



**Estrategia pedagógica sobre mezclas acuosas con enfoque de química verde y sustentable
para favorecer el aprendizaje significativo crítico en estudiantes de grado once**

Laura María Corrales Franco

Trabajo de grado presentado para optar al título de Química

Asesora

María Victoria Alzate Cano, Doctora (PhD) en Enseñanza de las Ciencias

Asesor

Juan Diego Restrepo Restrepo, Doctor (PhD) en Educación

Asesora

Paula Andrea Amelines Rico, Magíster (MSc) en Educación

Universidad de Antioquia

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Química

Medellín, Antioquia, Colombia

2023

Cita	(Corrales-Franco, 2023)
Referencia Estilo APA 7 (2020)	Corrales-Franco, L. M. (2023). <i>Estrategia pedagógica sobre mezclas acuosas con enfoque de química verde y sustentable para favorecer el aprendizaje significativo crítico en estudiantes de grado once</i> [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.



Grupo de Investigación Metodología de la Enseñanza de la Química (MEQ).

Centro de Investigaciones Educativas y Pedagógicas (CIEP).

Centro de Investigación en Ciencias Exactas y Naturales (CIEN).



Centro de Documentación Educación

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia – www.udea.edu.co

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

Dedico este trabajo a Dios por hacer posible esta experiencia y porque en cada ser humano maravilloso siempre lo encuentro presente. A mi madre y abuela por su amor constante, sus esfuerzos para colaborar en cada uno de mis logros, su comprensión, consejos y apoyo.

Agradecimientos

A mis asesoras y asesor. La profesora María Victoria Alzate Cano por su acompañamiento constante, su tiempo dedicado, sus orientaciones, enseñanzas y su apoyo incondicional en este camino recorrido, su afecto y confianza me permitieron avanzar y aventurarme en el mundo de la enseñanza. A la profesora Paula Andrea Amelines Rico por sus valiosos aportes, su tiempo dedicado, su amabilidad, carisma y entusiasmo. Al profesor Juan Diego Restrepo por su invaluable apoyo, sus valiosos aportes y reflexiones, su tiempo dedicado y por la confianza depositada en mí. A mis asesores infinitas gracias, sus aportes fueron muy valiosos para mi formación personal y profesional, soy muy afortunada de compartir con ustedes esta experiencia tan bonita y tenerlos como referentes de maestros.

A la Universidad de Antioquia, a la Facultad de Educación, al programa de Licenciatura en Ciencias Naturales y a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, al Instituto de Química que hicieron posible esta maravillosa experiencia que me permitió enseñar y al mismo tiempo aprender. A los estudiantes de once dos de la I. E. Concejo de Medellín, por su participación en el proyecto, su disposición y amabilidad en cada una de las experiencias de aprendizaje, así mismo a los directivos y docentes que me cedieron el espacio para la intervención de la investigación. A

los evaluadores del proyecto que con gran amabilidad dieron sus valiosos aportes para el mejoramiento de este. A mis compañeras(os) de la Facultad de Educación, Jennifer, Hanna, Juan Daniel y Víctor por sus aportes, sus buenos deseos y comentarios. A mis amigas(os) Elías, María Fernanda, Liseth por sus recomendaciones y colaboración con el proyecto. A mi familia y compañero de vida por su apoyo incondicional y gran amor, mis logros también son sus logros.

¡Muchas Gracias!

Tabla de contenido

Resumen	11
Abstract	12
Introducción	13
1 Planteamiento del problema y justificación	16
2 Objetivos	22
2.1 Objetivo general	22
2.2 Objetivos específicos.....	22
3 Ruta referencial	23
3.1 Antecedentes	23
3.1.1 Enseñanza de las mezclas acuosas en el ambiente escolar	23
3.1.2 Enseñanza de la química con enfoque de química verde y sustentable	25
3.1.3 Aprendizaje significativo crítico desde la mirada de la química verde y sustentable ...	26
3.2 Marco teórico	26
3.2.1 La educación ambiental en Colombia: breve historia.....	27
3.2.2 El origen de la química verde y sus cimientos en la sustentabilidad	28
3.2.3 Pensamiento sistémico en la enseñanza de química verde y sustentable.....	32
3.2.4 Química verde y sustentable para la formación en y para la civilidad	33
3.2.5 Aprendizaje significativo crítico para la formación de ciudadanos con sentido de sustentabilidad.....	34
3.2.6 Prácticas experimentales escolares con enfoque de química verde y sustentable	36
3.2.7 Mezclas acuosas en contexto químico y sustentable	37
3.2.7.1 Mezclas acuosas	39
3.2.7.2 Conceptualización molar del agua	40
3.2.7.3 Conceptualización molecular del agua.....	41

3.2.7.4	Conceptualización eléctrica del agua	42
4	Metodología	44
4.1	Enfoque y método	44
4.2	Contexto de la investigación	46
4.3	Criterios de selección de los participantes	48
4.3.1	Compromiso ético de investigación.....	48
4.4	Estrategias para el registro de la información	48
4.5	Construcción y diseño de la Unidad de Enseñanza Potencialmente Significativa –UEPS–	50
4.6	Plan de análisis	53
4.6.1	Propuesta de Jiménez Aleixandre como herramienta de análisis argumentativo	54
4.7	Sobre las categorías de análisis	55
4.7.1	Acerca del aprendizaje significativo crítico.....	56
4.7.2	Acerca de la química verde y sustentable	57
4.8	Criterios de credibilidad de la investigación	57
5	Resultados	59
5.1	Aprendizaje significativo crítico y la estrategia pedagógica sobre mezclas acuosas con enfoque de química verde y sustentable.....	59
5.2	Química verde y sustentable y aprendizaje significativo crítico en la práctica experimental	74
5.3	Problematizando las mezclas acuosas para favorecer espacios de formación en y para la civilidad.....	86
6	Conclusiones	92
6.1	Aprendizaje significativo crítico y la estrategia pedagógica sobre mezclas acuosas con enfoque de QVS	92
6.2	Química verde y sustentable y aprendizaje significativo crítico en la práctica experimental	93

6.3 Problematizando las mezclas acuosas para favorecer espacios de formación en y para la civilidad	94
6.4 Potencialidades y limitaciones de la estrategia pedagógica	95
7 Recomendaciones	97
8 Referencias	99
Anexos	104

Lista de tablas

Tabla 1 Categorías y dimensiones de la química según W. Jensen (1998).....	38
Tabla 2 Categorías, subcategorías e indicios para las unidades de registro	55
Tabla 3 Comparación de las ideas previas de los estudiantes con las explicaciones cuando implementan un simulador de disolución del Cloruro de Sodio	71
Tabla 4 Respuestas de los estudiantes a las preguntas planteadas para la experiencia de indagación sobre los componentes de una solución acuosa a partir del simulador PhET	75

Lista de figuras

Figura 1 Doce principios de la química verde	30
Figura 2 Objetivos de la química verde y sostenible	31
Figura 3 Representación angular de la molécula discreta de agua.....	41
Figura 4 Moléculas discretas que interactúan por medio de enlaces de hidrógeno.	42
Figura 5 Representación tetraedral y eléctrica de la molécula de agua.	43
Figura 6 Metodología de registro de la información y secuencia de enseñanza.....	52
Figura 7 Respuestas de los estudiantes a la pregunta 1 del cuestionario diagnóstico.....	60
Figura 8 Respuestas de los estudiantes a la pregunta 3 del cuestionario diagnóstico.....	61
Figura 9 Respuestas de las estudiantes en la descripción de una solución acuosa de Cloruro de sodio	62
Figura 10 Respuesta en común de los estudiantes MI, SR y SA para la pregunta 6.....	63
Figura 11 Respuestas de los estudiantes para las relaciones conceptuales de algunas palabras claves.....	64
Figura 12 Respuestas de grupos de estudiantes en la actividad de discusión grupal sobre mezclas	65
Figura 13 Modelo molecular de esferas y conectivas elaborado por la estudiante MJ.....	66
Figura 14 Representaciones moleculares	67
Figura 15 Explicación del grupo de estudiantes de SR y MI para las imágenes de la figura 14 .	68
Figura 16 Representación por medio de dibujos de las diferencias entre los fenómenos de fusión y disolución.	69
Figura 17 Transcripción de la conversación de SA cuando dialoga con un grupo de estudiantes respecto a la actividad “Juanito”.	70
Figura 18 Dibujos de los estudiantes para representar la solución acuosa de los solutos iónicos seleccionados por ellos.....	72
Figura 19 Mapas conceptuales elaborados por las estudiantes MJ y MI	73
Figura 20 Respuestas de SA y compañeros para la actividad de seguridad en el laboratorio de química	77

