_1/(n_1 + n_2) = x_1,$$

Ecuación 1. *Determinación de pesos moleculares en la ley de Raoult.*

Nota. Tomado de: (Hildebrand, 1981, pág. 4)

Sin embargo, el nivel molecular no lograba explicar el fenómeno de la disolución en cuanto a las necesidades de estudio que presentaban a partir del siglo XVIII, en el que predominaba las investigaciones sobre los fenómenos de la electroquímica. En el nivel eléctrico-iónico, se desarrolla la noción del concepto ion en paralelo con el fenómeno de la disolución.

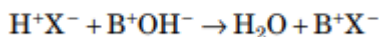
7.1.1.3 EL FENÓMENO DE LA DISOLUCIÓN A NIVEL ELÉCTRICO-IÓNICO

Finalmente, el nivel eléctrico se define según Jensen (1998) a la teoría de que toda la materia es hecha de un conjunto de partículas eléctricas (electrones, protones y neutrones); en este nivel se resaltan los estudios de los fenómenos electroquímicos, presión osmótica, comportamientos ácido base y neutralización, tal como se describen a continuación:

A finales del siglo XVII y en siglo XVIII se encontraba interés por los estudios de la conductividad eléctrica, lo que condujo a situar las disoluciones en este fenómeno eléctrico. De este modo, Rudolf Clausius (1822-1888) desarrolló la idea de la disociación de iones sobre efectos de una corriente eléctrica en una solución conductora, afirmando que *algunas de las moléculas de electrolitos se dividen en iones con carga opuesta, que se mueven libremente e independientemente a través de la solución a velocidades que no se ven afectadas por el entorno químico y que solo se ven influenciadas por condiciones generales como la viscosidad* (Dolby, 1976, pág. 306). De lo que se deduce que, en el movimiento de las partículas a cierta velocidad, se producían colisiones que posibilitaban el rompimiento de las moléculas y, por tanto, las partículas resultantes transportaban carga eléctrica, es decir, estas partículas corresponden a iones.

En 1884 Arrhenius presentó su tesis doctoral en la que argumentó que el fenómeno de la disolución implica una disociación, es así como clasificó sustancias ácidas y básicas de acuerdo con los iones que producen al reaccionar con **agua**. De este

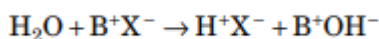
modo, los ácidos aumentan su concentración en iones H^+ , y las bases producen iones OH^- , así mismo, explicó la neutralización como la reacción entre los iones H^+ del ácido y los iones OH^- de la base, produciendo agua:



Ecuación 2. *Neutralización según Arrhenius.*

Nota. Tomado de (Furió Más, Calatayud, Guisasola, & Furió Gómez, 2005, pág. 5).

Además, Arrhenius introdujo la reacción de **hidrólisis** al otorgar explicación a las propiedades ácidas o básicas de disoluciones acuosas de sales que carecen de iones H^+ u OH^- en su composición. En esta reacción, el agua interviene como reactivo y causa la descomposición y produce un ácido y una base:



Ecuación 3. *Propiedades ácidas o básicas de las soluciones acuosas.*

Nota. Tomado de: (Furió Más, Calatayud, Guisasola, & Furió Gómez, 2005, pág. 5).

Por otro lado, el químico holandés Jacobus Henricus Van't Hoff, en 1885 presentó **la teoría del bombardeo del soluto** en la que se abordó la **afinidad química**, por medio de la osmosis de una solución salina y agua. Van't Hoff (1885, citado en Dolby, 1976) afirmó: “*si una solución salina está separada del agua por una membrana semipermeable, que permite el paso del agua, pero no de la sal, el agua tiende a fluir hacia la solución salina, a menos que su paso sea resistido por una presión aplicada externamente. La presión requerida para detener el flujo se describe como la presión osmótica*” (pág. 304). De este modo, en el proceso de la ósmosis el disolvente tiende a moverse a través de una membrana porosa hacia la disolución con mayor concentración de soluto. La presión que impide el proceso de ósmosis, es decir, la **presión osmótica**, es la misma presión que un gas ejercería si éste ocupara el mismo volumen que la disolución (Weber, 1979), por tanto, Van't Hoff expresó la ecuación de la presión osmótica de una disolución no electrolítica de forma similar a la ley ideal de los gases, la presión osmótica en atmósferas, la constante universal de los gases, la temperatura absoluta en Kelvin y la concentración molar o molal de la disolución, como se muestra a continuación:

$$\Pi = R \cdot T \cdot c$$

Ecuación 4. *Presión osmótica de una disolución no electrolítica*

En 1923, Brønsted y Lowry presentaron una teoría más general de ácidos y bases en la que se afronta la limitación de la teoría de Arrhenius en la que solo se describe

el comportamiento ácido-base en agua. Por tanto, Brønsted y Lowry incorporaron todos los **solventes protónicos** y no solo el agua.

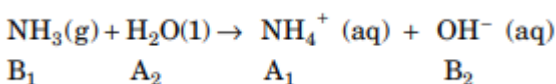
La teoría ácido-base de Brønsted y Lowry define el comportamiento de un ácido como una sustancia que produce un protón H^+ y la base como una sustancia que puede combinarse con un protón. Así, un ácido HB se **disocia** para dar un protón y su base conjugada. Alternativamente, una base B puede combinarse con un protón para producir el ácido conjugado BH^+ de la base. En términos generales, el protón está dividido entre dos bases y la constante de equilibrio está determinada por las afinidades relativas por el protón (Hall, s.f), como se describe a continuación:



Ecuación 5. *Disociación de un ácido según Brønsted -Lowry*

Nota. Tomado de: (Hall, s.f, pág. 92)

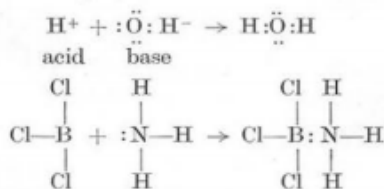
También, describieron que el fenómeno de **anfoterismo** se presenta en todas las sustancias, incluyendo el agua. El comportamiento relativo ácido-base de las sustancias se generaliza ya que las moléculas o los iones pueden comportarse como ácido o como base:



Ecuación 6. *Fenómeno de anfoterismo según Brønsted -Lowry.*

Nota. Tomada de: (Furió Más, Calatayud, Guisasaola, & Furió Gómez, 2005, pág. 6)

Al mismo tiempo, Lewis generalizó los conceptos de ácido y base sin depender de la presencia de ningún solvente en particular, definiendo **un ácido como una especie deficiente en electrones** o que busca una especie molecular que contenga pares de electrones disponibles; **las bases son especies que contienen un par de electrones capaces de donarlos a otra especie** (Hall, s.f). De este modo, el ácido tiene su octeto de electrones incompleto y la base cuenta con un par de electrones libres, formando un enlace covalente coordinado entre las dos sustancias.



Ecuación 7. *Formación de enlace covalente entre ácido y base según Lewis.*

Nota. Tomado de: (Hall, s.f, pág. 95).

7.1.1.4 COMPROMISOS ONTOLÓGICOS Y EPISTEMOLÓGICOS DE LA HISTORIA DEL FENÓMENO DE LA DISOLUCIÓN

La consulta sobre la génesis del fenómeno de la disolución en la historia y filosofía de la ciencia, muestra la diversidad de significados que se presentan para dicho fenómeno, relacionando el fenómeno con los espacios vacíos de las moléculas del solvente que son ocupados con las moléculas del soluto, la existencia de una fuerza universal que permite la unión de las sustancias, la importancia de la forma de las moléculas, puesto que sustancias de características similares son mutuamente solubles, la presencia de cambios químicos reales, el comportamiento de los ácidos y bases que dan lugar a la formación de sales y al fenómeno de la neutralización y los fenómenos electroquímicos, son ejemplos de los modos de pensar que presentaron en el desarrollo del fenómeno de la disolución.

A continuación, se describen los compromisos ontológicos y epistemológicos identificados en la reconstrucción histórica del fenómeno disolución, que permitieron identificar tres zonas: molar, molecular y eléctrico. Estos compromisos se encuentran categorizados en el anexo D.

De este modo, en la zona molar, los hallazgos y análisis realizados en el apartado anterior, distingue un compromiso epistemológico y otro ontológico, en el que se considera **el agua como una solución que alberga en su interior toda una serie de sustancias**, este modo de pensar es compartido por Arrhenius, Walton y Tales de Mileto y da cuenta de que el fenómeno disolución, parte del concepto solución, que es definido como una sustancia cuyos componentes no se encuentran visibles. En cuanto al compromiso epistemológico, se halló que Antoine Lavoisier describe que, **en el fenómeno de la disolución, aumenta la solubilidad al aumentar la temperatura.**

En la zona molecular, se encuentran dos compromisos ontológicos. En el primero, Nicholas Lémery señaló que las partículas de los ácidos son puntiagudas y con sensación picante al paladar, por su parte las bases poseen poros en los que, en reacción con los ácidos, estos últimos rompen las puntas de sus partículas. El segundo, explica que **el fenómeno de la disolución se produce entre moléculas fisicoquímicamente similares**, este modo de pensar fue propuesto por Georges-Louis Buffon y es compartido en la actualidad con la ley de lo similar disuelve lo

similar, de tal forma que los solutos de naturaleza apolar se disuelven en disolventes no polares, lo mismo ocurre con las sustancias polares.

En los compromisos epistemológicos de la zona molecular, se consideró que **el fenómeno de la disolución es producido por la existencia de espacios vacíos de las moléculas del solvente que son ocupados con las moléculas del soluto**, este modo de pensar coincidió las propuestas de Demócrito de Abdera, Herón de Alejandría, Platón y Pierre Gassendi. Por otro lado, Newton, William Nichol y Claude Louis Berthollet constituyen otro compromiso epistemológico, en el que argumentan que **el fenómeno de la disolución se da por acción de fuerzas de atracción que mantiene unidas dos sustancias diferentes, formando una nueva.**

Antoine Lavoisier aporta un compromiso epistemológico de valor, en el que diferencia la solución de la disolución, afirmando que **en la solución de una sal no se experimenta ninguna descomposición**, mientras que **en la disolución de metales siempre se descompone el ácido o el agua.**

Por su parte, Leander Dossios explicó que, **en el fenómeno de la disolución, la saturación ocurre cuando las moléculas en solución son iguales a las que se reúnen con ella**, y coincidió en el modo de pensar de Lavoisier en cuanto al aumento de solubilidad con la temperatura y agregó que con la temperatura aumenta el movimiento molecular de la disolución.

Por último, **en el fenómeno de disolución ideal, la disminución del punto de congelación y de la presión de vapor de una disolución diluida es directamente proporcional a la concentración molecular**, este compromiso epistemológico es presentado por François-Marie Raoult.

Los compromisos epistemológicos hallados en el análisis histórico del fenómeno disolución en la zona eléctrica, explican que, **sobre efectos de la corriente eléctrica en una disolución, se produce disociación de iones**, esta idea fue propuesta por Rudolf Clausius. Así mismo, Svante August Arrhenius, proporciona 3 compromisos epistemológicos en cuanto a la disociación de iones H^+ y OH^- de sustancias ácidas y básicas, respectivamente, en reacción con el agua. **La reacción entre un ácido y una base constituye otro compromiso epistemológico, en el que se produce agua**, además, **el fenómeno de disoluciones acuosas de sales que carecen de iones hidronio e hidroxilo en reacción con el agua para la producción de un ácido y una base**, es otro compromiso epistemológico propuesto por Arrhenius.

Del mismo modo, Brønsted-Lowry y Gilbert Newton Lewis se encontraban interesados con la teoría ácido-base. Brønsted-Lowry aportó una idea más general a la de Arrhenius, y afirmó que el **ácido es una sustancia que produce un protón y una base es una sustancia que puede combinarse con el protón**, así mismo, consideró **el fenómeno de anfoterismo, presente en todas las sustancias que se comportan como ácidos y bases**. Por su parte Lewis, significó el ácido como una especie deficiente en electrones y **la base como una especie capaz de ceder electrones**.

Finalmente, el último compromiso epistemológico fue abordado por Jacobus Henricus Van't Hoff en el proceso de osmosis, como el **paso del solvente a una disolución con mayor concentración de soluto**.

De este modo, se evidencia la diversidad de significados desarrollados durante la historia del fenómeno disolución y su relación con conceptos como solución, la solubilidad, la saturación, ácidos y bases, fuerzas atractivas y repulsivas, fenómenos electroquímicos, entre otros, que permiten una amplia explicación al fenómeno estudiado en las 3 zonas: molar, molecular y eléctrico, correspondientes con los niveles propuestos por Jensen (1998, a,b,c).

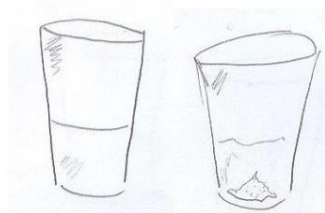
7.1.2. CONCEPCIONES ALTERNATIVAS DEL FENÓMENO DISOLUCIÓN

En esta sección se discuten los resultados obtenidos en la fase 2, en los que se exponen 4 estudios que informan las concepciones alternativas de los estudiantes sobre el fenómeno disolución y dan cuenta de cómo se aprende y cómo este fenómeno evoluciona a través de la historia de cada sujeto, lo que permite entender el significado en el dominio ontogenético. Es así como a continuación se presentan los resultados del estudio de las concepciones alternativas de los estudiantes sobre el fenómeno de la disolución:

Cadet (2014) en su investigación titulada *análisis de las ideas previas sobre disoluciones. Una experiencia pedagógica con estudiantes de un colegio artístico de Santiago, Chile*, diseñó una actividad de exploración de las concepciones alternativas teniendo en cuenta antecedentes históricos del siglo XVII como son las explicaciones de afinidad química de Isaac Newton, quien asumía la existencia de fuerzas atractivas y repulsivas en las disoluciones. Por otra parte, *las ideas de Georges Louis Buffon quien proponía como hipótesis que las sustancias de similares características estarían constituidas por cuerpos de igual forma, que cumplirían los requisitos necesarios para la disolución* (pág. 100).