Figura 21 Transcripción de audio de MJ y compañeros en relación con la clasificación de los residuos generados en la práctica experimental	78
Figura 22 Transcripción de la conversación de SA con sus compañeros en relación con la noticia del accidente en aula de clase.....	79
Figura 23 Datos de la práctica experimental, mezclas acuosas de cloruro de sodio, desarrollados por los estudiantes	80
Figura 24 Transcripción de la respuesta de los estudiantes en la socialización grupal sobre mezclas acuosas de cloruro de sodio.....	80
Figura 25 Transcripción del conversatorio en clase en relación con las cantidades de soluto y solvente para la recristalización	82
Figura 26 Diagrama de flujo de la recristalización del grupo de estudiantes de SA y SR.....	83
Figura 27 Recristalización de la sustancia sulfato de aluminio y potasio dodecahidratado $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ elaborada por estudiantes.....	83
Figura 28 Estructura de V de Gowin.....	84
Figura 29 V de Gowin elaborada por algunos estudiantes como análisis a la práctica experimental	85
Figura 30 Transcripción de la socialización grupal del artículo de contaminantes emergentes ..	87
Figura 31 Transcripción de la discusión de MI y compañeros sobre el artículo de la domesticación del Río Aburrá-Medellín.....	88
Figura 32 Transcripción de la discusión de SA y MI con grupo de estudiantes en relación con el artículo “los efectos de la ‘moda rápida’ en el medio ambiente”.....	89

Siglas, acrónimos y abreviaturas

ASC	Aprendizaje Significativo Crítico
CTSA	Ciencia Tecnología Sociedad y Ambiente
DBA	Derechos Básicos de Aprendizaje
EA	Educación Ambiental
GC	Green Chemistry
GDCh	Gesellschaft Deutscher Chemiker
LC	Lineamientos Curriculares
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
PEI	Proyecto Educativo Institucional
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PRAE	Proyecto Ambiental Escolar
QVS	Química Verde y Sustentable
SC	Sustainable Chemistry
SGA	Sistema Globalmente Armonizado
SINA	Sistema Nacional Ambiental
UEPS	Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas

Resumen

La presente investigación analiza el proceso de aprendizaje significativo crítico de estudiantes de grado once de la I.E. Concejo de Medellín, a partir de una estrategia pedagógica con enfoque de química verde y sustentable desde la temática de mezclas acuosas que incorpora los niveles de conceptualización en química –molar, molecular y eléctrico–, algunos principios facilitadores del aprendizaje significativo crítico y tres objetivos de la química verde y sustentable, con miras a la alfabetización científica y sustentable de los estudiantes en el marco de la educación ambiental. Implementa una metodología de investigación cualitativa con estudio de caso de tipo instrumental que describe y analiza los enunciados escritos, orales y representaciones moleculares de los estudiantes, identifica significados y argumentos que dan indicios de aprendizaje significativo crítico y formación en y para la civilidad. Los principales hallazgos muestran que la implementación de los principios facilitadores y los niveles de conceptualización, favorecen la comprensión del fenómeno de disoluciones de sustancias iónicas. Por otra parte, el enfoque de química verde y sustentable permite transformar el laboratorio de química en un espacio seguro que además contempla el cuidado ambiental y personal lo que incentiva la toma responsable de decisiones, indicios de una formación civilista. Asimismo, la problematización de las mezclas acuosas desde asuntos de contaminación hídrica promueve debates, diálogos y pensamientos para la acción social en torno al cuidado del medio ambiente, sin embargo, no se evidencia una aplicación de los conocimientos científicos escolares a la problemática ambiental cuando se realiza la interacción con artículos de periódicos.

Palabras clave: estrategia pedagógica, aprendizaje significativo crítico, química verde y sustentable, niveles de conceptualización en química, mezclas acuosas, enseñanza, formación en y para la civilidad.

Abstract

This research analyzes the process of critical meaningful learning of eleventh grade students at the Concejo de Medellín School, based on a pedagogical strategy with a focus on green and sustainable chemistry from the topic of aqueous mixtures that incorporates the levels of conceptualization in chemistry –molar, molecular, and electric–, some facilitating principles of meaningful critical learning, and three objectives of green and sustainable chemistry, with a view to scientific and sustainable literacy of students within the framework of environmental education. It implements a qualitative research methodology with instrumental case study that describes and analyzes the written and oral statements and molecular representations of the students, identifies meanings and arguments that indicate critical meaningful learning and civility formation. The main findings show that the implementation of facilitator principles and levels of conceptualization favor the understanding of the phenomenon of the dissolution of ionic substances. Furthermore, the focus on green and sustainable chemistry allows transforming the chemistry laboratory into a safe space that also considers environmental and personal care, which encourages responsible decision-making, indications of civil formation. Likewise, the problematization of aqueous mixtures from issues of water pollution promotes debates, dialogues, and thoughts for social action around environmental care, however, there is no evidence of the application of school scientific knowledge to environmental problems when interacting with newspaper articles.

Keywords: Pedagogical strategy, critical meaningful learning, green and sustainable chemistry, levels conceptualization chemistry, aqueous mixtures, teaching, civility training.

Introducción

Durante los últimos años, se ha considerado a la química verde y sustentable –en adelante QVS– como una propuesta novedosa que aporta los elementos necesarios para la comprensión de una química que busca encontrar una relación más equilibrada con el medio ambiente, en cuanto a la innovación de sus procesos y productos, con el fin de minimizar los impactos ambientales ocasionados por la industria química (PNUMA, 2021).

Esta nueva visión de la química se considera oportuna para su enseñanza con miras al fortalecimiento de los escenarios para la educación ambiental, además, deja de lado esa visión pública negativa de la química considerada popularmente como algo peligroso, venenoso o asociada a la contaminación ambiental, que además es vista por los estudiantes como algo problemático de aprender, poco significativo y con poca relación con las problemáticas sociales (Izquierdo, 2004; Mora y Parga, 2010). Sin embargo, a pesar de que la QVS se constituye como una propuesta novedosa en la enseñanza de la química, aún en Colombia es escasa su implementación, en particular en la formación inicial de profesores en ciencias naturales y a nivel escolar, ya que se enfoca más a grupos de investigación y en algunos casos a currículos universitarios de química (Franco y Ordoñez, 2020; Franco, 2019).

El presente proyecto, enmarcado en la línea “aprendizaje significativo crítico en educación ambiental”, tiene como propósito implementar una estrategia pedagógica sobre mezclas acuosas con enfoque de QVS, que fomente en los estudiantes actitudes reflexivas y críticas frente a la comprensión de ciertas mezclas acuosas iónicas desde los niveles de conceptualización en química –molar, molecular y eléctrico–, con aplicación de algunos principios de aprendizaje significativo crítico –en adelante ASC– y tres objetivos de la QVS propuestos por el PNUMA (2021), orientados al desarrollo de acciones seguras en las prácticas experimentales en cuanto a la buena gestión de los residuos generados, el reconocimiento del sistema globalmente armonizado SGA y el “ciclo de vida” de algunas sustancias y mezclas que a su vez favorecen la formación en y para la civilidad.

Las ideas anteriores se desarrollan en varios apartados; en primer lugar se exponen las problemáticas que esboza el Sistema Nacional Ambiental –SINA– en Colombia con relación al fortalecimiento de espacios en educación ambiental, por otra parte las dificultades en la enseñanza de la química y cómo desde la teoría del ASC y la QVS se favorecen los procesos en educación ambiental, la contextualización de los contenidos en química, el desarrollo y la construcción de

pensamiento crítico, que dan lugar a la siguiente pregunta de investigación ¿Cómo facilitar el aprendizaje significativo crítico de estudiantes de grado once de la Institución Educativa Concejo de Medellín en la interacción con una estrategia pedagógica sobre mezclas acuosas con enfoque de química verde y sustentable?

Seguidamente, se presenta la ruta referencial que fundamenta la investigación, comprende la teoría del ASC de Moreira, los aportes de la QVS en la enseñanza de la química, la experimentación como espacio de construcción de conocimiento escolar y los niveles de conceptualización en química –molar, molecular y eléctrico– desde la temática de mezclas acuosas. Además, se exponen los antecedentes que orientan la investigación y la estrategia pedagógica en cuanto se reconocen las ideas previas de estudiantes para la temática abordada; las diferentes investigaciones sobre QVS en la didáctica de las ciencias experimentales, su desarrollo en los planes de estudio de química y finalmente los aportes al pensamiento crítico.

Luego, se expone la metodología de investigación con enfoque cualitativo que pone en práctica el estudio de caso de tipo instrumental, para analizar los enunciados de un grupo de estudiantes del grado once dos de la I.E. Concejo de Medellín, cuando participan en una estrategia pedagógica a través de una secuencia de enseñanza, que implementa material potencialmente significativo mediante una serie de experiencias de aprendizaje que comprenden el uso de simuladores, experimentación, diálogos, debates, trabajo colaborativo e independiente. Para el registro de la información, se emplean cuestionarios, grabaciones audiovisuales y diario pedagógico y se realiza un análisis de contenido de la producción oral, escrita y gráfica de los estudiantes, particularmente de los enunciados y las representaciones que evidencian la movilización de los principios facilitadores del ASC y los objetivos de la QVS, asociados con argumentos como elementos de racionalidad que dan cuenta del pensamiento crítico (Jiménez Aleixandre, 2010).