De este modo, al sugerirles a los estudiantes representar la interacción del soluto en una mezcla homogénea (agua y azúcar) y de soluto en una mezcla heterogénea (agua y benceno), se encontró que los estudiantes relacionan las situaciones con la propuesta de Georges Louis Buffon y le atribuían explicaciones como **incompatibilidad** para mezclas heterogéneas y **compatibilidad** para mezclas homogéneas. Para las dos situaciones, los estudiantes representaron sus explicaciones en 3 niveles, macroscópico, microscópico y simbólico, tal como se muestra en las siguientes ilustraciones:

Ilustración 2. Modelo macroscópico de un estudiante.



Obtenido de: (Cadet, 2014, pág. 101)

En la ilustración 2, se evidencia la representación macroscópica de un estudiante para ambas situaciones problema, en ella se observa el soluto al fondo del solvente.

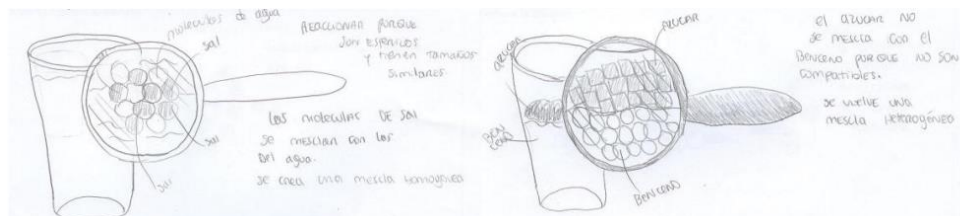


Ilustración 3. Modelo microscópico de un estudiante.

Nota. Obtenido de: (Cadet, 2014, pág. 101)

Por otro lado, en la ilustración microscópica, se evidencia que se le atribuye el adjetivo de **incompatible** a la mezcla heterogénea; además, en la mezcla homogénea se describe la disolución como reacción entre sustancias de formas similares, tal como lo postula Georges Louis Buffon.

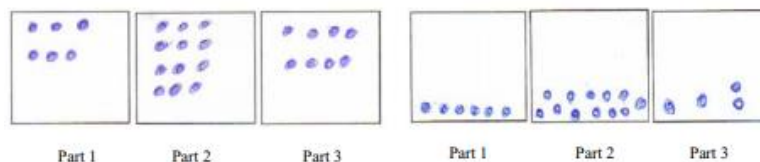


Ilustración 5. Disposición de las moléculas en la disolución según concepciones alternativas de estudiantes.

Nota. Tomado de (Devetak, Vogrinc, & Glazar, 2008, pág. 165)

Para el problema 2 se presentaba una disolución acuosa de sacarosa con concentración opcional y una disolución acuosa saturada de sacarosa. Para lo cual, los estudiantes debían realizar la representación más realista de la disolución con moléculas de agua incluidas, demostrando la diferencia entre una disolución insaturada y saturada. De este modo, los estudiantes afirmaban que **en una disolución saturada las moléculas se encuentran más compactas, mientras que en la insaturada las moléculas de soluto se mantienen más separadas**. Así mismo, definen la disolución como la mezcla entre las partículas de la sustancia que se disuelve y agua, sosteniendo que la disolución solo se da si las **moléculas son polares**.

Valdez, Flores, Gallegos y Herrera (1998) en su estudio denominado *ideas previas en estudiantes de bachillerato sobre conceptos básicos de química vinculados al tema de disoluciones*, determinó las concepciones alternativas de los estudiantes sobre las disoluciones por medio de la resolución de un cuestionario escrito y una entrevista individual audio grabada que abordaban temáticas como la solubilidad y factores que alteran la velocidad de disolución. Para ello, se dispusieron de 3 sistemas, en el primero se disponen 100 mL de agua, 50 g de sal de cocina y 50 g de limadura de hierro; el segundo consiste en 200 g de agua 20 g de azúcar y, finalmente, en el tercer sistema se dispone de 4 gotas de disolución de permanganato de potasio en cada ocho tubos, cada uno con diferente proporción de agua.

Frente a la pregunta de qué le sucedió a la sal y al azúcar, los estudiantes identificaron que los anteriores se disuelven en el agua, sin embargo, difieren en las explicaciones sobre el fenómeno; la mitad de los estudiantes afirman que “*se disuelve porque se une con otro elemento, no se ve, pero si existe (por su sabor)*”, tres de los estudiantes afirman que “*azúcar desaparece dejando el agua intacta*” y dos estudiantes recurrieron al tamaño y dispersión de las partículas de soluto, afirmando que “*La sal se hace en materia más pequeña*” y que “*se separan las moléculas de la sal y no se ven*” (Valdez, Flores, Gallegos, & Herrera, 1988, pág.

159). Con respecto a la solubilidad que afecta los sistemas, los estudiantes ante la posibilidad de disolver o no todo el azúcar que se quiera un vaso de agua, abordaron la saturación definiéndola como "Los elementos químicos del agua se saturan y no permiten absorber más elementos, únicamente absorben la mitad de su peso" "el azúcar va absorbiendo el agua y habrá un momento en que ya no habrá agua en el vaso". Finalmente, los estudiantes no relacionan la temperatura, la presión y el tamaño de partícula como factor que afecta la solubilidad.

Finalmente, Ebenezer y Erickson (1996) en su estudio titulado *chemistry students' conceptions of solubility: a phenomenography*, estudiaron las concepciones alternativas sobre el fenómeno de solubilidad. Para ello, se generaron tres sistemas químicos, el primero consiste en introducir un cubo de azúcar en un vaso de precipitado con agua caliente; el segundo sistema consistía en verter alcohol en un vaso de agua, agregar una gota de colorante azul y luego diluyente de pintura en la mezcla, finalmente, una botella cerrada que contenía una solución saturada de sal de mesa con sal recristalizada depositada en el fondo.

Por consiguiente, muchos estudiantes vieron la disolución como un proceso de transformación de un sólido en forma líquida, calificando el proceso como una **fusión**; así mismo, algunos estudiantes definieron el sistema en un nivel microscópico al explicar que en agua caliente las moléculas se mueven libremente, el azúcar se derrite con el calor y al enfriarse vuelve a su estado inicial. Por otro lado, se consideró la disolución del azúcar en el agua como un **cambio químico**, representando que el calor derrite el azúcar y luego se combina con el agua, convirtiéndose en uno.

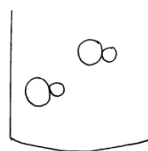


Ilustración 6. Disolución de agua y azúcar.

Nota. Tomado de (Ebenezer & Erickson, 1996)

Es así como se encuentra que los estudiantes conciben las moléculas de agua con pequeñas bolsas de aire que el azúcar expulsa y ocupa estos espacios vacíos. Con respecto al sistema dos, se identificó que se produce disolución cuando existe una **atracción** entre las partículas de agua y alcohol, evitando que otra sustancia que no posee dicha atracción encuentre un espacio en el sistema. Otra de las concepciones encontradas es en relación con el **tamaño del soluto**, en donde se requieren partículas más pequeñas para que se produzca la disolución.

Con la revisión de estudios realizada anteriormente se evidencia que, existe un tránsito en las representaciones molares y moleculares propuestos por Jensen (1998, a,b,c), en las que se determinan las concepciones alternativas de los estudiantes frente al fenómeno de disolución, partiendo del nivel molar o macroscópico en el que se representaron las situaciones propuestas para las investigaciones, desde el sentido de la vista, luego de ello, los estudiantes representaron el fenómeno desde el nivel molecular, determinando lo no observable en la situación propuesta. Ninguna de las investigaciones presentadas abordó el fenómeno de la disolución desde el nivel eléctrico y, tan solo uno de estos estudios determinó las concepciones alternativas de los estudiantes en el nivel simbólico, caracterizado por el uso de fórmulas y ecuaciones que representan el comportamiento del fenómeno disolución.

En lo concerniente a los conceptos abordados en los estudios sobre concepciones alternativas de los estudiantes sobre el fenómeno disolución, se encuentra que en la mayoría se estudia la solubilidad de disoluciones con soluto de naturaleza sólida y solvente líquido, y solo uno de ellos, toma en cuenta las disoluciones en líquido y líquido, dejando de lado, las disoluciones líquido-gas; además, se trabajaron las disoluciones insaturadas y saturadas, sin abarcar las sobresaturadas.

Por otro lado, varios significados del fenómeno disolución que se presentan en las investigaciones sobre las concepciones alternativas, ponen en evidencia algunos modos de pensar sobre el fenómeno disolución que también se encuentran en los niveles molar y molecular de la reconstrucción histórica del fenómeno disolución. Cabe resaltar, que las descripciones dadas por los estudiantes para el fenómeno disolución, se sitúan en las explicaciones presentadas en la edad media y hasta el siglo XVII, tales como la desaparición del soluto en el solvente que presenta Platón en la teoría de intersticios atómicos, así como, la importancia de la forma en las sustancias mutuamente solubles descrita por Georges Louis Buffon; además, la presencia de espacios vacíos en las moléculas del solvente, ocupadas por las moléculas del soluto explicado por Demócrito de Abdera, Herón de Alejandría y Pierre Gassendi y, finalmente, la atracción entre moléculas del soluto y moléculas del solvente planteadas por Isaac Newton.

Paradójicamente estos estudios sobre concepciones alternativas no muestran el concepto solución como el centro de trabajo cuando el análisis del fenómeno sugiere que es el punto de llegada. Lo cual indica que no es un concepto de fácil comprensión toda vez que no emerge de la interacción directa con el fenómeno, lo que al parecer es una explicación de las confusiones a las que puede llegarse en el ejercicio de la enseñanza del fenómeno de la disolución.

En síntesis, se resalta la importancia de estos estudios, puesto que son datos empíricos que generan una visión general de cómo los estudiantes comprenden el fenómeno de la disolución. Además, estas investigaciones permiten establecer los compromisos ontológicos que determinan las zonas del perfil conceptual del fenómeno disolución, como se presentan a continuación:

7.1.2.1 COMPROMISOS ONTOLÓGICOS DE LAS CONCEPCIONES ALTERNATIVAS DEL FENÓMENO DE LA DISOLUCIÓN

Los estudios sobre las concepciones alternativas del fenómeno disolución abordados anteriormente, arrojaron similitudes con los modos de pensar en la historia del fenómeno disolución; no obstante, las ideas de los estudiantes se situaron en las explicaciones aportadas durante la edad media y el siglo XVII, correspondientes a los compromisos epistemológicos del nivel molecular de la historia del fenómeno disolución, como solución, en los que se describe el fenómeno en términos de espacios vacíos entre las moléculas del solvente ocupadas por las moléculas del soluto, las sustancias con forma similar mutuamente solubles, la atracción entre moléculas de soluto y solvente y, finalmente en el fenómeno de la saturación.

A continuación, se describen los compromisos ontológicos encontrados en los estudios de indagación de concepciones alternativas en comparación con los compromisos ontológicos y epistemológicos hallados en la historia del fenómeno disolución:

En cuanto a los compromisos ontológicos de la zona molar, se reconocen dos modos de pensar correspondientes a los estudios de Valdez, Flores, Gallegos y Herrera (1998) y Ebenezer y Erickson (1996). En el primero, los que los estudiantes afirmaron que el soluto absorbe el solvente y en un momento dado no habrá más solvente, conclusión a la que llegaron por medio de la percepción sensorial; en el segundo estudio, se destacó la disolución como un cambio de estado del soluto en el solvente, modo de pensar que se presenta situando el fenómeno de la disolución en un contexto cotidiana, como el de agregar azúcar a una taza de agua caliente.

Cadet (2014) en su investigación encontró la idea de que **las sustancias con forma similar son mutuamente solubles**, modo de pensar que constituye un compromiso ontológico en la zona molecular, propuesto por George-Louis Buffon en el siglo XVII, en el que se afirmaba que las sustancias con características similares son

mutuamente solubles. Así mismo, el estudio de Ebenezer y Erickson (1996) arrojó la concepción de los estudiantes de que, el fenómeno de la disolución se produce cuando el tamaño de partícula del soluto es menor que el del solvente.

Los estudios de Valdez, Flores, Gallegos y Herrera (1998), Ebenezer y Erickson (1996) y Devetak, Vogrinc y Glazar (2008) comparten el compromiso epistemológico de la zona molecular propuesto por Demócrito de Abdera, Herón de Alejandría, Platón y Pierre Gassendi acerca de la existencia de vacío entre átomos de soluto y solvente. En estos estudios sobre concepciones alternativas de los estudiantes, se encontró la idea de que, en el fenómeno de la disolución, **las moléculas ocupan espacios vacíos de las moléculas del solvente, en una solución saturada las moléculas se encuentran más compactas, además de la desaparición del soluto en el solvente.**

En relación con el compromiso epistemológico aportado por Newton, William Nichol y Claude-Louis Berthollet en el que se afirmaba que el fenómeno de la disolución es producido por una fuerza que mantiene unidas dos sustancias, la investigación de Ebenezer y Erickson (1996) arrojó que el fenómeno de la disolución se produce cuando la existe atracción entre moléculas soluto y moléculas de soluto. Cabe resaltar, que en la historia del fenómeno disolución, la hipótesis de Newton intentaba explicar el cambio químico en términos de fuerzas, es así como la concepción alternativa hallada en Valdez, Flores, Gallegos y Herrera (1998) coincide con el modo de pensar de la historia del fenómeno, al considerar **la disolución como un cambio químico, en el cual las moléculas de soluto se combinan con las moléculas del solvente para formar una sola molécula.**

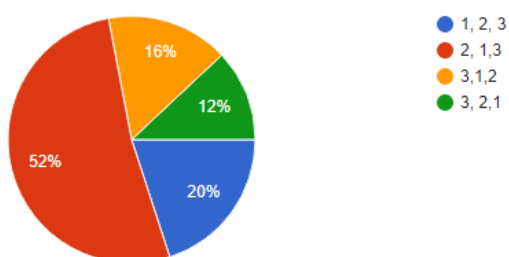
De este modo, se evidenció que los compromisos ontológicos encontrados en los estudios sobre concepciones alternativas del fenómeno disolución, comparte dos zonas con la historia del fenómeno disolución: molar y molecular (Ver anexo E).

7.1.3 ANÁLISIS DE LOS LIBROS DE TEXTO DE QUÍMICA GENERAL

Los libros de textos son recursos pedagógicos destinados al aprendizaje, que imponen una determinada distribución y jerarquización de ideas, a partir de una transformación y recreación del conocimiento epistémico. En este sentido, son soportes de las verdades que la sociedad cree necesario transmitir y depósitos de conocimientos que requieren difundirse para el mantenimiento de los sistemas axiológicos, y marcan las creencias y actitudes de los ciudadanos de una determinada nación (Álvarez, 2001, citado por Ocelli & Valeiras, 2012). Es esta transformación de las ideas lo que permite evidenciar el tránsito de las

representaciones semióticas que surgen a partir de la historia y filosofía de la ciencia.

De este modo, la implementación de la encuesta (Ver ANEXO A), permitió identificar el orden de importancia con respecto a la calidad de la información de 3 libros de texto de química general frecuentemente referenciados (ver tabla 1) en la enseñanza y aprendizaje de la química de los estudiantes del programa Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional. Como se evidencia a continuación, la encuesta arrojó como resultados el siguiente orden: Química general (Petrucci, Harwood, & Herring, 2003), Química, la ciencia central (Brown, Lemay, & Bursten, 2004) y Química (Chang & Colleague, 2002).



Gráfica 1. Resultados de la encuesta sobre libros de texto frecuentemente referenciados en la enseñanza aprendizaje de la química

Nota. Fuente propia.

En cuanto a los modos de pensar del fenómeno disolución, es posible evidenciar una significación similar en los 3 libros de texto de química general, en los que se aborda el fenómeno como un sistema material desde el nivel macroscópico, indicando los componentes, el soluto y el disolvente, estando el primero en mayor proporción que el segundo en la mezcla homogénea. Así mismo, los libros de texto, Química general (Petrucci, 2003) y Química (Brown, 2004) aclaran que el fenómeno de disolución se presenta en los tres estados de agregación, sólido, líquido y gaseoso, como se muestra en paralelo a continuación:

Tabla 2.

Significación del concepto disolución en 3 libros de texto de química general.

Petrucci, 2003	Brown, 2004	Chang, 2002
"Una disolución es una mezcla homogénea porque su composición y propiedades son uniformes, y es una mezcla porque contiene dos o más sustancias en proporciones que pueden variarse. El disolvente es el componente que está presente en cantidad mayor o que determina el estado de la materia en la que existe una disolución. Los otros componentes de la disolución, denominados solutos, se dice que están disueltos en el disolvente. Si bien las disoluciones líquidas son más comunes, las disoluciones también pueden existir en los estados gaseoso y sólido" (Pág. 535)	"Una disolución es una mezcla homogénea de dos o más sustancias. La sustancia que está presente en mayor cantidad se llama disolvente. Las demás sustancias de la disolución se denominan solutos; y decimos que están disueltas en el disolvente" (Pág. 114)	"Una disolución es una mezcla homogénea de dos o más sustancias. El soluto es la sustancia presente en menor cantidad, y el disolvente es la sustancia que está en mayor cantidad. Una disolución puede ser gaseosa (como el aire), sólida (como una aleación) o líquida (agua de mar, por ejemplo)" (Pág. 105)

Nota. Fuente propia.

No obstante, las descripciones anteriores hacen referencia al **concepto de solución** en el que se afirma, como se mencionó anteriormente, que es la acción de mezclar dos componentes, el soluto y el disolvente. Así mismo, los libros de texto analizados generalizan las mezclas homogéneas como disoluciones sin tener en cuenta el tamaño de partícula del soluto, la descripción de homogeneidad, la transparencia que se evidencia en la mayoría de disoluciones y el estado de agregación determinado por el solvente y no por el soluto. Estas características a nivel macroscópico permiten la identificación de las disoluciones, esto debido a que, existen sustancias catalogadas como mezclas homogéneas que no son disoluciones, como, por ejemplo, los coloides.

Por otro lado, los modos de pensar encontrados en el dominio sociocultural de la historia del fenómeno disolución y las investigaciones sobre concepciones alternativas en el dominio ontogenético, mostraron al fenómeno de la disolución estructurante en la química puesto que abarca una serie de temáticas que logran explicar el fenómeno, como son: la solubilidad, teoría ácido-base, fuerzas intermoleculares, teoría cinética de las disoluciones y fenómenos electroquímicos. La relación de estos contenidos con el fenómeno de la disolución permitió la distinción de los compromisos ontológicos y epistemológicos que individualizaron 3 zonas, correspondientes con los niveles propuestos por Jensen (1998, a,b,c) molar, molecular y eléctrico, definidos previamente en el apartado *análisis histórico y epistemológico del fenómeno disolución*, en estas 3 zonas se encontró coincidencia con los libros de texto de química general estudiados, situando con mayor descripción el fenómeno de disolución en los compromisos ontológicos y epistemológicos de las zonas molecular y eléctrico.

Es así como se encuentra el fenómeno disolución en los libros de texto de química general asociado a los modos de pensar del año 532 a.C. y la Edad Media, en la zona molar, en la que se consideraba al agua como una solución y ya se estudiaba el aumento de la solubilidad con la temperatura. En la zona molecular se encuentra relación con los planteamientos del siglo XVI en los compromisos ontológicos y en los epistemológicos las ideas del siglo XVIII, épocas donde predominaba el modelo de poros como explicación al fenómeno de la disolución, el sabor picante de los ácidos, la fuerza universal que unía a las moléculas, la importancia de la forma de las moléculas, la explicación a la saturación y la ley de Raoult para disoluciones ideales. Finalmente, en los compromisos epistemológicos de la zona eléctrica, se abarca casi en su totalidad la historia encontrada en este nivel acerca de la conducción eléctrica en disoluciones acuosas desde 1826 hasta 1923.

A continuación, se describen los compromisos ontológicos y epistemológicos de los libros de texto de química general estudiados (ver anexo F), en los que se presenta coincidencia con el desarrollo histórico del fenómeno disolución en las tres zonas: molar, molecular y eléctrico:

7.1.3.1 COMPROMISOS ONTOLÓGICOS Y EPISTEMOLÓGICOS DE LOS LIBROS DE TEXTO DE QUÍMICA GENERAL

Con respecto a los compromisos ontológicos hallados en la zona molar en los libros de texto de química general estudiados, se distingue una postura que coincide con la historia de la ciencia, en la que explican el fenómeno de la disolución a partir del agua como una **solución** que alberga en su interior una serie de sustancias, este modo de pensar lo comparte el libro Química General (Petrucci, Harwood, & Herring, 2003) en el que se expone que el agua es el solvente en las disoluciones acuosas presentes en todas partes, en el mar y en los seres vivos, además muchas sustancias en disolución acuosa se encuentran disociadas en iones.

El aumento de temperatura en función de la solubilidad constituye un compromiso epistemológico de la zona molar que comparte la historia de la ciencia con los libros de texto de química general estudiados. Este compromiso fue aportado por Lavoisier (1798) cuando al calentar una sal evidenció el aumento de la solubilidad, es así como en el libro Química General (Petrucci, Harwood, & Herring, 2003) se afirma que la solubilidad del 95% de las sustancias iónicas aumenta con la temperatura, sin embargo, esta afirmación difiere con la presentada en el libro Química, La Ciencia Central (Brown, Lemay, & Bursten, 2004) en el que exponen

es en la mayoría de solutos sólidos en agua en los que aumenta la solubilidad con la temperatura. Finalmente, el libro Química (Chang & Colleague, 2002) enfatiza en que el aumento de la solubilidad con la temperatura se debe medir experimentalmente, puesto que existen sustancias que disminuyen su solubilidad con el aumento de temperatura, tal es el caso de las disoluciones gaseosas, el Sulfato de Cerio (III) y el Carbonato de Litio.

Por otro lado, la zona molecular presenta en mayor medida coincidencia con los compromisos ontológicos y epistemológicos presentes en la historia de la ciencia y en las investigaciones sobre concepciones alternativas del fenómeno disolución. Con relación a los compromisos ontológicos, se halló similitud en los tres libros de texto estudiados con el sabor de los ácidos descrito por Nicholas Lémery, sin embargo, se encuentra también la descripción del sabor amargo de las bases en el libro Química la ciencia central (Brown, Lemay, & Bursten, 2004). Aun así, ninguno de los libros analizados se refiere a la disposición puntiaguda de la molécula del ácido y los poros de la base en los que se rompen las puntas de los ácidos.

La importancia de la similitud en la forma de las moléculas para el fenómeno de disolución propuesta por Georges Buffon, coincide con la ley de lo similar disuelve a lo similar presentado por los libros Química la Ciencia Central (Brown, Lemay, & Bursten, 2004) y Química (Chang & Colleague, 2002), además la investigación desarrollada por Cadet (2014) sobre concepciones alternativas de los estudiantes, arrojó como resultado la idea de que las sustancias con forma similar son solubles mutuamente.

En cuanto a los compromisos epistemológicos de la zona molecular, se encuentra relación con la idea de que el fenómeno de disolución se producía por la existencia de espacios vacíos entre moléculas de soluto y solvente abordados en el modelo de poros preformado propuesto por Gassendi, la introducción al término miscibilidad por Herón de Alejandría y Demócrito de Abdera, así como la teoría de interacción mutua propuesta por Platón. De este modo en el libro de texto Química General (Petrucci, Harwood, & Herring, 2003) se afirma que en el fenómeno de disolución las moléculas de soluto y solvente se encuentran próximas entre sí, esto debido al ingreso de las partículas de soluto en los poros del solvente. Así mismo, este modo de pensar coincide con la investigación sobre concepciones alternativas llevada a cabo por Ebenezer y Erickson (1996) en el que los estudiantes consideran que las moléculas del soluto ocupan espacios vacíos de las moléculas del solvente. Esta idea también concuerda con lo presentado en el libro Química (Chang & Colleague, 2002) en el que se explica que el fenómeno disolución se da por que las moléculas del soluto desplazan las moléculas del solvente y ocupan su posición, afirmación de la que se evidencia un tránsito de las representaciones semióticas, modificando el origen de la afirmación. No obstante, el término de miscibilidad en el libro Química,

La ciencia central (Brown, Lemay, & Bursten, 2004) se desarrolla considerando miscibles a las sustancias que se mezclan en todas las proporciones, mientras que las sustancias que no se disuelven en el otro son inmiscibles.

Uno de los compromisos epistemológicos que más predominó fue la explicación del fenómeno de disolución propuesta por Newton y William Nichol, en el que se afirma que el fenómeno es producido por fuerzas de atracción que mantiene unidas las sustancias en la disolución, hoy en día este modo de pensar corresponde con las fuerzas intermoleculares abordadas en la investigación sobre concepciones alternativas de Ebenezer y Erickson (1996) en la que los estudiantes explicaban el fenómeno de la disolución con la existencia de una atracción entre moléculas de soluto y moléculas del solvente. Por su parte los libros Química General (Petrucci, Harwood, & Herring, 2003) y Química la Ciencia Central (Brown, Lemay, & Bursten, 2004) presentan ideas similares a las de las concepciones alternativas de los estudiantes y a la historia de la ciencia, afirmando la presencia de una fuerza que mantiene las moléculas de soluto suficientemente próximas para formar una disolución, tal como se representa a continuación:

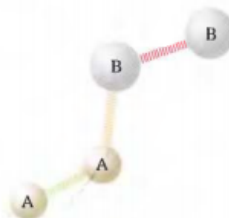


Figura 6. Representación de fuerzas intermoleculares en una disolución. Las moléculas de soluto nombradas con la letra B y el disolvente con la letra A.

Nota. Tomado de (Petrucci, Harwood, & Herring, 2003, pág. 540)

Adicionalmente, William Nichol afirmó que el fenómeno de la disolución se genera cuando la atracción entre el soluto y el solvente excede la atracción de soluto entre sí. Este modo de pensar se expresa de la misma manera en los libros Química General (Petrucci, Harwood, & Herring, 2003) y Química (Chang & Colleague, 2002).

Otro compromiso epistemológico se refiere a la saturación, la cual es explicada por Leander Dossios como la equivalencia de moléculas de solvente y de soluto en una disolución. Sin embargo, las investigaciones sobre concepciones alternativas y los libros de texto estudiados, tienen ideas diferentes a las planteadas en la historia de la ciencia. En las concepciones alternativas de los estudiantes, la saturación ocurre cuando el solvente no permite la absorción de más moléculas de soluto, este modo de pensar se asemeja con el presentado en el libro Química (Chang & Colleague, 2002). En el caso de los libros Química General (Petrucci, Harwood, & Herring,

2003) y Química la Ciencia Central (Brown, Lemay, & Bursten, 2004), la saturación se da cuando la velocidad de cristalización y de disolución se equilibran y la concentración de soluto se mantiene constante. En la figura 10, se evidencia que en (a) se agrega el soluto en el solvente y predominan la velocidad de disolución, en (b) la velocidad de cristalización es significativa, por último, en (c), se igualan las velocidades de disolución y de cristalización.