Posteriormente, se presentan los resultados los cuales indican algunos hallazgos en los enunciados de los estudiantes que reconocen indicios de ASC para la comprensión de disoluciones acuosas, que destaca los aportes de la puesta en acción de algunos principios y los niveles de conceptualización en química –molar, molecular y eléctrico–. Por otro lado, el enfoque de QVS integrado a la práctica experimental, permite identificar enunciados que apuntan a la responsabilidad social para el cuidado ambiental y personal, indicios de una formación en y para la civilidad.

Para finalizar, se exponen las conclusiones y recomendaciones que reconocen las contribuciones de la QVS, los principios facilitadores del ASC y los niveles de conceptualización en química en la estrategia pedagógica, que permiten la construcción de conocimiento, pensamiento crítico-reflexivo y la contextualización de los contenidos en química con miras al mejoramiento del entorno social.

1 Planteamiento del problema y justificación

Durante los años 70 las problemáticas ambientales a nivel mundial, ocasionadas por diferentes situaciones, como la revolución industrial, los asentamientos humanos y su inherente “evolución”, llevan a una preocupación ante el deterioro medio ambiental, en asuntos como la contaminación de la atmósfera, suelos, aguas, calentamiento global, acumulación de residuos y agotamiento de los recursos naturales, entre otros. Lo cual desencadena la realización de diferentes cumbres y conferencias, tales como Estocolmo (1972), Belgrado (1975), Nairobi (1976), Tbilisi (1977) y Moscú (1978), de las cuales se desprenden una serie de acciones políticas, educativas y sociales muy importantes, una de ellas es la promoción de la educación ambiental –en adelante EA– para velar por el respeto y la optimización de los recursos naturales.

Seguidamente, organizaciones como la Sociedad Química Alemana (GDCh) y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) en la década de los 80 y 90, abren la puerta a la concepción de química sostenible –sustainable chemistry–, mientras que para los Estados Unidos y el Reino Unido se hacía referencia a la química verde –green chemistry–. Ambos conceptos encaminados a la búsqueda de soluciones de los procesos químicos a fin de que sean más eficaces, seguros y benignos con el medio ambiente (Zuin et al., 2021).

Actualmente, ambos términos se han fusionado bajo el título de “química verde y sostenible” –Green Sustainable Chemistry–, como lo presenta el manual de referencia adoptado por la resolución 4/8 de la cuarta sesión de la Asamblea de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente –PNUMA–. Cabe mencionar que para efectos de este trabajo de investigación, se acepta la integración de química verde y la sustentabilidad bajo el nombre de química verde y sustentable –QVS–, dado que, desde el pensamiento ambiental latinoamericano, la sustentabilidad está integrada a un pensamiento incluyente y holístico que hace parte de la transformación social de los territorios (Leff et al., 2005).

A nivel nacional, se constituye la Política Nacional de Educación Ambiental y a partir de ella la creación del SINA –Sistema Nacional Ambiental– como respuesta a la formulación de la EA en los programas, planes de estudio y propuestas curriculares en el sector educativo formal y no formal. En este proceso anteceden experiencias importantes como la creación del Código Nacional de los Recursos Naturales y Renovables y de Protección del Medio Ambiente concebido en 1974, que expresan las disposiciones relacionadas con la EA para el sector formal. Sumado a

esto, con la Constitución Colombiana de 1991 se otorgan los parámetros legales que orientan el trabajo en EA y que progresivamente con la publicación de diferentes decretos, han permitido la inclusión, la estructuración y la construcción de la concepción de ambiente. Por ende, en el año 1994 con la Ley 115 –Ley General de Educación– se reglamenta, el Proyecto Educativo Institucional –PEI–, el cual ubica al Proyecto Ambiental Escolar –PRAE– como uno de los ejes transversales del currículo para todos los niveles de educación formal, incorporando a la EA en el currículo, la investigación didáctica y pedagógica, orientada por los procesos de cualificación conceptual, metodológicos y estratégicos (SINA, 2002).

En este sentido, el diagnóstico esbozado por el SINA (2002) plantea algunos nodos problemáticos, que identifican la existencia de dificultades en el cambio de mentalidad de los docentes en relación con la apropiación e interiorización de una conceptualización para la comprensión de las problemáticas ambientales en la escuela, como consecuencia de la débil presencia de un ejercicio interdisciplinario permanente, dado que las experiencias son realizadas en el contexto de actividades extracurriculares; y el carácter vertical predominante en el currículo pone las primeras barreras para la integración de la EA.

Estos planteamientos problemáticos evidencian la necesidad de vincular en los procesos de la enseñanza y el aprendizaje múltiples escenarios donde la EA trascienda de una mirada determinista a una sistémica, transversal e integrada al currículo. Según el SINA (2002), no se trata de una materia más o de un curso aparte en el currículo que trate los problemas ambientales, más bien, es considerar la EA incorporada a los PRAE, a la construcción de las escuelas abiertas, a la formación de profesores, a la investigación, a la construcción de currículos flexibles y a la formación para el trabajo interdisciplinario con equidad de género. Aspectos considerados en perspectiva integrativa, de profundidad y complejidad con los principios de investigación, pensamiento crítico y visión sistémica del ambiente, que facilitan espacios para la reflexión, la crítica y la discusión sobre las distintas problemáticas particulares, con una mirada natural, social y cultural.

Ante este panorama de problemáticas internacionales y nacionales desde la enseñanza de las ciencias, en especial de la química con perspectiva sustentable, es posible la inclusión de la dimensión ambiental para fortalecer el currículo y los PRAE, así como la comprensión de problemáticas medio ambientales y sociales, de este modo se puede contrarrestar la mirada de la química como una ciencia dura y aislada de las preocupaciones del contexto. Pensamiento que ha

dificultado su apropiación, ya que los estudiantes no vinculan los contenidos disciplinares de esta ciencia con su cotidianidad (Caamaño, 2011; Gallego y Pérez, 2017; Parga y Piñeros-Carranza, 2018).

En este sentido, se considera a la química verde y sustentable –QVS– como una propuesta novedosa que aporta los elementos necesarios para la comprensión de una química que busca alcanzar un equilibrio ambiental entre sus procesos y productos, resultantes en la eliminación o mitigación de riesgos para el medio ambiente y la salud humana. Con esto se logran reconocer nuevos procesos y prácticas menos nocivas con el entorno y económicamente más favorables (Anastas & Kirchhoff, 2002), con énfasis en tres de los diez objetivos propuestos por el Manual de Referencia del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente PNUMA (2021), como lo son: “7) Propiciar la circularidad no tóxica y reducir al mínimo los desechos. 8) Maximizar los beneficios sociales. 9) Proteger a los trabajadores, consumidores y las poblaciones vulnerables” (p. 31).

Sin embargo, según Franco (2019) a pesar de que la QVS se reconoce hoy como un campo emergente, novedoso y relevante en la educación científica contemporánea para la sustentabilidad ambiental, en Colombia aún es insuficiente la atención brindada a este tema en la formación inicial de profesores en ciencias naturales. Asimismo, se reconoce la escasa atención de la implementación de la QVS a nivel escolar –primaria y secundaria– debido a que se ha centrado especialmente a los grupos de investigación y en algunos casos, a currículos universitarios de química, lo cual ocasiona un vacío en edades tempranas en asuntos ambientales, al plantear unas problemáticas que requieren de la generación de diseños estratégicos con miradas críticas y reflexivas que contribuyan a mejorar el ASC y la actitud hacia la ciencia, en especial la química (Franco y Ordoñez, 2020; González et al., 2016).

De modo particular, la QVS no se evidencia en el área de química del grado once de la Institución Educativa Concejo de Medellín, en donde se desarrolla la intervención de aula, debido a que no se encuentra institucionalizado en su plan de estudios. De igual forma, al iniciar el proceso en la I.E. se evidencia una carencia en la programación de actividades experimentales, dado que el laboratorio de química no cuenta con todas las especificaciones reglamentadas y orientadas por el Ministerio de Educación (2015), como: señalización de seguridad en el laboratorio, etiquetación o rotulación de las sustancias químicas, fichas de seguridad de las sustancias químicas, equipos de emergencia, manejo y disposición adecuada de residuos y mantenimiento de la instalación de gas,

lo cual ha generado cierto temor por parte de los docentes de química a la hora de programar actividades experimentales en el laboratorio de la institución.