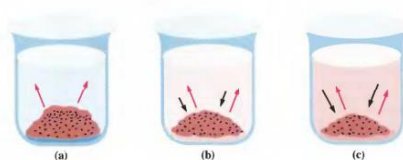


Figura 7. Representación de la formación de una disolución saturada.

Nota. Tomado de (Petrucci, Harwood, & Herring, 2003, pág. 544)

Finalmente, el último compromiso epistemológico en la zona molecular que comparte la historia de la ciencia y los libros de texto estudiados es la Ley de Raoult, la cual hace referencia a que la presión de vapor del solvente es proporcional a la concentración molecular del soluto. En este sentido, el libro Química la Ciencia Central (Brown, Lemay, & Bursten, 2004) se aproxima más a lo expuesto en la historia, puesto que los otros dos libros realizan una descripción a la fórmula de la Ley de Raoult, en la que la presión parcial de una disolución es igual a la fracción molar multiplicada por la presión de vapor del disolvente puro.

En la zona eléctrica, los compromisos epistemológicos relacionados con la conductividad eléctrica en disoluciones acuosas son compartidos casi en su totalidad con los 3 libros de texto de química general estudiados. El modo de pensar sugerido por Clausius en el que en disoluciones acuosas los iones se encuentran disociados generando conductividad eléctrica, coincide con los libros Química General (Petrucci, Harwood, & Herring, 2003) y Química la Ciencia Central (Brown, Lemay, & Bursten, 2004) en los que se menciona que el agua es mala conductora de electricidad, sin embargo, algunos sólidos presentes en ella se disocian en iones y hacen la disolución acuosa conductora de electricidad.

La teoría del bombardeo propuesto por Van't Hoff aporta otro compromiso epistemológico de la zona eléctrica; este compromiso surgió luego de estudiar la afinidad química en una membrana semipermeable, en la cual describió que la presión osmótica es la misma presión que ejercería un gas si éste ocupara el mismo volumen que la disolución, por tanto, la fórmula que planteo tiene variables similares a la ley del gas ideal. De este modo, los libros Química la Ciencia Central (Brown,

Lemay, & Bursten, 2004) y Química (Chang & Colleague, 2002) definen la ósmosis como el paso selectivo de las moléculas de solvente a través de una membrana, desde una disolución diluida a una concentrada. Así mismo, mencionan que la presión osmótica es la presión necesaria para detener la osmosis, y solo el libro Química la Ciencia Central (Brown, Lemay, & Bursten, 2004) explica que esta presión es similar a la ecuación de los gases ideales y representa la ósmosis con la siguiente figura:

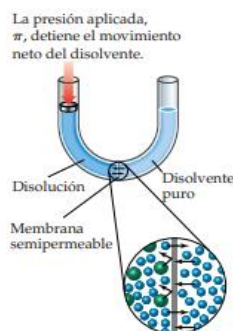


Figura 8. Representación de la ósmosis.

Nota. Tomado de: (Brown, Lemay, & Bursten, 2004, pág. 507)

Por otro lado, el comportamiento ácido-base constituye un compromiso epistemológico aportado por Arrhenius, Brønsted-Lowry y Lewis, en los que difiere la definición del ácido, la base, la neutralización y el anfoterismo. La teoría de Arrhenius y de Brønsted-Lowry se encuentra en los tres libros de texto de química general estudiados, y corresponde a lo que se encuentra en las fuentes secundarias de la historia de la ciencia, sin embargo, para la teoría de Brønsted-Lowry se encontró que el libro Química (Chang & Colleague, 2002) expresa un año de creación de la teoría distinto al encontrado en la historia. Por su parte, la teoría ácido-base de Lewis no está disponible en el libro Química la Ciencia Central (Brown, Lemay, & Bursten, 2004) y también difiere el año de creación de la teoría en los 2 libros, siendo Química General (Petrucci, Harwood, & Herring, 2003) el libro que corresponde con la historia.

7.2 PERFIL CONCEPTUAL DE DISOLUCIÓN LOS ESTUDIANTES PARTICIPANTES DE LICENCIATURA EN QUÍMICA

De acuerdo con la metodología planteada, en el presente apartado se exponen los resultados obtenidos en la fase 4, correspondientes a la aplicación del cuestionario (Ver ANEXO B) en 4 estudiantes de diferentes semestres del programa de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional. De este modo, se contó con la participación de dos estudiantes de primeros semestres del programa

antes mencionado, y 2 estudiantes que se encuentran finalizando sus estudios académicos. Esta distinción de semestres permitió el estudio de la evolución del perfil conceptual, a través de distintos semestres de la carrera universitaria, por medio de las zonas conceptuales establecidas y definidas en el estudio del desarrollo histórico del fenómeno disolución, investigaciones sobre concepciones alternativas del fenómeno disolución y análisis de los libros de texto de química general frecuentemente referenciados en el Departamento de Química de la Universidad Pedagógica Nacional.

Con ello, se procede exponer los resultados obtenidos en la fase 5, en la configuración del perfil conceptual de disolución en los estudiantes participantes de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional.

7.2.1 COMPROMISOS ONTOLÓGICOS Y EPISTEMOLÓGICOS DE LOS ESTUDIANTES DE LICENCIATURA EN QUÍMICA

La aplicación del cuestionario (Ver ANEXO B) en 2 estudiantes de primeros semestres y 2 estudiantes que se encuentran finalizando sus estudios de pregrado en el programa Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional, permitió identificar coincidencia con los modos de pensar hallados en el desarrollo histórico del fenómeno disolución, el estudio de las concepciones alternativas de los estudiantes y el análisis de los libros de texto de química general frecuentemente referenciados en el Departamento de Química de la Universidad Pedagógica Nacional.

En este sentido, a continuación, se describen los compromisos ontológicos y epistemológicos hallados en los estudiantes participantes en paralelo con los modos de pensar de la génesis del fenómeno de la disolución, los estudios sobre concepciones alternativas de los estudiantes y los libros de texto de Química general en las 3 zonas conceptuales: molar, molecular y eléctrico. En el anexo G, se presenta una categorización de estos compromisos en las 3 zonas:

Se evidencia coincidencia con los modos de pensar hallados en el desarrollo histórico del fenómeno disolución, los estudios sobre concepciones alternativas de los estudiantes y el análisis de los libros de química general. En cuanto a los compromisos epistemológicos de la zona molar se encontró similitud en los 4 estudiantes con la definición de los libros de texto de química general sobre el fenómeno disolución, además de la concordancia del aumento de la solubilidad con la temperatura, estudiado en 1798.

En los compromisos epistemológicos de la zona molecular se halló concordancia con la descripción del fenómeno disolución de la Edad Media, en la que se consideraban los espacios entre moléculas del soluto, ocupados por las moléculas del solvente, este modo de pensar también se encontró en las investigaciones sobre concepciones alternativas de los estudiantes. Además, de la similitud con las fuerzas intermoleculares abordadas en los libros de texto de química general y propuestas en la historia como fuerza que mantiene unidas a las sustancias, este modo de pensar también se encontró en las investigaciones sobre concepciones alternativas, en las que se describe una atracción entre moléculas de soluto y solvente. Así mismo, la saturación de la disolución constituye otro compromiso abordado en 1867 en la historia del fenómeno, las concepciones alternativas de los estudiantes y los libros de texto de química general.

Finalmente, en los compromisos epistemológicos de la zona eléctrica se halló similitud con los modos de pensar del año 1881 y el libro Química la ciencia central (Brown, 2004) en cuanto a la disociación de iones. Además de las reacciones ácido-base de las que se encuentra similitud con la descripción de neutralización de Arrhenius y los 3 libros de texto de química general y, la significación de ácido y base de Brønsted-Lowry, presente en los libros de texto de química general estudiados.

7.2.2 ZONAS DEL PERFIL CONCEPTUAL

La determinación de los compromisos ontológicos y epistemológicos del perfil conceptual de los estudiantes participantes de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional, permitió identificar que dentro de una misma cultura, en este caso, de educación científica, existe concordancia con los modos de pensar, de los que se determinan las zonas conceptuales, en este caso, establecidas a partir de las fuentes documentales: desarrollo histórico del fenómeno de la disolución, estudios sobre concepciones alternativas y análisis de los libros de química general frecuentemente referenciados en el Departamento de Química de la Universidad Pedagógica Nacional.

De este modo, a continuación, se presenta el análisis, la descripción e interpretación individual de cada zona conceptual a través de distintos semestres del programa de pregrado Licenciatura en Química.

7.2.2.1 Zona molar

Con respecto a los compromisos epistemológicos y al pedirles explicar el sistema propuesto en el cuestionario (Ver ANEXO B) se observa que los estudiantes E1-2, E2-3, E2-10 confunden el fenómeno disolución con solución, explicando la imagen como una disolución. La significación propuesta por los estudiantes coincide con la encontrada en los tres libros de texto de química general, en la que se expone la disolución como una mezcla homogénea. Así mismo, se observa una descripción breve por parte de los estudiantes E1-2 y E2-3 donde precisan los componentes y describen una sola fase en el sistema. Los estudiantes que se encuentran finalizando sus estudios académicos, E3-10 y E4-10 aportan una definición más amplia, en cuanto a las características de la solución, del soluto, del solvente y estado de agregación.

El aumento de la solubilidad con la temperatura corresponde a otro compromiso epistemológico que coincide en los 4 estudiantes; frente al problema de aumentar más soluto al sistema, los estudiantes reconocieron la temperatura como factor que aumenta la solubilidad, así mismo, los estudiantes que se encuentran iniciando el programa académico agregaron otro factor, la agitación. Ellos consideran que estos factores aumentan la rapidez con la que se lleva a cabo la disolución. No obstante, en los libros de texto estudiados, la agitación no constituye un factor que aumente la solubilidad de una disolución. El estudiante E1-2 afirma que la agitación permite que las partículas del soluto se distribuyan en el solvente, y para el estudiante E2-3 con la agitación el soluto va separando capas del solvente y se forma más fácilmente la disolución.

Por su parte los estudiantes que se encuentran finalizando sus estudios afirman que la temperatura aumenta la solubilidad de la disolución, con ello es posible agregar más soluto.

En síntesis, se encontró concordancia en los 4 estudiantes participantes con la afirmación de Lavoisier en cuanto al aumento de solubilidad con la temperatura y los estudiantes que se encuentran iniciando sus estudios agregan la agitación como otro factor que aumenta la solubilidad, además todos los estudiantes coinciden con la descripción presentada en los libros de texto de Química general para disolución, como se evidencia en la siguiente figura.

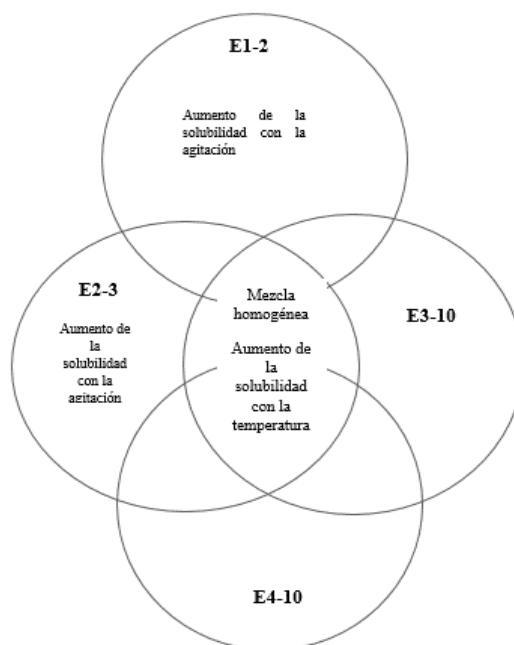


Figura 9. *Relación de los modos de pensar de los estudiantes de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional en la zona molar.*

Nota. Fuente propia.

7.2.2.2 Zona molecular

Con respecto a los compromisos epistemológicos encontrados en la zona molecular, se halló que el estudiante E2-3 describió el fenómeno de disolución en concordancia con el modo de pensar de Herón de Alejandría, Demócrito de Abdera en la Edad media, Platón y Pierre Gassendi en el siglo XVI en el que se afirmaba que el fenómeno de la disolución se daba por la existencia de espacios vacíos entre las moléculas de ambas sustancias. Este estudiante también precisó que las moléculas de solvente se introducen en los espacios de las moléculas de soluto, rompen sus enlaces y forman la disolución.

Así mismo, este modo de pensar se encuentra en el libro Química (Chang & Colleague, 2002) y en el estudio de Ebenezer y Erickson (1996) sobre concepciones alternativas de los estudiantes, en los que se expone que las moléculas de soluto ocupan espacios vacíos del solvente.

Además, se identificó concordancia con los modos de pensar de los libros de texto de química general y el estudio de Ebenezer y Erickson (1996) sobre concepciones alternativas de los estudiantes, en las que se aborda las fuerzas intermoleculares como una atracción entre moléculas que las mantiene unidas, tal como lo afirmó Newton y William Nichol. En este sentido, los estudiantes E1-2, E3-10 y E4-10 explicaron el fenómeno propuesto bajo las interacciones de puentes de hidrógeno, sin embargo, se denota mayor descripción en los estudiantes que se encuentran finalizando sus estudios, puesto que han adquirido mayor conocimiento a lo largo de la carrera universitaria. De este modo, caracterizan los puentes de hidrógeno como interacciones electrostáticas entre las moléculas de agua y el soluto.