Adicionalmente, aunque el PEI de la I.E. Concejo de Medellín tiene como horizonte el pensamiento crítico que plantea una práctica pedagógica de manera secuencial, intencional y planeada de los temas disciplinares, actualmente en el desarrollo de la clase de química no se evidencia este tipo de intencionalidad, lo cual genera cierta desarticulación con el PEI, al igual que con el PRAE (2022), titulado *Construir un ambiente consentido*, el cual tiene como objetivo general “La promoción del pensamiento crítico, hacia el mejoramiento del entorno social, por medio de diferentes experiencias que permitan la optimización de los recursos, la prevención y atención de eventualidades ambientales, personales y sociales de impacto negativo” (p. 9). Como expresa Izquierdo (2004), esta falta de estrategias en la enseñanza de la química contribuye a que la misma sea reconocida como algo incomprensible y poco llamativa para los estudiantes.

Con el reconocimiento de las ideas planteadas en párrafos anteriores, surge la necesidad de proponer estrategias pedagógicas para potenciar el ASC, que implementen las Tecnologías de la Información y la Comunicación –TIC– y las actividades experimentales asociadas con la QVS. Esta estrategia pedagógica tiene como núcleo temático algunas mezclas acuosas de solutos iónicos en coherencia con los niveles de conceptualización en química propuestos por Jensen (1998).

Esta perspectiva, considera el fortalecimiento de los conocimientos propios de la disciplina como los conceptuales, procedimentales y actitudinales, a fin de poner en acción significados, procedimientos, transformaciones, lenguaje químico y representaciones moleculares en torno a la reflexión del conocimiento químico escolar, la QVS y los problemas medio ambientales. Para lograr este propósito, se pretende implementar como estrategia pedagógica las unidades de enseñanza potencialmente significativas –UEPS–, que a su vez integra algunos principios del ASC propuestos por Moreira (2010), tales como: 1) Conocimiento previo 2) Interacción social y del cuestionamiento 3) Aprendizaje como perceptor/representador. 4) Conocimiento como lenguaje. 5) Conciencia semántica. 6) Aprendizaje por el error.

Estos principios orientan el diseño para el cambio de una enseñanza tradicional a una “subversiva”, en conformidad con el PEI de la Institución, al proponer para los ambientes de aula, una práctica pedagógica de manera secuencial, e intencional, orientada a la facilitación del pensamiento crítico y caracterizado por relaciones de enseñanza, aprendizaje y evaluación, que valore el proceder y el conocimiento determinado por la individualidad de cada ser. De igual

manera, también se considera centrar la atención en el PRAE de la institución al considerar la potencialización del ASC mediante la implementación de la QVS, que pretende promover en los estudiantes actitudes de prevención en lo que respecta a su salud física y del medio ambiente, en un espacio que facilite el autoconocimiento del ser y el reconocimiento del otro y lo otro (PRAE, 2022).

Asimismo, al incluir la actividad experimental en la secuencia de enseñanza se espera atender a las múltiples potencialidades que ofrece para los procesos de aprendizaje de las ciencias, como son la observación, la interpretación, la formulación de hipótesis y el contraste con la modelización, la interacción con diferentes instrumentos y técnicas del laboratorio, el diseño y la aplicación de estrategias de investigación para la resolución de problemas y la comprensión procedimental de la ciencia (Caamaño et al., 2011). Contexto que además se puede intencionar a potenciar los procesos argumentativos de los estudiantes.

Sin embargo, para que la actividad experimental cumpla con el fomento del ASC, es importante trascender del espacio tradicional y contraproducente del seguimiento de la “receta”, el cual predomina en algunas aulas de clase, ya que confunde al estudiante y lo sobrecarga de información, además de perpetuar la mirada tradicional de la naturaleza de la ciencia, debido a que se ha basado en una concepción empírico-inductivista del “método científico” (Flores et al., 2009). Al respecto, múltiples investigaciones han demostrado que este enfoque tradicional se asocia a un papel pasivo del estudiante, que da paso a un escaso uso de la imaginación, creatividad y desafíos cognitivos (Hodson, 1994). Con base en esta fundamentación, en aras de promover cambios que favorezcan el ASC y cambios pedagógicos de los procesos de la enseñanza y el aprendizaje, se propone la articulación de la actividad experimental de tipo interpretativo e investigativo propuesto por Caamaño et al. (2011) en articulación con la QVS que contempla la aplicación de desafíos cognitivos, en torno al diseño experimental, la reducción de riesgos y el manejo de los residuos (Arce y Pérez, 2009; Garritz, 2018).

En consecuencia, se considera que, al tratar las problemáticas de mezclas acuosas desde el enfoque de la QVS, se encontrarán fuertes vínculos con la formación en y para la civilidad ya que propicia los espacios para la argumentación, creación y acción desde las problemáticas ambientales, que proponen mitigar la producción de residuos, el autocuidado y la identificación de las sustancias potencialmente peligrosas. A su vez, se correlaciona con el ASC al permitir mayores procesos de argumentación, reflexión y diálogo, a fin de generar acciones en el estudiante en torno

al cuidado de su salud y del medio ambiente, lo cual abre camino a miradas y posturas críticas que fortalezcan la formación en y para la civilidad.

La correlación de las ideas anteriores en una perspectiva pedagógica y didáctica da lugar a la elaboración de la siguiente pregunta de investigación ¿Cómo facilitar el aprendizaje significativo crítico de estudiantes de grado once de la Institución Educativa Concejo de Medellín en la interacción con una estrategia pedagógica sobre mezclas acuosas con enfoque de química verde y sustentable?

2 Objetivos

2.1 Objetivo general

Analizar el proceso de aprendizaje significativo crítico de estudiantes de grado once de la Institución Educativa Concejo de Medellín, a partir de una estrategia pedagógica sobre mezclas acuosas con enfoque de química verde y sustentable.

2.2 Objetivos específicos

Describir significados, representaciones y experiencias de estudiantes de grado once sobre el concepto de mezclas acuosas al implementar una estrategia pedagógica centrada en principios del aprendizaje significativo crítico.

Identificar en los argumentos de estudiantes, la integración de algunos objetivos de la química verde y sustentable en los contenidos de química sobre mezclas acuosas, que apuntan a una formación en y para la civilidad.

Reconocer las potencialidades que trae la integración de la química verde y sustentable a la estrategia pedagógica sobre mezclas acuosas, que propicien en estudiantes actitudes y discursos referentes al cuidado ambiental.

3 Ruta referencial

En este apartado, se exponen las diferentes investigaciones que proporcionan los elementos necesarios para la comprensión de las temáticas de interés. Para lograr este propósito, se desarrolla un rastreo bibliográfico en las siguientes bases de datos y revistas académicas: Google Scholar, Education Resources Information Center –ERIC–, Scopus, American Chemical Society –ACS–, Royal Society of Chemistry –RSC–, SpringerLink, Redalyc, Scielo, Taylor y Francis, ResearchGate, revista de Educación Química de la UNAM, y los repositorios institucionales de la Universidad de Antioquia, Universidad Nacional, Universidad Pedagógica Nacional, Universidad de Caldas y Universidad de Córdoba.

La búsqueda utiliza algunas palabras claves en diferentes idiomas, inglés, español y portugués como: aprendizaje significativo crítico, química verde, química sustentable o sostenible, disoluciones, soluciones acuosas, enseñanza y mezclas acuosas, formación en y para la civilidad, niveles de conceptualización en química. A su vez, se consideran artículos internacionales y nacionales pertinentes y actuales, acordes a las temáticas que se corresponden con los objetivos de investigación. A continuación, se exponen los antecedentes y el marco teórico que orientan la investigación.

3.1 Antecedentes

El siguiente apartado aborda los antecedentes que orientan la investigación, localizados algunos en la última década y otros en períodos anteriores. En primer lugar, los estudios de mezclas acuosas, disoluciones o soluciones acuosas, las concepciones previas de los estudiantes y recomendaciones para su enseñanza. Después, se analizan las propuestas escolares de aplicación de la QVS, y por último, investigaciones relacionadas con el ASC y sus recomendaciones en la enseñanza de la QVS.

3.1.1 Enseñanza de las mezclas acuosas en el ambiente escolar

Los sistemas acuosos hacen parte del diario vivir de las personas y continuamente están interactuando con ellas, desde el agua de grifo para preparar alimentos hasta la contemplación y el

disfrute de ríos, mares y océanos. Además, son esenciales para el desarrollo y la continuación de la vida en el planeta, convirtiéndose en un recurso natural de vital importancia no sustituible, que suscita a las personas a ser cuidadoras y asumir con responsabilidad la preservación y conservación de estos sistemas.

En virtud de ello, los Lineamientos Curriculares y los Derechos Básicos de Aprendizaje del Ministerio de Educación Nacional, invitan a integrar en la escuela experiencias de aprendizaje que permitan la comprensión de estos sistemas correspondientes al campo de las ciencias naturales, incorporados en una formación oportuna a través de secuencias progresivas de aprendizaje expresadas en competencias y estándares. Por consiguiente, se realiza un rastreo bibliográfico de diferentes investigaciones, destacando el artículo de Sánchez (2023) titulado “Estado del arte sobre la enseñanza y el aprendizaje del concepto de disoluciones en química. Una propuesta metodológica” un referente de situaciones claves de enseñanza y aprendizaje de los sistemas acuosos.

Conviene iniciar por los principales obstáculos epistémicos que presentan los estudiantes a la hora de abordar estos temas, entre los cuales sobresale la dificultad para representar y visualizar fenómenos de disolución a nivel molecular, lo cual influye directamente en la capacidad de los estudiantes para apropiarse del lenguaje químico, haciendo que sus modelos explicativos se enfoquen solo en lo observable o perceptible por los sentidos, como por ejemplo utilizar los términos de fusión o derretimiento para explicar la solubilidad de sustancias en agua y considerar que el soluto en una disolución desaparece (Sánchez, 2023).

Lo anterior, puede ser ocasionado por una ausencia de correlación conceptual de los niveles de conceptualización en química –molar, molecular y eléctrico– en asociación con el lenguaje químico que, en algunos casos, es la expresión de una enseñanza que poco profundiza e integra los niveles de comprensión en química, centrada en el uso de algoritmos, lo cual origina en los estudiantes la idea de una disciplina difícil de comprender (Izquierdo, 2004).

Según lo mencionado, estas dificultades se toman como punto de partida para el diseño de la secuencia de enseñanza de la presente investigación, de manera que se integren un conjunto de experiencias significativas que faciliten procesos óptimos de aprendizajes, y que a su vez, unifiquen los niveles de conceptualización en química a través de actividades experimentales, simulaciones y estrategias de instrucción basadas en las ideas previas de los estudiantes con miras a la evolución de sus significados.

3.1.2 Enseñanza de la química con enfoque de química verde y sustentable

Durante las últimas décadas, la implementación de la QVS en la enseñanza de la química a nivel internacional se establece fuertemente en estudios universitarios, actividades individuales, cursos o talleres. No obstante, es escasa su implementación en experiencias escolares, ya que aún continúa sin estar integrada a los planes de estudio o al currículo escolar (Armstrong et al., 2019; Eilks & Linkwitz, 2022). En este sentido, se plantea la siguiente pregunta ¿Cómo integrar la QVS en los planes de estudio de la química? Para dar respuesta a esta cuestión, Eilks y Linkwitz (2022) sugieren en su artículo de revisión “Greening the chemistry curriculum as a contribution to education for sustainable development: When and how to start?” cuatro modelos básicos. El primero, relacionado con el manejo responsable y seguro de las sustancias químicas, en este punto, cabe resaltar que las prácticas experimentales escolares conllevan a la manipulación de sustancias y mezclas, es aquí donde los autores resaltan la potencialidad del reconocimiento de las prácticas seguras. Además, reconocen que a futuro estos conocimientos pueden ser aplicados en el manejo responsable de las mismas. Seguidamente, el modelo dos y el tres contemplan la implementación de asuntos sociocientíficos –CTSA–, que consideran temáticas controversiales e incorporan dimensiones sociales, éticas y culturales, orientadas al desarrollo del pensamiento sistémico y de habilidades para la participación social. El cuarto modelo, toma como énfasis la infraestructura escolar y el manejo de los residuos, desde la identificación de la escuela como espacio que contribuye a una labor ambiental que apunta hacia la sustentabilidad.

Para el caso de los países iberoamericanos, el enfoque de la QVS es considerado actualmente como un campo de frontera en la investigación didáctica de las ciencias, en particular de la química, como lo menciona Franco y Ordoñez (2021) en su artículo “El enfoque de química verde en la investigación en didáctica de las ciencias experimentales. Su abordaje en revistas iberoamericanas: 2002-2018”. En el ámbito educativo este enfoque es orientado a las prácticas experimentales y a los asuntos sociocientíficos CTSA, ya que estos espacios proporcionan un contexto real que permite el accionar de los propósitos de la QVS. Asimismo, se destacan diferentes temáticas que favorecen la apropiación de los principios de la QVS como: experiencias a microescala, elaboración de productos alternativos, evaluación de los ciclos de vida de materiales y evaluación de síntesis de fármacos, aplicaciones encaminadas a minimizar los impactos negativos de la química en el medio ambiente y la salud humana.

3.1.3 Aprendizaje significativo crítico desde la mirada de la química verde y sustentable

Para muchos estudiantes la química es considerada como algo incomprensible y difícil de aprender, atribuido a lo abstracto de algunos contenidos, a sus múltiples representaciones moleculares acompañadas de un lenguaje especializado que se aleja de la cotidianidad, experiencias, valores e intereses de los aprendices (Izquierdo, 2004). Estas dificultades en el aprendizaje de la química se atribuyen a currículos descontextualizados y metodologías tradicionales de enseñanza, que dan valor al aprendizaje memorístico de los símbolos y lenguaje – ecuaciones y relaciones estequiométricas– que acompañan la disciplina (Caamaño, 2011; Parga y Piñeros-Carranza, 2018). Ante este panorama, es oportuno y pertinente acudir a metodologías alternativas que promuevan el aprendizaje significativo y crítico de la química, es por esto, que se resalta la propuesta del ASC expuesta por Moreira (2010) en conjunto con la QVS según el PNUMA (2021).

El ASC es una teoría acentuada en las ideas de Postman y Weingartner (1969), los cuales consideran que el aprendizaje no solo debe ser significativo, sino también “subversivo”. Según Moreira (2010), consiste en una postura crítica necesaria para vivir en una sociedad caracterizada por el consumismo, la globalización, el cambio de conceptos, tecnologías y valores, donde el papel de la escuela debe centrarse en fomentar el “aprender a aprender” que permita al sujeto formar parte de su cultura y, al mismo tiempo, estar fuera de ella. En este sentido, hablar de QVS es reconocer el papel de la química en la mitigación de problemas ambientales que incentiven a los estudiantes y den un sentido crítico a los contenidos de la disciplina, puesto que involucra conceptos claves sobre cómo hacer química de manera responsable, al considerar el impacto ambiental de los diseños y procesos químicos que posibilitan la constitución de ambientes escolares más seguros (Ledesma y Pérez, 2021; Marques, 2018).

3.2 Marco teórico

El siguiente apartado comprende las bases teóricas utilizadas en la presente investigación y orientadoras de las propuestas de intervención, y a su vez de los análisis, con énfasis en la EA en Colombia, el desarrollo de la QVS, la formación en y para la civilidad, las prácticas experimentales, la teoría del ASC y la conceptualización química de las mezclas acuosas.

3.2.1 La educación ambiental en Colombia: breve historia

Los esfuerzos legislativos por incluir la EA en el país tienen sus inicios desde los años 70 del siglo XX, diferentes acciones como la elaboración de instrumentos, decretos y leyes han permitido la organización del Sistema Nacional Ambiental (SINA), que fortalece la Política Nacional de Educación Ambiental. El siguiente apartado, tiene como propósito resumir los acontecimientos más importantes que dieron origen al documento base de la EA en Colombia, la Política Nacional de Educación Ambiental de Colombia (SINA, 2002).

Desde la década de los años 70, se evidencia una preocupación por encontrar soluciones a la crisis ambiental de la época, reflejada en diferentes cumbres y conferencias organizadas en ese momento, tales como Estocolmo en 1972, Seminario de Belgrado en 1975, Conferencia de Nairobi en 1976, reunión en Tbilisi en 1977, Encuentro de Moscú en 1978, Conferencia en Río de Janeiro en 1992. En estos espacios se proponen diferentes soluciones para afrontar la crisis ambiental del momento, desde el ámbito social, político y económico. Entre sus propuestas se encuentra la EA, como medio que permite la generación de nuevos conocimientos prácticos y teóricos para el desarrollo de valores y actitudes a favor del cuidado del medio ambiente. Asimismo, en Colombia se empieza a desarrollar diferentes acciones que buscan incluir la EA en la educación formal y no formal. Una de las primeras iniciativas es la formulación del Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y la Protección al Medio Ambiente en 1974, allí se declara al ambiente como patrimonio común, motivo por el cual el Estado y la ciudadanía deben velar por su preservación, además de establecer a la EA como un tema importante para el sector educativo (Pita-Morales, 2016).