La saturación de la disolución constituye otro compromiso epistemológico de la zona molecular que coincide con las investigaciones sobre concepciones alternativas de los estudiantes y el libro Química (Chang & Colleague, 2002). De este modo, el estudiante E1-2 describe el sistema como sobresaturado, debido a que se encuentra más soluto de lo que el solvente puede disolver. Por su parte los estudiantes que se encuentran finalizando sus estudios, dan cuenta del aumento de temperatura para aumentar la solubilidad del sistema, la perturbación que puede desencadenar una disolución saturada y el precipitado que se genera con el aumento de soluto, llevando el sistema a una mezcla heterogénea.

A continuación, se evidencia en la figura 13 la coincidencia de la zona molecular con los estudiantes de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional.

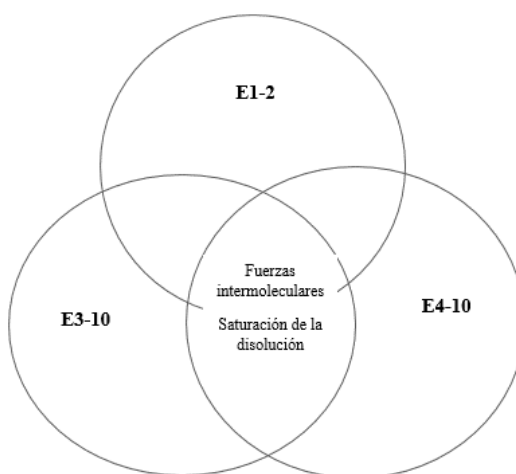


Figura 10. Relación de los modos de pensar de los estudiantes de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional en la zona molecular.

Nota. Fuente propia.

7..2.2.3 Zona eléctrica

Con relación a los compromisos epistemológicos de la zona eléctrica se encontró similitud con los modos de pensar del libro Química La Ciencia Central (Brown, Lemay, & Bursten, 2004) y con la historia de la ciencia, cuando en 1881 Rudolf Clausius abordó la disociación de iones sobre efectos de una corriente eléctrica en una solución conductora. De este modo, al presentarles la situación cotidiana del “corrientazo” que sufrió Ana al conectar la licuadora en un interruptor donde se encontraba una pared húmeda (Ver ANEXO B), el estudiante E1-2 describió que la conducción de electricidad se debía por la presencia de iones en el agua contenida en la licuadora, mientras que los estudiantes E3-10 y E4-10, afirmaron que este fenómeno se da por las sales ionizadas contenidas en el agua, tal como se expone en el libro Química La Ciencia Central (Brown, Lemay, & Bursten, 2004).

Por otro lado, frente a la situación propuesta sobre el tratamiento de la picadura de abeja (Ver ANEXO B), se encontró divergencia entre los modos de pensar del estudiante E1-2 y el estudiante E3-10, aun cuando los dos estudiantes coincidieron en que se trataba de una reacción de neutralización, el estudiante E1-2 asumió que se daba una neutralización por el carácter anfótero del agua, mientras que el estudiante E3-10, dio cuenta de una reacción de neutralización del veneno ácido de la abeja y el bicarbonato (base) disuelto en agua, afirmando que la neutralización se da dependiendo de los volúmenes y concentraciones del ácido y la base. Este modo de pensar se encuentra propuesto por Arrhenius en la historia de la ciencia y en los libros Química (Chang & Colleague, 2002) y Química General (Petrucci, Harwood, & Herring, 2003).

Así mismo, el estudiante E4-10 explicó el ácido y la base en coincidencia con el modo de pensar de Brønsted-Lowry expuesto en los 3 libros de texto de Química general estudiados. Añadiendo, las características que estas dos sustancias tienen en la escala de pH.

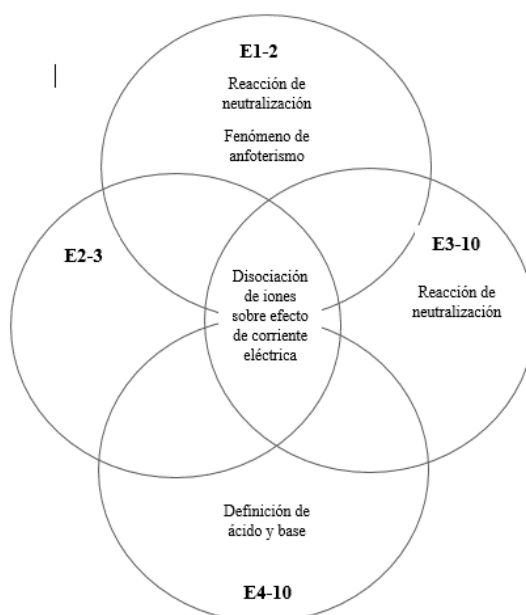


Figura 11. *Relación de los modos de pensar de los estudiantes de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional en la zona eléctrica*

Nota. Fuente propia.

En la figura anterior, se evidencia que los 4 estudiantes de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional comparten modos de pensar en la zona eléctrica.

De acuerdo con lo anteriormente expuesto, se evidencia que los estudiantes de primeros semestres del programa académico Licenciatura en Química difieren en sus modos de pensar el fenómeno de la disolución, mientras que para el estudiante E1-2 las zonas de mayor incidencia es la zona eléctrica y la zona molecular, para el estudiante E2-3 es la zona molar, así mismo, para este estudiante solo se encontró un modo de pensar en la zona molecular que coincide con las concepciones abordadas en la Edad Media y el siglo XVI. Por otro lado, los estudiantes que se encuentran finalizando sus estudios académicos tienen modos de pensar similares y comparten en la misma medida los compromisos epistemológicos de las 3 zonas, por lo que se deduce, que al finalizar la escolaridad de la licenciatura, los estudiantes presentan mayor número de zonas en su perfil conceptual lo que probablemente se deba a la influencia de los cursos de química universitaria desarrollados hasta esos períodos y a las oportunidades desde el punto de vista interdisciplinar del currículo, donde estos estudiantes han podido aplicar sus concepciones en otras áreas del saber (López W. , 2017, pág. 132).

Es importante destacar que los modos de pensar de los 4 estudiantes que se encuentran iniciando y finalizando sus estudios académicos, se acomodan más a las ideas presentadas en los libros de texto de química general estudiados, que al

desarrollo histórico del fenómeno disolución. De este modo, se considera que los libros de texto son la herramienta de soporte de los profesores en la enseñanza de ciencia de la cual basan su discurso en el aula. Además, los libros de texto comparten compromisos ontológicos y epistemológicos de la historia de la ciencia, transformados con el objetivo de facilitar la enseñanza y aprendizaje de la química. De tal manera, que los estudiantes basan sus consultas en los libros de texto como lenguaje social y universal de la ciencia.

En cuanto al lenguaje usado por los 4 estudiantes frente a las situaciones problema propuestas en el cuestionario (Ver ANEXO B) se identificó divergencia entre los estudiantes que se encuentran iniciando y finalizando el programa de pregrado. Desde este punto de vista, los estudiantes que se encuentran finalizando sus estudios cuentan con un conocimiento más amplio que les permitió identificar con mayor claridad los fenómenos propuestos, otorgándoles características más técnicas mediante un lenguaje complejo en comparación con los estudiantes de primeros semestres, quienes dan cuenta del fenómeno y lo explican mediante afirmaciones cortas, sin tener en cuenta características y propiedades para su definición, usando implícitamente términos cotidianos con los que están familiarizados y les permite responder a las problemáticas propuestas.

Por otro lado, se encontró heterogeneidad de los modos de pensar en cada zona conceptual construida a partir de los compromisos ontológicos y epistemológicos de las fuentes documentales: desarrollo histórico del fenómeno disolución, estudios sobre concepciones alternativas y libros de texto de química general, en los cuales se explica el fenómeno disolución desde la solubilidad, las fuerzas intermoleculares, la teoría ácido-base y los fenómenos electroquímicos. De este modo, el perfil conceptual enfatiza la diversidad de pensamiento y discurso como la importancia de la demarcación entre los contextos apropiados, por lo que al presentar diferentes situaciones cotidianas en los que se involucra el fenómeno de disolución, se logró identificar la coexistencia de diversos significados usados pragmáticamente en cada contexto en los estudiantes de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional.

Finalmente, uno de los hallazgos es que se infiere que mientras los estudiantes no superen la zona molar, el término solución y disolución parecen significar lo mismo, que es la descripción del fenómeno. El término disolución es el más encontrado en los libros de texto de química general estudiados y en algunos documentos de valor histórico, por lo tanto, coexisten como sinónimos, cuando en el fundamento químico se encuentra que no corresponden a lo mismo. En este sentido, se considera el término solución como el concepto y es a lo que se quiere llegar, es decir, a una mezcla homogénea, en tanto que disolución es el fenómeno.

8. CONCLUSIONES

A continuación, se presentan las reflexiones finales de la investigación que surgen como consecuencia de la aplicación del procedimiento descrito en el marco metodológico para dar respuesta a la pregunta problema planteada y guiada a partir de los objetivos propuestos para la investigación:

El reconocimiento de los compromisos ontológicos y epistemológicos en las fuentes documentales (génesis del fenómeno disolución, estudios sobre concepciones alternativas de los estudiantes y análisis de los libros de texto de química general frecuentemente referenciados) permitió identificar que dentro de una misma cultura, en este caso educación científica, aparecen las mismas categorías por las que se establecieron 3 zonas conceptuales molar, molecular y eléctrico, cada una de estas zonas conceptuales puso en evidencia la diversidad de significaciones para el fenómeno disolución usadas pragmáticamente en cada contexto vinculado a solubilidad, fuerzas intermoleculares, teoría ácido-base y fenómenos electroquímicos.

Las investigaciones sobre concepciones alternativas de los estudiantes y el análisis de los libros de química general frecuentemente referenciados dan cuenta de que los modos de pensar coinciden con los presentados en la historia y filosofía de la ciencia. Sin embargo, en los libros de texto se presenta un tránsito en las representaciones semióticas con el objetivo de facilitar el proceso de enseñanza y aprendizaje de las temáticas.

La construcción del perfil conceptual de los estudiantes participantes de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional permitió identificar que los modos de pensar se acomodan más a los presentados en los libros de texto de química general estudiados, teniendo en cuenta que los compromisos ontológicos y epistemológicos coinciden con los presentados en la historia y filosofía de la ciencia y son transformados con el fin de facilitar la enseñanza y aprendizaje de la química, por tanto, son el soporte del cual los docentes basan su discurso en el aula y los estudiantes los usan como compendio de conocimientos para afianzar lo aprendido.

Además, se halló disonancia en los modos de pensar de los estudiantes que se encuentran iniciando el programa académico, mientras que para el estudiante que se encuentra en segundo semestre, la zona de mayor incidencia es la eléctrica, para el estudiante que cursa tercer semestre es la zona molar. En el caso de los estudiantes de último semestre académico, se evidenció igualdad de compromisos ontológicos y epistemológicos en las 3 zonas, dado a la cantidad de contenidos académicos que han desarrollado a lo largo de la carrera

universitaria, les permitió contar con mayor número de zonas y un lenguaje más técnico en cada situación cotidiana propuesta.

Por otro lado, las situaciones cotidianas propuestas para evaluar el perfil conceptual en los estudiantes participantes dan cuenta de que el término disolución se significa polisémicamente dependiendo del contexto de uso.

Finalmente, los hallazgos encontrados dan cuenta de que en los estudiantes coexisten los términos solución y disolución como sinónimos, sin embargo, los fundamentos de la química indican que no corresponden a lo mismo. Por tanto, se sugiere que en la formación de profesores en química se precise el contexto en el que se usa el término disolución, con fines de fortalecer la relación entre el comportamiento químico de las sustancias y el termino que debería ser usado.

9. RECOMENDACIONES

La presente investigación brinda elementos necesarios a tomar en cuenta en las estrategias de enseñanza de la química, resaltando la importancia de que el docente a cargo de un curso reconozca el perfil conceptual de sus estudiantes y fortalezca epistemológicamente sus conocimientos. De este modo, se recomienda realizar un ejercicio a profundidad utilizando la metodología expuesta en la presente investigación, en la que se implemente una secuencia de actividades que conduzca a mejorar la articulación entre los compromisos que se identificaron débiles en función de las categorías epistemológicas en el curso.

Así mismo, se recomienda ampliar la investigación a un número significativo de estudiantes con respecto a la población estudiantil del programa Licenciatura en Química, con el fin de revisar los resultados preliminares en los que al parecer los estudiantes que se encuentran finalizando la carrera, no superan el nivel molecular para la explicación del fenómeno de la disolución. De modo que este resultado sirva en cuanto a la reflexión de las formas curriculares en el Departamento de Química.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Angulo, D. (2012). El cambio conceptual, ¿un incremento del conocimiento o una transformación de los imaginarios? *Revista EDUCyT*, 23-31.
- Arrhenius, S. (1912). *Theories of Solutions*. London: Yale University Press.
- Bachelard, G. (1940). *La Philosophie du non: essai d'une philosophie do nouvel esprit scientifique*. Paris: Les Presses universitaires de France.
- Bakhtin, M. (1981). *The dialogic imagination*. Austin: ed. by Michael Holquist: University of Texas Press.
- Bakhtin, M. (1993). ¿Qué es el lenguaje? En A. Silvestri, & G. Blanck, *Bajtín y Vigotski: La organización semiótica de la conciencia* (págs. 217-243). Barcelona: Anthropos.
- Blanco, A., Ruíz, L., & Prieto, T. (2010). El desarrollo histórico del conocimiento sobre las disoluciones y su relación con la teoría cinético-molecular. Implicaciones didácticas. *Enseñanza de las ciencias*, 447- 458.
- Brown, L., Lemay, H., & Bursten, B. (2004). *Química La Ciencia Central*. México: Prentice Hall.
- Cadet, O. (2014). Análisis de las ideas previas sobre disoluciones. Una experiencia pedagógica con estudiantes de un colegio artístico de Santiago, Chile. *III Conferencia latinoamericana del international, history and philosophy of teaching group IHPST* , (págs. 99-103). Santiago de Chile.
- Cerrón, W. (2019). La investigación cualitativa en educación. *Horizonte de la ciencia*, 1-8.
- Chang, R., & Colleague, W. (2002). *Química*. México, D.F: Mc Graw Hill.
- Cobern, W. (1993). Contextual Constructivism: The impact of culture on the learning and teaching of science. *Scientific Literacy and Cultural Studies Project*, 51-69.
- Cobern, W. (1996). Woldview theory and conceptual change in science education. *Science Education*, 579-610.
- Devetak, I., Vogrinc, J., & Glazar, S. (2008). Assessing 16-year-old students' understanding of Aqueous solution at submicroscopic level. *Investigación en ciencias de la educación*, 157-179.
- Dolby, R. (1976). Debates over Theory of Solution: A study of dissent in physical chemistry in the english- speaking world in the late nineteenth and early twentieth centuries. *Historical Studies in the Physical Sciences*, 297-404.
- Ebenezer, J., & Erickson, G. (1996). Chemistry students' conceptions of solubility: A phenomenography. *Science Education*, 181-201.
- El-Hani, C., & Bizzo, N. (2002). Formas de Construtivismo: Mudança conceitual e Construtivismo Contextual. *Ensaio Pesquisa em Educação em ciencias*, 40-64.
- Furió Más, C., Calatayud, M., Guisasola, J., & Furió Gómez, C. (2005). ¿Cómo se presentan los conceptos y teorías de las reacciones ácido-base? Química en los libros de texto y tal como la presentan los maestros. *International Journal of Science Education*, 1-22.

- Grapí, P., & Izquierdo, M. (1997). Berthollet's conception of Chemical Change in context. *AMBIX*, 113-130.
- Hall, F. (s.f). The theory of Acids and Bases. *Education of Chemistry*, 91-98. Obtenido de Royal Society of Chemistry.
- Hildebrand, J. (1981). A History of Solution Theory. *The Journal of Physical Chemistry*, 1-24.
- Holding, B. (1987). *Investigation of schoolchildren's understanding of the process of Dissolving with special reference to the Conservation of Matter and the development of Atomistic Ideas* . (Tesis doctoral) Leeds: University of Leeds.
- Jensen, W. (1998 a,b,c). Logic, History and Chemical Textbooks. *Journal Chemical Education*, 679-687.
- Lavoiser, A. (1798). *Tratado Elemental de la Química*. París: Editorial Crítica.
- Layton, D. (1965). The original observations of Brownian motion. *Journal Chemical Education*, 367-368.
- López, P., & Fachelli, S. (2015). *Metodología de la investigación social cuantitativa*. Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona.
- López, W. (2017). El perfil conceptual del equilibrio químico de estudiantes universitarios de educación. *Educere, Revista venezolana de educación*, 71-80.
- Marrero, J., & Rodríguez, L. (2007). Bakhtin y la educación. *Revista Currículum*, 27-56.
- Megino, C. (2002). El origen de la idea de vacío en Grecia. *ÉNDOXA: Series Filosóficas*, 313-332.
- Melquesedeque, F., Talanquer, V., & Amaral, E. (2019). Conceptual profile of chemistry: A framework for enriching thinking and action in chemistry education. *Internationak Journal of Science Education*, 2-19.
- Mortimer, E. (1994). *Evolucao do atomismo em sala de aula: Mudanca de perfis conceituais*. Obtenido de <http://www.btdeq.ufscar.br/teses-e-dissertacoes/evolucao-do-atomismo-em-sala-de-aula-mudanca-de-perfis-conceituais>
- Mortimer, E. (2001). Perfil Conceptual: Formas de pensar y hablar en las clases de ciencias. *Infancia y Aprendizaje*, 475-490.
- Mortimer, E., & El-Hani, C. (2014). *Conceptual profiles- A theory of teaching and learning scientific concepts*. The Netherlands: Springer Publishing.
- Mortimer, E., & Scott, P. (2003). *Meaning making in secondary science classrooms*. Maidenhead: Open University Press.
- Ocelli, M., & Valeiras, N. (2012). Los libros de texto de ciencias como objeto de investigación: Una revisión bibliográfica. *Enseñanza de las ciencias*, 133-152.
- Okuda, M., & Gómez, C. (2005). Métodos en la investigación cualitativa: triangulación. *Revista colombiana de Psiquiatría*, 118-124.
- Padilla, M. (2002). *Técnicas e instrumentos para el diagnóstico y la evaluación educativa*. Madrid: CCS.
- o de situaciones de equilibrio, en comunidades culturalmente diferenciadas. *Diversidad cultural y Educación*, 8-28.

- Pedrerros, R. (2011). Compromisos ontológicos y epistemológicos en el estudio de situaciones de equilibrio, en comunidades culturalmente diferenciadas. *Diversidad cultural y Educación*, 8-28.
- Pedrerros, R. (2015). *Perfil conceptual de calor y conglomerados de relevancias en comunidades culturalmente diferenciadas*. Obtenido de Universidad Distrital Francisco José de Caldas: <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/7887/2/PedrerrosMartinezRosalnes2016.pdf>
- Petrucci, R., Harwood, W., & Herring, F. (2003). *Química General*. España: Prentice Hall.
- Sanabria, Q. (2019). Aproximación al perfil conceptual de disoluciones electrolíticas. *Encuentro de ciencias básicas* 3, 20-30.
- Selley, N. (1998). Alternative models of dissolution. *School Science Review*, 79-83.
- Siegfried, R. (1982). Lavoisier's Table of Simple Substances: Its origin and interpretation. *AMBIX*, 29-48.
- Simonetti, M. (2014). *Crianças "Á Sombra do conceito" Perfil conceptual de gravidade*. Obtenido de Universidade Federal Do Ceará: http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/22865/1/2014_tese_masgan drade.pdf
- Stake, R. (1995). *The art of case study research*. Londrés: Sage Publications.
- Tulviste, P. (1991). *The cultural-historical development of verbal thinking*. Nueva York: Nova Science.
- Valdez, S., Flores, F., Gallegos, L., & Herrera, M. (1988). Ideas previas en estudiantes de bachillerato sobre conceptos básicos de química vinculados al tema de disoluciones. *Investigación Educativa*, 155-162.
- Valencia, J., & Zarate, H. (2012). *Secuencia de actividades para la construcción de una concepción cíclica y compleja del proceso: "Ciclo del agua"*. Obtenido de Universidad del Valle: <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/4712/1/CB-0473296.pdf>
- Weber, W. (1979). *Control de la calidad del agua en procesos fisicoquímicos*. España: Reverté, S.A.
- Webster, C. (1966). Water as the ultimate principle of nature: the background to Boyle's sceptical chymist. *AMBIX*, 96-107.
- Ziegler, B., Lenz, V., & Pires, V. (2001). *Bakhtin. Diálogos inconclusos*. Obtenido de Publicacoes Mestrado em letras. PPGL. Colecao Ensaios, núm.5: <http://www.ufsm.br/mletras/publicacoes/ensaios05.htm>

11. ANEXOS

ANEXO A. ENCUESTA SOBRE LIBROS DE TEXTO DE QUÍMICA GENERAL EN EL DEPARTAMENTO DE QUÍMICA DE LA UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

ENCUESTA PARA TRABAJO DE GRADO

*Obligatorio

Nombre *

Tu respuesta

Semestre *

Tu respuesta

Estimado colega a continuación encontrará una lista de libros de química frecuentemente referenciados como libros de texto en los cursos de química del programa de la Licenciatura en Química, por lo anterior, le solicitamos que seleccione el orden de importancia que para usted tienen estos libros por su calidad en la información. *

1. Química, la ciencia central: Theodore L. Brown
2. Química General: Ralph Petrucci
3. Química: Raymond Chang

- 1, 2, 3
- 2, 1,3
- 3,1,2
- 3, 2,1

ANEXO B. CUESTIONARIO APLICADO A LOS ESTUDIANTES PARTICIPANTES DE LICENCIATURA EN QUÍMICA DE LA UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
TRABAJO DE GRADO

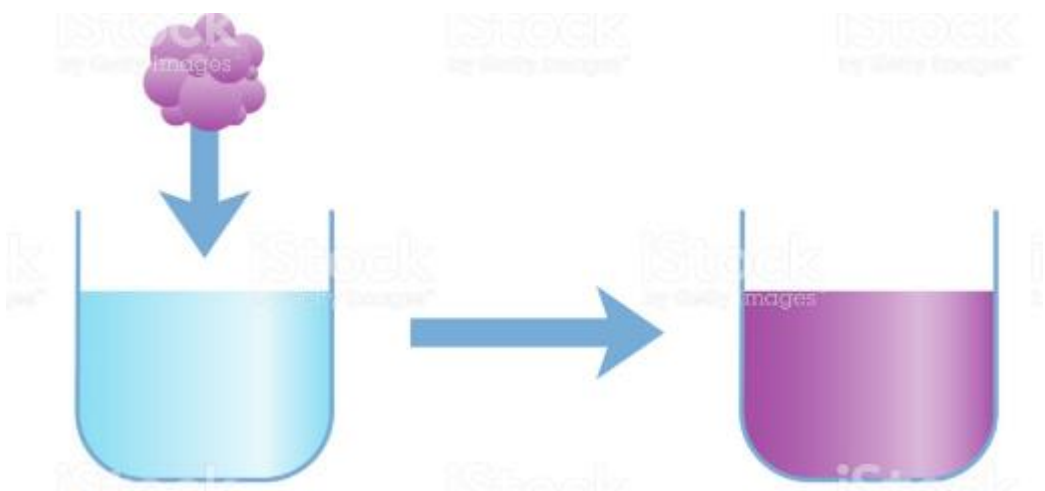
INSTRUMENTO N°2

NOMBRE: _____ SEMESTRE: _____



Estimado colega, a continuación, encontrará una serie de planteamientos que esperamos nos ayude a contestar con base en sus conocimientos en química, para ello es importante que use todo el recurso que considere necesario y suficiente. De antemano agradecemos su colaboración y sinceridad.

1) Ana se encuentra revisando sus compromisos académicos para la clase de ciencias, y se encontró con que necesita explicar suficientemente las imágenes que se presentan a continuación:



Tomado de: https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn%3AANd9GcTQdq25PB6E7zEPvLzVLaAvqIJ_ANpPloXfmlc8P_yVmKtFASvy&usqp=CAU

Preocupada por qué escribir, decide pedir ayuda a un amigo, usted. Recuerde que es necesario explicar muy bien este fenómeno, use todo lo que considere relevante de la teoría que conoce.

2) El segundo problema que enfrenta Ana es el siguiente; el profesor de la clase le ha solicitado que describa y represente a nivel macroscópico y microscópico una disolución saturada de NaCl en agua. Para ello le suministró los siguientes datos:

La solubilidad de la sal común (NaCl) en agua a 20°C es de 36 g en 100 g de agua.

Sin embargo, ella tiene las siguientes preguntas ¿Por qué se disuelve la sal en agua? Y si agregara al volumen de agua antes mencionado más cantidad de sal (36g) ¿esta se disuelve o no?, ¿cómo explicar que hizo su propio ensayo y logró

disolver más sal? ¿qué crees que hizo para lograr su objetivo y como explicarías químicamente este fenómeno?

3) Ana es muy curiosa y se dio cuenta que en la finca de su tío Alberto cuando están en el apiario (lugar donde cultivan abejas) y uno de los ayudantes es picado por accidente, inmediatamente le lavan la zona afectada con agua que tiene disuelto bicarbonato de sodio (NaHCO_3), a ella le parece que este fenómeno está vinculado a lo que está aprendiendo en clase de ciencias, te invitamos a que elabores tus argumentos de si ella está en lo cierto, y en ese caso, que relates con detalle qué es lo que sucede químicamente.

4) Hoy Ana ha sufrido un percance en la cocina de su casa, pese a la advertencia materna de no operar la licuadora cuando se haya lavado la pared donde está el interruptor, ha encendido el aparato, no se dio cuenta que había aún agua.

¿qué crees que pasó? Relata la situación según tu experiencia y luego, ayúdate de la representación científica para complementar la explicación. Pues Ana no entiende, si el agua, es una sustancia pura, polar, mala conductora de la electricidad, porqué actuó, así como en el relato.

ANEXO C. MATRIZ DE CATEGORIZACIÓN DE COMPROMISOS ONTOLÓGICOS Y EPISTEMOLÓGICOS

ZONA	COMPROMISOS		AUTOR	LIBRO DE QUÍMICA GENERAL /ESTUDIANTES	LIBRO DE QUÍMICA GENERAL /ESTUDIANTES	LIBRO DE QUÍMICA GENERAL /ESTUDIANTES
MOLAR	ONTOLÓGICOS					
	EPISTEMOLÓGICOS					
MOLECULAR	ONTOLÓGICOS					
	EPISTEMOLÓGICOS					

ELÉCTRICO	EPISTEMOLÓGICOS					

ANEXO D. COMPROMISOS ONTOLÓGICOS, EPISTEMOLÓGICOS Y ZONAS DE LA HISTORIA Y EPISTEMOLOGÍA DEL CONCEPTO DISOLUCIÓN.