Con la Constitución de 1991 se conceden las bases legales para el trabajo de la EA en Colombia al incluir algunos derechos ambientales y al designar a diferentes personas jurídicas, funciones correspondientes de protección, conservación y promoción de un ambiente sano. Seguidamente, con la Ley 99 de 1993 se congregan los elementos contenidos en la Declaración de Río de Janeiro de 1992, que dan paso a la creación del Ministerio del Medio Ambiente, que en concertación con el Ministerio de Educación Nacional establecen el Sistema Nacional Ambiental – SINA–, instituyendo los fundamentos de la Política Nacional de Educación Ambiental (SINA, 2002).

A su vez, se origina el decreto 1743 de 1994 que reglamenta el Proyecto Ambiental Escolar PRAE como eje transversal dentro del currículo para todos los niveles de educación formal, el cual pretende incluir la dimensión ambiental partiendo del reconocimiento de problemáticas locales y/o regionales, orientadas a la formulación de proyectos integrales e interdisciplinarios, encaminados a la búsqueda de soluciones, articulándose con diferentes grupos y organizaciones que desarrollan actividades de protección ambiental (SINA, 2002).

En este sentido, la Política Nacional de Educación Ambiental tiene como propósito organizar estrategias y establecer metodologías que admitan la inclusión y el fortalecimiento de la EA en los sectores educativos, a fin de buscar una armonía entre las relaciones de la sociedad, la cultura y el ambiente, como medio para contribuir a la sustentabilidad ambiental. Por lo anterior, la EA al ser parte de la realidad nacional, es una necesidad que compete a diferentes sectores del país, en especial a las instituciones educativas encargadas de la formación de ciudadanos críticos y consientes que a futuro son quienes toman decisiones con miras hacia el mejoramiento de su entorno.

3.2.2 El origen de la química verde y sus cimientos en la sustentabilidad

A la industria química y afines se atribuye el creciente desarrollo, creación y constitución de nuevos materiales –medicamentos, productos alimentarios, productos de asepsia, polímeros, entre otros– que hoy en día contribuyen a una mejor calidad de vida y salud. Sin embargo, durante la producción de estos materiales, se evidencian diferentes problemáticas relacionadas a la contaminación ambiental y los procesos de producción, debido a que ciertos residuos y efluentes terminan por contaminar las aguas naturales, el aire y los suelos. Sumado a esto, algunas industrias químicas y afines –petroleras, mineras, farmacéuticas, entre otras– son desplazadas a los países en desarrollo, aprovechando el bajo costo de sanciones, producción y mano de obra (Zuin et al., 2021).

Ante estas situaciones ambientales, la QVS nace durante la década de los 90 como reacción a las problemáticas visibles y los impactos ambientales de la industria química y afines, impactos con origen en las emisiones no deseadas y deseadas de los materiales que hacen parte del diario vivir, que resultan por terminar su vida útil como un residuo y que al iniciar su proceso de degradación se transforman en nuevas sustancias o mezclas, que en algunos casos resultan ser más tóxicas que el material de partida (Kidwai & Mohan, 2005; Ludwig, 2017).

Entre los antecedentes más notables para el surgimiento de la QVS en los Estados Unidos, se encuentra el incendio del río Cuyahoga en 1952, la publicación del libro *Silent Spring* de la científica Rachel Carson que en 1962 revela las problemáticas de ciertas sustancias químicas en los ecosistemas locales y el derramamiento de petróleo de Santa Barbara en 1969. Sucesos que llaman la atención de políticos, científicos y público en general para dar paso a diferentes leyes y organizaciones como, la Ley de Política Ambiental Nacional –NEPA– en 1969 y la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos –EPA– en 1970, encargada de proteger la salud humana y el medio ambiente. Una de las primeras decisiones importantes de la EPA es la prohibición del uso del DDT –Dicloro difenil tricloroetano– y otros pesticidas peligrosos (ACS, s.f.).

Años más tarde, durante la década de los 90 se da lugar a diferentes acciones que logran establecer a la “química verde” como un campo científico, entre ellas, la publicación de artículos como “Chemistry for a Clean World,” la realización del primer simposio *Benign by Design: Alternative Synthetic Design for Pollution Prevention* en los Estados Unidos, el primer doctorado en química verde propuesto en 1997 por la Universidad de Massachusetts en Boston y la creación del Instituto de Química Verde. Cabe resaltar que, en 1998 con la publicación del libro *Green Chemistry: Theory and Practice* con la autoría de Paul Anastas y John C. Warner, se define a la química verde como “La utilización de un conjunto de principios que reducen o eliminan el uso o la generación de sustancias peligrosas en el diseño, fabricación y aplicación de productos químicos” (p. 34). Además, esbozan doce principios de la química verde –figura 1–, los cuales orientan una filosofía de trabajo que motiva a los científicos académicos e industriales a trabajar en esta dirección (Silvestri et al., 2021).

Figura 1*Doce principios de la química verde*

Nota. La figura presenta una adaptación de los doce principios de la química verde propuestos por Paul Anastas y John C. Warner en inglés, publicados en 1998. Fuente: https://www.researchgate.net/figure/12-Principles-of-Green-Chemistry-proposed-by-Anastas-and-Warner-Anastas-and-Warner_fig2_326537035.

Sin embargo, a pesar de que la química verde se constituye dentro de los esfuerzos por la sustentabilidad, la conceptualización da lugar a diversas discusiones en torno a la diferenciación de los conceptos de “química verde” –Green Chemistry GC– y “química sostenible” –Sustainable Chemistry SC–. Con el paso del tiempo, algunos autores tratan de marcar diferencias en sus conceptos, uno de ellos es Otto Hutzinger (1999), quien enfatiza las diferencias culturales y sociológicas que influyen en el significado y la connotación de los términos, señalando que la SC representa el “mantenimiento y la continuación de un desarrollo ecológicamente racional” (p. 123) y la GC cubre el “diseño, fabricación y uso de productos y procesos químicos que tienen poco o ningún potencial de contaminación o riesgo ambiental” (p. 123).

Sin embargo, a pesar de los intentos por diferenciar ambos términos, recientemente se han comenzado a fusionar bajo el título de “química verde y sostenible” –green and sustainable chemistry– como lo introduce el *Manual de referencia para la química verde y sostenible* del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente PNUMA (2021). Esta fusión permite integrar las características más generales de cada enfoque y enmarcar a la química verde como un componente importante para la química sostenible, teniendo en cuenta que la química verde por sí sola, no es necesariamente sostenible, ya que la misma no aborda las implicaciones de los recursos

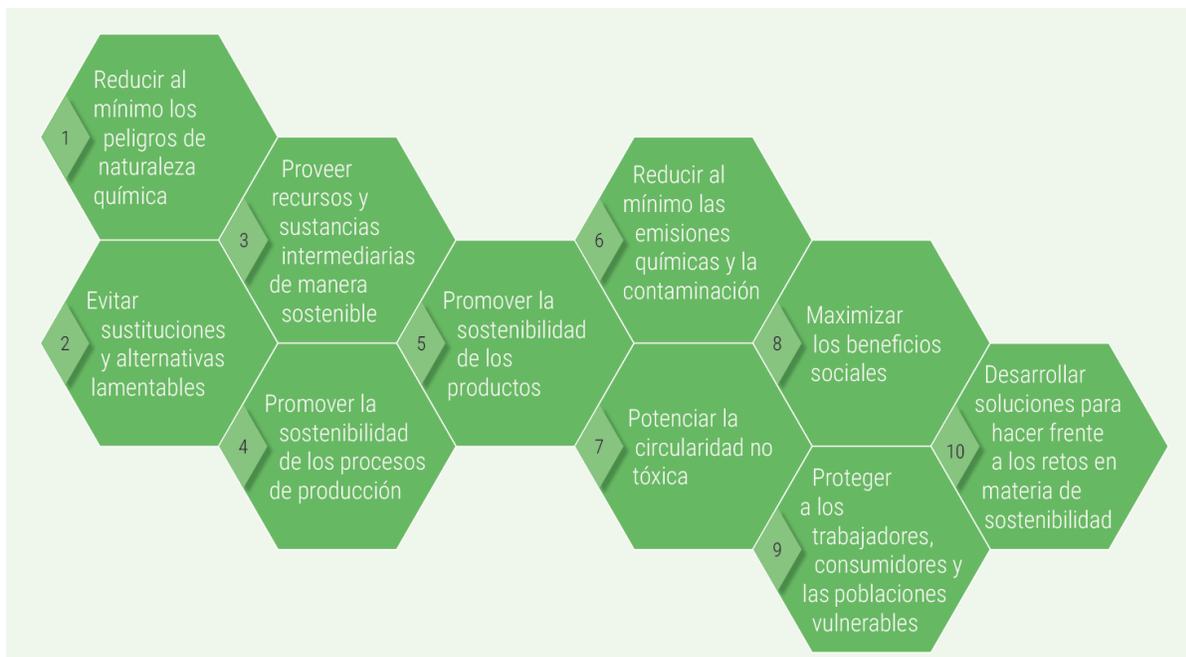
renovables, ni la ética, ni los modelos de negocios alternativos. En consecuencia, la fusión de ambos términos es apropiado si se quiere complementar tanto la una con la otra (Zuin et al., 2021).

En cuanto a los países Iberoamericanos, se utilizan sin distinción los términos de química verde, química sostenible y química sustentable, incluso los mismos son usados como sinónimos. La confusión y la falta de consenso tiene su génesis en la traducción del inglés al español de la palabra “sustainable”, también en las discusiones y diferentes posiciones en la utilización de los términos de desarrollo sostenible y desarrollo sustentable. Cabe mencionar, que este trabajo de investigación aborda la fusión de la química verde y sustentable –QVS– al considerar que la sustentabilidad es una construcción conceptual desde la filosofía ambiental latinoamericana que va más allá de lo económico, integrada en un pensamiento incluyente y holístico que parte de la transformación social constituido en los territorios, a fin de defender la vida para un futuro sustentable (Leff, 2012).

Cabe enfatizar, que el enfoque de QVS se trabaja bajo la mirada *del Manual de referencia para la química verde y sostenible (2021)* del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente –PNUMA–, el cual plantea los siguientes objetivos manifiestos en la figura 2.

Figura 2

Objetivos de la química verde y sostenible



Nota. En la figura se presentan diez objetivos según el *Manual de referencia para la química verde y sostenible (2021)*. Fuente: *Química Verde y Sostenible, PNUMA 2021 Manual de Referencia*.

En este proyecto, se seleccionan los siguientes tres objetivos propuestos por PNUMA (2021) para el trabajo escolar: 7) Propiciar la circularidad no tóxica y reducir al mínimo los desechos. Este objetivo permite la identificación del “ciclo de vida” de los productos, siendo relevante la identificación de los residuos generados en las prácticas experimentales del laboratorio escolar. 8) Maximizar los beneficios sociales. Consiste en la gestión racional de los productos químicos y los desechos. En este sentido, se reconocen algunas mezclas acuosas benéficas, pero también algunas mezclas acuosas problema que tiene implicaciones tanto a nivel de contaminación ambiental, como a nivel de problemática social, en la afectación de diferentes comunidades. 9) Proteger a los trabajadores, consumidores y las poblaciones vulnerables. Destaca la necesidad de una buena gestión y protección de los productos químicos y sus desechos, considerando la aplicación del Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos –SGA–. Además, reconoce que los trabajadores, las comunidades marginadas y los consumidores se encuentran entre los más afectados por la contaminación ambiental.

3.2.3 Pensamiento sistémico en la enseñanza de química verde y sustentable

El enfoque sistémico del ambiente es una visión que está presente en los aportes realizados por la Política Nacional de Educación Ambiental de Colombia (SINA, 2002), en el abordaje de los Objetivos de Desarrollo Sostenible –ODS– de las Naciones Unidas y como un elemento importante que incorporan los educadores dentro de la QVS en los últimos años. Para ello, es importante mencionar que el enfoque o pensamiento sistémico hace referencia a la interacción e interconexión de las personas, los objetos y el ambiente como un todo (Hurst, 2020). En este sentido, es una propuesta innovadora en términos educativos, ya que sirve de base para examinar y abordar diferentes fenómenos y comportamientos complejos desde una perspectiva holística de manera integral y no dividida para el desarrollo del pensamiento crítico, además del fortalecimiento de las habilidades de orden superior que busca integrar las herramientas necesarias para ayudar a los futuros ciudadanos a enfrentar los desafíos globales relacionados con el cambio climático, la desigualdad, la contaminación ambiental, entre otros (Pereira-Chaves, 2010).

También busca modificar los enfoques reduccionistas en la enseñanza de la ciencia, que por un lado han permitido reducir los problemas complejos, a fin de que sean más fáciles de comprender y analizar; pero por el otro, han demostrado ciertas limitaciones al pasar por alto las importantes interrelaciones entre las partes y los resultados. Esta situación problemática se evidencia a la hora de enseñar química, que desde el marco reduccionista se “aprende” como disciplina individual, con hechos discretos fuera de contexto, trayendo como consecuencia que a los estudiantes se les dificulte aplicar los conocimientos y las habilidades en nuevos contextos (Orgill et al., 2019).

Una alternativa para incorporar el pensamiento sistémico en la enseñanza de la química, es a través de la QVS, al pensar de manera holística en las implicaciones que tienen los productos químicos en cuestión de peligros y beneficios que presentan para el medio ambiente y la salud humana, además de las implicaciones asociadas a las cuestiones económicas, políticas y sociales, al interpelar alrededor de su toxicidad, su capacidad para ser reutilizados o reciclados o su capacidad para obtenerse de forma renovable (Hutchison, 2019). Este enfoque sistémico de la educación en QVS puede proporcionar a las futuras generaciones una conciencia alrededor de las sustancias que manipulan a fin de acercarlas más a una sociedad con capacidad crítica con miras al desarrollo sustentable.

3.2.4 Química verde y sustentable para la formación en y para la civilidad

En la actualidad, la visión de la QVS para la construcción de un futuro sustentable abarca una serie de esfuerzos con miras hacia la ecologización de las prácticas químicas, a fin de minimizar las emisiones de sustancias en la producción, reciclaje y eliminación, así como la exposición de los trabajadores y consumidores a las que puedan ser perjudiciales (PNUMA, 2021). En este sentido, el fomento de una educación en química que tenga en cuenta estas consideraciones y que garantice los beneficios de la QVS, puede contribuir a que su enseñanza sea considerada como algo más interesante y humano que tiene un papel activo en cuanto a la resolución de los problemas que afectan a la humanidad (Vilches y Pérez, 2011).

Es así, como la QVS constituye una herramienta privilegiada en la educación en química, en cuanto promueve la adopción de posturas críticas y reflexivas en la evaluación de los riesgos y perjuicios de los materiales para los sujetos, la biodiversidad y la sociedad. Es por ello, que esta

investigación considera que su implementación en la práctica educativa puede despertar el deseo de aprender de los estudiantes motivados por la interacción vivencial con materiales y procedimientos químicos en pro del bien común, y contribuir a la formación en y para la civilidad, dado que estas acciones están encaminadas a la promoción de valores y actitudes enfocadas a la responsabilidad social y política, enmarcado por una ética ambiental. Por consiguiente, puede que el estudiante asuma y tome decisiones consientes en pro de establecer una ética ambiental con prácticas sociales responsables y justas con la vida en el planeta, que podrían tener incidencia directa en la acción cotidiana (Arango y Alzate, 2017).

3.2.5 Aprendizaje significativo crítico para la formación de ciudadanos con sentido de sustentabilidad

Para Talanquer (2016) "La química es menos un cuerpo de conocimiento, es una forma poderosa de pensar y actuar sobre el mundo material" (p. 4), es decir, los conceptos centrales de la química además de explicar e interpretar propiedades, estructuras moleculares y transformaciones de las sustancias, son también para reflexionar y actuar en el mundo social, económico, político, ambiental y ético. Es así como la enseñanza de la química en la educación escolar juega un papel clave en los procesos de formación de ciudadanos científicamente alfabetizados, que logren una comprensión crítica ante los constantes cambios sociales y ambientales. De esta manera, la enseñanza de la química demanda la aplicación de nuevas estrategias pedagógicas que permitan generar aprendizaje significativo crítico, para salir del sistema tradicionalista que aún predomina en ciertas aulas de clase. Una forma de lograr estos cambios es a través de la teoría del ASC de Marco Antonio Moreira, teoría que ha sido influenciada por aportes como: el *aprendizaje significativo* de Ausubel, *la enseñanza subversiva* de Postman y Weingartner, *la educación bancaria* y *la pedagogía de la autonomía* de Freire y el libro de Finkel *Dar clases con la boca cerrada*. Conocimientos integrados que dan paso a la construcción del ASC de Moreira (2010) que define como, "aquella perspectiva que permite al sujeto formar parte de su cultura y, al mismo tiempo, estar fuera de ella" (p. 18). Como soporte para alcanzar este tipo de aprendizaje, el autor propone once principios facilitadores del ASC:

- **Principio del conocimiento previo.** Aprendemos a partir de lo que ya sabemos: este principio es el primer paso para un ASC que influye directamente en la adquisición significativa de los nuevos conocimientos.

- **Principio de la interacción social y del cuestionamiento.** Aprender/enseñar preguntas en lugar de respuestas: la mediación y el intercambio de significados, pueden generar la interacción constante de preguntas relevantes y sustantivas en lugar de respuestas, esto promueve la criticidad y el ASC.

- **Principio de la no centralidad del libro de texto.** Aprender a partir de distintos materiales educativos: la diversificación del material educativo también es facilitador del ASC, este debe ser cuidadosa e intencionalmente seleccionado y/o preparado de modo que represente adecuadamente el conocimiento motivo de aprendizaje.