COMPROMISOS		AUTOR	ZONA
ONTOLÓGICOS	El agua como una solución que alberga en su interior una serie de sustancias.	Arrhenius Walton Tales de Mileto	MOLAR
	Partículas de ácidos puntiagudas y con sensación al paladar picante, álcalis poseen poros en los que se rompen las puntas de las partículas del ácido.	Nicholas Lémery	MOLECULAR
	El fenómeno de la disolución se produce entre moléculas con características fisicoquímicas similares.	Georges-Louis Buffon	
EPISTEMOLÓGICOS	En el fenómeno de la disolución, aumenta la solubilidad, al aumentar la temperatura.	Antoine Lavoisier	MOLAR
	El fenómeno de la disolución se produce por la existencia de vacío entre átomos de soluto y solvente.	Demócrito de Abdera, Herón de Alejandría, Platón, Pierre Gassendi	MOLECULAR
	El fenómeno de la disolución es producido por fuerzas de atracción que mantiene unidas dos sustancias diferentes, formando una nueva.	Newton William Nichol Claude Louis Berthollet	
	En la solución de sales no se experimenta ninguna descomposición ni de la sal ni del agua.	Antoine Lavoisier	
	En la disolución de los metales siempre se descompone el ácido o el agua.		
	En el fenómeno de la disolución, la saturación ocurre cuando las moléculas en solución son iguales a las que se reúnen con ella.		
	En el fenómeno de la disolución, la solubilidad aumenta con la temperatura, es decir, con el aumento de movimiento molecular.	Leander Dossios	
	En el fenómeno de disolución ideal, la disminución del punto de congelación y de la presión de vapor de una disolución diluida es directamente proporcional a la concentración molecular.	François-Marie Raoult	ELÉCTRICO
	En el fenómeno de la disolución sobre efectos de la corriente eléctrica, se produce disociación de iones.	Rudolf Clausius	
	Al disolver sustancias ácidas y básicas en agua, los ácidos aumentan su concentración de H ⁺ y las bases producen iones OH ⁻	Svante August Arrhenius	
	La neutralización es una reacción entre iones H ⁺ de un ácido con iones OH ⁻ de una base para formar agua.		
	En el fenómeno de disoluciones acuosas de sales que carecen de H ⁺ y iones OH ⁻ se da una reacción de hidrólisis en la que el agua interviene como reactivo y se produce un ácido y una base.		

	En el proceso de osmosis, el disolvente pasa a través de una membrana porosa hacia la disolución con mayor concentración de soluto. La presión osmótica es la fuerza requerida para detener el proceso.	Jacobus Henricus Van't Hoff	
	Un ácido es una sustancia que produce un protón y una base es una sustancia que puede combinarse con un protón.	Brønsted -Lowry	
	El fenómeno de anfoterismo o se presenta en todas las sustancias que pueden comportarse como ácido o como base.		
	Un ácido es una especie deficiente en electrones, la base es una especie con un par de electrones para donar.	Gilbert Newton Lewis	

ANEXO E. COMPROMISOS ONTOLÓGICOS Y ZONAS DE LOS ESTUDIOS SOBRE CONCEPCIONES ALTERNATIVAS DEL FENÓMENO DISOLUCIÓN

COMPROMISOS		AUTOR	ZONA
ONTOLÓGICOS	El soluto absorbe al solvente y en un momento dado no habrá más solvente.	Valdez, Flores, Gallegos y Herrera (1998)	MOLAR
	La disolución como un cambio de estado del soluto en el solvente.	Ebenezer y Erickson (1996)	
	Desaparición del soluto en el solvente	Valdez, Flores, Gallegos y Herrera (1998)	MOLECULAR
	Las disoluciones son mezclas con componentes compatibles.	Cadet (2014)	
	Moléculas de soluto en solución se separan y no se observan.	Valdez, Flores, Gallegos y Herrera (1998)	
	En soluciones saturadas los elementos químicos del solvente no permiten la absorción de más elementos.	Valdez, Flores, Gallegos y Herrera (1998)	
	Sustancias con forma similar son solubles mutuamente.	Cadet (2014)	
	Disolución como un cambio químico, las moléculas de soluto se combinan con las del solvente y forman una sola molécula.	Ebenezer y Erickson (1996)	
	Moléculas del soluto ocupan espacios vacíos de las moléculas del solvente.	Ebenezer y Erickson (1996)	
	Se produce una disolución cuando existe atracción entre moléculas soluto y moléculas del solvente.	Ebenezer y Erickson (1996)	
	Para que se produzca una disolución el tamaño de partícula del soluto debe ser menor que el del solvente.	Ebenezer y Erickson (1996)	
	En una solución saturada las moléculas se encuentran más compactas.	Devetak, Vogrinc y Glazar (2008)	
	En una solución insaturada las moléculas de soluto se encuentran separadas.	Devetak, Vogrinc y Glazar (2008)	
	La disolución es una mezcla entre partículas de soluto y partículas del solvente.	Devetak, Vogrinc y Glazar (2008)	

ANEXO F. COMPROMISOS ONTOLÓGICOS, EPISTEMOLÓGICOS Y ZONAS DE LOS LIBROS DE TEXTO DE QUÍMICA GENERAL

ZONA	COMPROMISOS		Historia	Petrucci	Brown	Chang
MOLAR	ONTOLÓGICOS	El agua como una solución que alberga en su interior una serie de sustancias.	Cultura india Arrhenius Walton Tales de Mileto	"...Muchas sustancias en disolución acuosa están disociadas en iones, que pueden participar en reacciones químicas; y las disoluciones acuosas están en todas partes, desde el mar hasta en los seres vivos... El agua es el disolvente en las disoluciones acuosas..." (Pág. 140)	-----	-----
	EPISTEMOLÓGICOS	En el fenómeno de la disolución, aumenta la solubilidad, al aumentar la temperatura.	Antoine Lavoisier	"La solubilidad de las sustancias iónicas aumenta al aumentar la temperatura en el 95% de ellas" (Pág. 546)	"La solubilidad de la mayor parte de los solutos sólidos en agua aumenta al incrementarse la temperatura de la disolución" (Pág. 497)	"En la mayoría de los casos, aunque no en todos, la solubilidad de una sustancia sólida aumenta con la temperatura... En general, el efecto de la temperatura sobre la solubilidad debe determinarse en forma experimental" (Pág. 475)
MOLECULAR	EPISTEMOLÓGICOS	Partículas de ácidos puntiagudas y con sensación al paladar picante, álcalis poseen poros en los que se rompen las puntas de las partículas del ácido.	Nicholas Lémery	"... Podemos identificar los ácidos por su sabor , su capacidad de reaccionar con muchos metales y carbonatos y su efecto sobre los colores de las sustancias llamadas indicadores ácido-base" (Pág. 146)	"Las disoluciones de ácidos y bases tienen propiedades muy distintas. Los ácidos tienen sabor agrio , en tanto que las bases son amargas" (Pág. 124)	"Los ácidos tienen sabor agrio : por ejemplo, el vinagre debe su sabor al ácido acético y los limones y otros frutos cítricos contienen ácido cítrico" (Pág. 113)
		El fenómeno de la disolución se produce entre moléculas con características fisicoquímicas similares.	Georges-Louis Buffon	-----	"Las sustancias con fuerzas de atracción intermoleculares similares suelen ser mutuamente solubles. Esta generalización suele expresarse simplemente como lo similar disuelve a lo similar" (Pág. 494)	"El dicho "lo semejante disuelve a lo semejante" ... esta expresión significa que es probable que dos sustancias cuyas fuerzas intermoleculares son del mismo tipo y magnitud sean solubles entre sí". (Pág. 470)

EPISTEMOLÓGICOS	El fenómeno de la disolución se produce por la existencia de vacío entre átomos de soluto y solvente.	Demócrito de Abdera, Herón de Alejandría, Platón, Pierre Gassendi, Nicholas Lémerly	"La mayor parte de las moléculas en disolución son moléculas de disolvente y se encuentran bastante próximas entre sí" (Pág. 140)		"...Cuando una sustancia (el soluto) se disuelve en otra (disolvente), las partículas del soluto se dispersan en el disolvente. Las partículas de soluto ocupan posiciones que estaban ocupadas por moléculas de disolvente." (Pág. 469)
	El fenómeno de la disolución es producido por fuerzas de atracción que mantiene unidas dos sustancias diferentes, formando una nueva.	Newton, William Nichol, Claude Louis Berthollet	"Las fuerzas intermoleculares mantienen las moléculas suficientemente próximas como para que estén confinadas en un volumen definido, como se espera para el estado líquido" (Pág. 479) "... Si las fuerzas de atracción entre moléculas diferentes exceden a las que tienen lugar entre moléculas iguales, también se forma una disolución" (Pág. 540)	"Las disoluciones se forman cuando las fuerzas de atracción entre las partículas de soluto y de disolvente son de magnitud comparable con la de las que existen entre las partículas de soluto mismas o entre las partículas de disolvente mismas"	"Resulta sorprendente el hecho de que un soluto pueda disolverse en un disolvente si la atracción entre sus propias moléculas es más fuerte que la atracción soluto-disolvente" (Pág. 469)
	En el fenómeno de la disolución, la saturación ocurre cuando las moléculas en solución son iguales a las que se reúnen con ella.	Leander Dossios	"Cuando la disolución y la cristalización tienen lugar a la misma velocidad, la disolución se encuentra en un estado de equilibrio dinámico. La cantidad de soluto disuelto permanece constante con el tiempo, y la disolución se dice que es una disolución saturada" (Pág. 545)	"A medida que un soluto sólido comienza a disolverse en un disolvente, la concentración de partículas de soluto en la disolución aumenta, y lo mismo sucede con la probabilidad de que choquen con la superficie del sólido. Tal choque podría hacer que la partícula quedara otra vez unida al sólido. Este proceso, que es opuesto al proceso de disolución, se denomina cristalización... Si las velocidades de estos procesos opuestos se igualan, no habrá un aumento neto en la cantidad de soluto en disolución. Se establece un equilibrio dinámico y la disolución será saturada" (Pág. 491)	"Una disolución saturada contiene la máxima cantidad de un soluto que se disuelve en particular a una temperatura específica" (Pág. 468)

		En el fenómeno de disolución ideal, la disminución del punto de congelación y de la presión de vapor de una disolución diluida es directamente proporcional a la concentración molecular	François-Marie Raoult	"La ley de Raoult establece que la presión parcial ejercida por el vapor del disolvente sobre una disolución ideal, P_A , es el producto de la fracción molar del disolvente en la disolución, X_A , y la presión de vapor del disolvente puro a la temperatura dada" (Pág.550)	"... La ley de Raoult predice que, al aumentar la fracción molar de las partículas de soluto no volátil en una disolución, la presión de vapor depende de la concentración total de partículas de soluto, sean moléculas o iones" (Pág. 502)	"La Ley de Raoult establece que la presión parcial de un disolvente en una disolución P_1 está dada por la presión de vapor del disolvente puro $P^{\circ}1$, multiplicada por la fracción molar del disolvente en la disolución X_1 " (Pág. 480)	
ELÉCTRICO	EPISTEMOLÓGICOS	En el fenómeno de la disolución sobre efectos de la corriente eléctrica, se produce disociación de iones.	Rudolf Clausius	"Algunos solutos en agua se disocian en iones haciendo que la disolución acuosa sea un conductor eléctrico, estos solutos se denominan electrolitos" (pág. 141)	"Aunque el agua en sí es mal conductora de la electricidad, la presencia de iones hace que las disoluciones acuosas se conviertan en buenos conductores" (Pág. 114)	-----	
		Al disolver sustancias ácidas y básicas en agua, los ácidos aumentan su concentración de H^+ y las bases producen iones OH^-	Svante August Arrhenius	"Según la definición de Arrhenius, una base es una sustancia capaz de producir iones hidróxido (OH^-) en disolución acuosa" (Pág. 147) "En una reacción de neutralización un ácido y una base reaccionan formándose agua y una disolución acuosa de un compuesto iónico llamado sal" (Pág. 148)	"Los ácidos son sustancias que se ionizan en disolución acuosa para formar iones hidrógeno y así aumentar la concentración de iones H^+ (ac)..." (Pág. 121) "... Las bases producen iones hidróxido (OH^-)" (Pág. 122) "Si mezclamos una disolución de un ácido y una de una base, se da una reacción de neutralización. Los productos de la reacción no tienen ninguna de las propiedades características de la disolución de ácido ni de la base... En general, una reacción de neutralización entre un ácido y un hidróxido metálico produce agua y una sal" (Pág. 125)	"Se definen los ácidos como sustancias que se ionizan en agua para formar iones H^+ y a las bases como sustancias que se ionizan en agua para formar iones OH^- " "Una reacción de neutralización es una reacción entre un ácido y una base. Generalmente, en las reacciones acuosas ácido-base se forma agua y una sal, que es un compuesto iónico formado por un catión distinto del H^+ y un anión distinto del OH^- u O^{2-} "	
		La neutralización es una reacción entre iones H^+ de un ácido con iones OH^- de una base para formar agua.					
		En el fenómeno de disoluciones acuosas de sales que carecen de H^+ y iones OH^- se da una reacción de hidrólisis en la que el agua interviene como reactivo y se produce un ácido y una base.					

	<p>En el proceso de osmosis, el disolvente pasa a través de una membrana porosa hacia la disolución con mayor concentración de soluto. La presión osmótica es la fuerza requerida para detener el proceso.</p>	Jacobus Henricus Van't Hoff	-----	<p>“El proceso de ósmosis, es el movimiento neto del disolvente siempre es hacia la disolución que tiene la concentración más alta de soluto... La presión necesaria para evitar la ósmosis es la presión osmótica, π, de la disolución. La presión osmótica obedece a una ley cuya forma es similar a la ley del gas ideal $pV = nRT$, donde V es el volumen de la disolución, n es el número de moles de soluto, R es la constante del gas ideal y T es la temperatura en la escala Kelvin” (Pág. 507-508)</p>	<p>“La ósmosis es el paso selectivo de moléculas del disolvente a través de una membrana porosa desde una disolución diluida hacia una de mayor concentración ... La presión osmótica de una disolución es la presión que se requiere para detener la ósmosis” (Pág. 487)</p>
	<p>Un ácido es una sustancia que produce un protón y una base es una sustancia que puede combinarse con un protón.</p>	Brønsted-Lowry	<p>“En 1923 J.N. Brønsted en Dinamarca y T.M. Lowry en Gran Bretaña propusieron de forma independiente una teoría ácido-base. En esta teoría, un ácido es un dador de protones y una base es un aceptor de protones” (Pág. 666)</p>	<p>“... Dado que un átomo de hidrógeno consiste en un protón y un electrón, H⁺ no es más que un protón. Por ello, es común llamar a los ácidos donadores de protones” (Pág. 121) “Las bases son sustancias que aceptan (reaccionan con) iones H⁺” (Pág. 122)</p>	<p>“En 1932, el químico danés Johannes Brønsted, propuso una definición amplia de ácidos y bases que no requiere que estén en disolución acuosa. Un ácido de Brønsted es un donador de protones, y una base de Brønsted es un aceptor de protones” (Pág. 113) “Como es bien sabido, el agua es un disolvente único. Una de sus propiedades especiales es su capacidad para actuar como un ácido o como una base. El agua se comporta como una base en reacciones con ácidos y funciona como un ácido frente a bases” (Pág. 603)</p>
	<p>El fenómeno de anfoterismo se presenta en todas las sustancias y se debe a que las moléculas o iones pueden comportarse como ácido o como base.</p>				
	<p>Un ácido es una especie deficiente en electrones, la base es una especie con un par de electrones para donar.</p>	Gilbert Newton Lewis	<p>“G.N. Lewis propuso en 1923 una teoría ácido-base estrechamente relacionada con el enlace y la estructura... un ácido de Lewis es una especie (un átomo, ion o molécula) que es un aceptor de pares de electrones, y una base de Lewis es una especie que es un dador de pares de electrones”</p>	-----	<p>“En 1932 el químico norteamericano G.N. Lewis definió a una base de Lewis como una sustancia que puede donar un par de electrones. Un ácido de Lewis es una sustancia capaz de aceptar un par de electrones” (Pág. 636)</p>

ANEXO G. COMPROMISOS ONTOLÓGICOS Y EPISTEMOLÓGICOS DE LOS ESTUDIANTES PARTICIPANTES DE LICENCIATURA EN QUÍMICA

ZONA	COMPROMISOS		H/L/I ¹	E1-2 ²	E2-3	E3-10	E4-10
MOLAR	EPISTEMOLÓGICOS	<p>“Una disolución es una mezcla homogénea porque su composición y propiedades son uniformes, y es una mezcla porque contiene dos o más sustancias en proporciones que pueden variarse. El disolvente es el componente que está presente en cantidad mayor o que determina el estado de la materia en la que existe una disolución. Los otros componentes de la disolución, denominados solutos, se dice que están disueltos en el disolvente. Si bien las disoluciones líquidas son más comunes, las disoluciones también pueden existir en los estados gaseoso y sólido” (Pág. 535)</p>	Petrucci (2003)	<p>“Esta disolución la consideramos como homogénea debido a que el sólido se mezcló completamente con el líquido, al cual consideramos como agua”.</p>	<p>“Lo que podemos observar aquí se le conoce como mezcla homogénea ya que el soluto (sustancia que se disolvió) y el disolvente (sustancia que disuelve al soluto) se mezclan de tal manera que no se distinguen uno del otro (es imposible diferenciarlos)”.</p>	<p>“Se denomina disolución a la mezcla homogénea de dos o más sustancias. El Sóluto es aquel componente que se encuentra en menor cantidad y es el que se disuelve. El soluto puede ser sólido, líquido o gas, solvente es aquel componente que se encuentra en mayor cantidad y es el medio que disuelve al sólido. El solvente es aquella fase en que se encuentra la solución. Aunque un solvente puede ser un gas, líquido o sólido, el solvente más común es el agua”.</p>	<p>“Se va a preparar una solución en donde se necesitan ciertos componentes. La solución que se va a preparar tiene ciertas características como: tener una fase homogénea, tener una sustancia que se va a disolver (puede ser solida o liquida) y una sustancia que será el disolvente. Es así que, en primera instancia es necesario distinguir cual es la diferencia entre soluto y solvente. El soluto es una sustancia química que generalmente se encuentra en estado sólido (como se puede ver en la imagen) y que al ser adicionado al solvente que es el agua, el soluto se va a disolver generando así una solución líquida de una sola fase (homogénea)”</p>
		<p>En el fenómeno de la disolución, aumenta la solubilidad, al aumentar la temperatura.</p>	Antoine Lavoisier	<p>“Existen varias maneras de poder aumentar la solubilidad de una solución tales como la temperatura, o la agitación, todo esto se refiere a la energía que estas poseen. Para explicarlo se considera que la agitación permite disminuir el tiempo en que estas sean disueltas. Esto sucede ya que permite las partículas se distribuyan a través de toda la masa del agua, el cual es nuestro solvente y así poder disolverse más rápidamente”.</p>	<p>“Estos factores alteran la solubilidad de la sal debido a que al ser un compuesto iónico el aumento de temperatura que se ejerza sobre el aumenta la rapidez con la que se puede hacer la solución. Además, la temperatura puede aumentar la cantidad de soluto que se puede disolver en un disolvente. Y al agitar la mezcla el soluto va separando las capas por lo que es más fácil disolver”.</p>	<p>“...se calienta la disolución saturada y se le puede agregar más soluto”.</p>	<p>“Esto se explicaría si Ana hubiera aumentado la temperatura en el sistema (solución) para que la sal se hubiera disuelto en el agua. Pero si Ana realizo la adición de más soluto (sal) a la solución a una temperatura de 20°, se vería una solución saturada o sobresaturada”.</p>

¹ Se codifica como H/L/I a la Historia del concepto disolución (H), (L)a los Libros de texto de Química general y como (I) a las investigaciones sobre concepciones alternativas de los estudiantes

MOLECULAR	EPISTEMOLÓGICOS	El fenómeno de la disolución se produce por la existencia de vacío entre átomos de soluto y solvente.	Demócrito de Abdera, Herón de Alejandría, Platón, Pierre Gassendi, Nicholas Lémery, Ebenezer y Erickson	----	“El agua (solvente polar) se introduce en los espacios vacíos de los iones pudiendo separarlas debilitando el enlace iónico”.	-----	-----
		“Las fuerzas intermoleculares mantienen las moléculas suficientemente próximas como para que estén confinadas en un volumen definido, como se espera para el estado líquido” (Pág. 479)	Petrucci (2003) Ebenezer y Erickson	“El agua tiene una propiedad y es que su polaridad y su facilidad de hacer puentes de hidrogeno permite disolver distintas cantidades de moléculas, volviéndolo un gran disolvente”.	---	“Debido a su polaridad, el agua puede formar interacciones electrostáticas (atracciones basadas en cargas) con otras moléculas polares y con iones. Las moléculas polares y los iones interactúan con los extremos parcialmente positivos y negativos del agua, de manera que las cargas positivas atraen a las negativas (como en los extremos + y - de los imanes)”.	“Al disolver esta sal en agua, se va a generar una atracción electrostática por parte de las moléculas de agua (H ₂ O) y las moléculas de sal (NaCl) en donde el agua al tener la característica de ser solvente universal puede crear puentes de hidrogeno en este caso con el soluto (NaCl) para lograr la disociación de la sal y por ende la solubilidad de esta para crear una solución con fase homogénea”.
		“Una disolución saturada contiene la máxima cantidad de un soluto que se disuelve en particular a una temperatura específica” (Pág. 468)	Chang (2002)	“Es una solución sobresaturada, esto ocurre debido a que no se tiene la cantidad necesaria de agua capaz de “romper” los iones de NaCl que se encuentran presentes, causando así un precipitado en el envase en el que se esté realizando”	---	“Cuando una disolución contiene más soluto del que puede existir en equilibrio a una temperatura y presión dadas, se calienta la disolución saturada y se le puede agregar más soluto; si esta disolución es enfriada lentamente y no se le perturba, puede retener un exceso de	“Ya que como se menciona en el problema, la solubilidad de la sal común (NaCl) en agua a 20°C es de 36 g en 100 g de agua, por tanto se agrega en este caso más soluto (sal) al agua, se presentaría una solución saturada o sobresaturada ya que el agua (solvente) no tendría la capacidad

² Con el fin de guardar la identidad sobre los participantes, cada uno de ellos fue codificado como estudiantes (E) cuya numeración corresponde a la lista de estudiantes y posición (1,2,3,4) y semestre en el que se encuentra (2,3,10). De este modo, el primer estudiante se codificó como E1-2 (estudiante 1, de segundo semestre).

						soluto. Sin embargo, son sistemas inestables, con cualquier perturbación el soluto en exceso precipita y la disolución queda saturada".	de seguir disolviendo esa sustancia (sal) y por tanto no se disolvería totalmente y se vería presencia de los cristales de sal en la solución, es así que ya no sería una mezcla homogénea".
ELÉCTRICO	EPISTEMOLÓGICOS	En el fenómeno de la disolución sobre efectos de la corriente eléctrica, se produce disociación de iones. "Aunque el agua en sí es mala conductora de la electricidad, la presencia de iones hace que las disoluciones acuosas se conviertan en buenos conductores" (Pág. 114)	Rudolf Clausius Brown (2004)	"Esto se debe a que la corriente eléctrica es transportada por medio de iones en solución y esta conductividad aumenta al aumentar la concentración de iones. Y esto pasa con el agua que se encontraba dentro de la licuadora, la cual poseía alguna cantidad de iones".	"Debemos tener en cuenta que el agua pura no conduce la electricidad debido a su tipo de enlace covalente polar debido a que este enlace no permite el flujo de electrones, no obstante, el agua que recibimos en nuestros grifos no es pura debido a que recibe un tratamiento para que sea potable, esto produce que contenga pequeñas cantidades de sales minerales que están ionizadas (lo que si permite que conduzcan electricidad) y haga que Ana reciba un "corrientazo".	"Lo que en realidad facilita una corriente eléctrica son las sales que contiene el agua de los océanos, ríos, lagos y la que llega a nuestra casa como potable. En su estado puro el agua está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, un enlace covalente que no permite el flujo de electrones. Sin embargo, el agua común que utilizamos para bañarnos, lavar o tomar agua, contienen sales minerales que están ionizadas, es decir que están cargadas eléctricamente, además de diferentes iones como calcio, magnesio, nitritos, cloruros y nitratos, que permiten el paso de la corriente".	"En primera instancia se debe recalcar que, el agua pura no es buena conductora de electricidad, pero si el agua tiene presencia de iones (por ejemplo, presencia de los iones Sodio y cloro de la Sal NaCl) el agua va a tender a conducir la corriente ya que la conductividad eléctrica se genera en presencia de concentración de iones en una solución. Por tanto, Ana no se debe haber percatado de que el agua que estaba en contacto con la corriente, tenía presencia de Sal (NaCl)"
		La neutralización es una combinación de iones hidrógeno de un ácido con iones hidróxido de una base para formar agua. Una reacción de neutralización es una reacción entre un ácido y una base. Generalmente, en las reacciones acuosas ácido-base se forma agua y una sal	Svante August Arrhenius Chang (2002) Petrucci (2003)	"Para esta situación identificamos una reacción de ácido-base, el agua es capaz de actuar como ácido y base, y nuestra reacción en este caso sería $\text{NaHCO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{NaOH} + \text{H}_2\text{CO}_3$, y van a interactuar directamente con el pH, el cual, en el momento de la picadura, al aplicar esta pasta va a permitir de que se neutralice gracias a el mismo"	-----	"Si el veneno que es una sustancia acida entrará en contacto directo con el bicarbonato sería neutralizado el veneno, cuando un ácido se mezcla con una base ambas especies reaccionan en diferentes grados que dependen en gran medida de las concentraciones y volúmenes del ácido y la base a modo ilustrativo se puede considerar la reacción de un ácido fuerte que se mezcla con una base débil, esta última será neutralizada completamente, mientras que permanecerá en disolución una porción del ácido	-----

						fuerte, dependiendo de las moles que reaccionaron con la base.”	
		<p>Un ácido es una sustancia que produce un protón y una base es una sustancia que puede combinarse con un protón.</p> <p>Un ácido de Brønsted es un donador de protones, y una base de Brønsted es un aceptor de protones.</p>	<p>Brønsted-Lowry Petrucci (2003) Brown (2004) Chang (2002)</p>	---	---	---	<p>“Un ácido es una sustancia que posee un pH determinado entre 1 a 6 y su concentración depende de la cantidad de hidrogeniones que pueda donar al medio donde se encuentra (medio acuoso). Por el contrario, una base es una sustancia que posee un pH de 8 a 14 y por tanto se considera una sustancia alcalina que tiene presencia de radicales hidroxilos que cede al medio acuoso en donde se encuentre”.</p>
		<p>El fenómeno de anfoterismo o comportamiento relativo ácido-base se presenta en todas las sustancias incluida el agua, y se debe a que las moléculas o iones pueden comportarse como ácido o como base.</p>	<p>Brønsted-Lowry Chang (2002)</p>	<p>“El agua es capaz de actuar como ácido y base”.</p>	-----	-----	-----