- **Principio del aprendiz como perceptor/representador.** Aprender que somos perceptores y representantes del mundo: los estudiantes no captan directamente el mundo, ellos lo representan internamente a partir de sus percepciones previas. De esta manera, la capacidad de aprender puede ser comprendida como la capacidad de abandonar percepciones previas inadecuadas y desarrollar otras más funcionales.

- **Principio del conocimiento como lenguaje.** Aprender que el lenguaje está totalmente involucrado en todos los intentos humanos de percibir la realidad: aprender significativamente implica aprender un lenguaje no solo de palabras, sino también de símbolos, procedimientos e instrumentos de forma sustantiva y no arbitraria, mediado por el intercambio, negociación y clarificación de significados.

- **Principio de la conciencia semántica.** Aprender que el significado está en las personas, no en las palabras: los estudiantes son quienes atribuyen significados a las palabras en diferentes niveles de abstracción que pueden cambiar y afinarse con el tiempo.

- **Principio del aprendizaje por error.** Aprender que el ser humano aprende corrigiendo sus errores: identificar los errores y pensarlos críticamente es descartar la certeza y la verdad absoluta, el error debe ser visto como algo natural dado que se aprende a través de la superación.

- **Principio del desaprendizaje.** Aprender a desaprender, a no usar los conceptos y las estrategias irrelevantes para la sobrevivencia: en un ambiente de constante cambio es importante aprender a distinguir entre lo relevante e irrelevante, a reconocer que la valoración de los conocimientos previos puede permitir nuevos significados.

- **Principio de la incertidumbre del conocimiento.** Aprender que las preguntas son instrumentos de percepción y que las definiciones y las metáforas son instrumentos para pensar: la visión del mundo del estudiante se construye a partir de las definiciones que asimila, las preguntas que formula y las metáforas que utiliza, elementos vinculados con el lenguaje humano.

- **Principio de la no utilización de la pizarra.** Aprender a partir de diferentes estrategias de enseñanza: en algunos casos, la pizarra simboliza la enseñanza de la transmisión de conocimiento y la participación pasiva del estudiante que espera a que el profesor escriba las “verdades”.

- **Principio del abandono de la narrativa.** Aprender que simplemente repetir la narrativa de otra persona no estimula la comprensión: el aula de clase debe ser un espacio donde se permita la participación del estudiante, se estimule la interacción y el intercambio de significados, la negociación y el acuerdo de estos, puesto que la transmisión de los conocimientos a través de la narrativa no promueve el ASC.

3.2.6 Prácticas experimentales escolares con enfoque de química verde y sustentable

La práctica experimental en la enseñanza de las ciencias es una de las experiencias más importantes que integra una variedad significativa de objetivos escolares, según Caamaño et al. (2011) estos son:

La familiarización, la observación y la interpretación de los fenómenos que son objeto de estudio en las clases de ciencias, el contraste de hipótesis en los procesos de modelización de la ciencia escolar, el aprendizaje del manejo de instrumentos y técnicas de laboratorio y de campo, la aplicación de estrategias de investigación para la resolución de problemas teóricos y prácticos y, en definitiva, la comprensión procedimental de la ciencia (p. 143).

Sin embargo, se hace necesario reflexionar sobre su aplicación, dado que una visión sesgada del trabajo científico no permite explorar la riqueza conceptual y su relación con la construcción del conocimiento escolar. Por ejemplo, algunas concepciones exponen a la práctica experimental como un medio para verificar la teoría, donde se comprueban procesos y se contrastan resultados que confirman la exactitud y veracidad de los conceptos explicados en clase, y llevados a cabo en un espacio común denominado “laboratorio” a partir de procedimientos y montajes presentados en manuales o guías de laboratorio con el paso a paso a seguir. En resumen, la experimentación es considerada como subsidiaria a la teoría, como una herramienta más de verificación. Esta postura

del trabajo experimental refleja una visión empírico-positivista de la ciencia como medio verificador de teorías que tiene la función de comprobar y demostrar (García y Estany, 2011; Ferreirós y Ordóñez, 2002; Hodson, 1994). Situación que carece de significado para el estudiante, ya que solo incentiva la adquisición de habilidades procedimentales como el manejo de instrumentos y la reproducción de la información, centrada en datos y cálculos algorítmicos carentes de discusión e interpretación (Flores et al., 2009; Romero-Chacón et al., 2017).

Conforme a estas consideraciones, en la presente investigación, se asume la perspectiva de la construcción del conocimiento científico escolar como proceso sociocultural en el aula de clase que establece un diálogo entre la teoría y la experimentación, fomenta la exploración conceptual y la reflexión de los procedimientos que potencializan las interacciones comunicativas para incentivar el aprendizaje crítico (Romero-Chacón et al., 2017). Como componente de este proceso sociocultural se integran acciones ambientales gestadas por la QVS en torno a la reflexión de la seguridad de los procedimientos, la contaminación de estos y los riesgos de las sustancias y mezclas químicas, bajo modelos de diálogo en el aula en aras de promover una ética ambiental.

Además, se considera la propuesta experimental de Caamaño et al. (2011) y sus tipologías para los trabajos prácticos como las experiencias perceptivas, ilustrativas e interpretativas, los ejercicios prácticos para el aprendizaje de procedimientos y para ilustrar la teoría, finalmente, las prácticas como investigaciones para resolver problemas teóricos y/o prácticos. En esta investigación se consideran las experiencias tipo interpretativo y las investigaciones para resolver problemas teóricos. La primera es implementada con el fin de promover la interpretación de un fenómeno observado, a partir de hipótesis o explicaciones construidas por los estudiantes en diálogo con sus pares o profesores. La segunda, consiste en la indagación de problemas, la planificación y la realización de tareas investigativas no dirigidas, donde no se da ninguna pauta experimental, la investigación es planeada por los estudiantes para dar respuesta a una pregunta inicial que tiene relación con el problema a investigar. Esta modalidad es considerada por Caamaño et al. (2011) como “los trabajos más importantes en un enfoque constructivista e investigativo en la enseñanza de las ciencias” (p. 162).

3.2.7 Mezclas acuosas en contexto químico y sustentable

Las mezclas acuosas en su diversidad y pluralidad acompañan el diario vivir de los seres humanos y sus comunidades, desde el agua del grifo de los ciudadanos, hasta las quebradas, ríos y mares. Cumplen una función vital de impacto social, ambiental, cultural, económico y político. Sin embargo, algunas actividades antropogénicas contaminan estos sistemas. Esta problemática ambiental, requiere de soluciones inmediatas para su mitigación, lo cual demanda la formación de ciudadanos capaces de tomar decisiones basadas en el conocimiento disciplinar responsable de estas mezclas acuosas. En esta investigación se consideran las mezclas acuosas de solutos iónicos.

Por ello, se relaciona a continuación los fundamentos conceptuales para su comprensión según los niveles de conceptualización propuestos por Jensen (1998). Este autor, propone una estructura lógica de la química fundamentada en la epistemología y la historia de la disciplina. Plantea el cruce entre tres categorías conceptuales: molar, molecular y eléctrico y tres dimensiones: composición/estructura, energía y tiempo. Para efectos de la presente investigación se implementan las tres categorías y la dimensión composición/estructura.

La conceptualización molar es comprendida desde la interacción y el comportamiento de las sustancias. La molecular, hace énfasis en el lenguaje químico desarrollado para modelar y representar sustancias a partir de fórmulas químicas de composición y estructurales, modelos moleculares como el corpuscular, de conectivas, de esferas tangentes y conectivas. La eléctrica se centra en la comprensión de la interacción de núcleos y electrones para la formación de los enlaces químicos y en la variación de los núcleos –isótopos– y electrones –átomos e iones– (Jensen, 1998). La tabla 1 presenta de modo resumido las categorías y dimensiones. Estos niveles de conceptualización son considerados como bases fundamentales para la enseñabilidad de los contenidos en química (Alzate Cano, 2007).

Tabla 1

Categorías y dimensiones de la química según W. Jensen (1998)

Categoría	Composición/Estructura	Energía	Tiempo
Molar	Composición química de sustancias simples y compuestas, mezclas y soluciones acuosas.	Entropía calorimétrica y calores de formación. Energías libres y constantes de equilibrio.	Leyes de velocidad experimental. Parámetros de Arrhenius y/o

			entropías y calores de activación.
Molecular	Lenguaje químico (fórmulas de composición y estructurales), ecuaciones químicas y modelos moleculares	Interpretación molecular de la entropía, calores de formación y calores de atomización, energía promedio de enlace, mecánica molecular.	Mecanismos de reacciones moleculares. Visión molecular de entropías de activación y complejo activado.
Eléctrica	Átomos (núcleos y electrones), y sus interacciones (enlaces intramoleculares e intermoleculares), iones e isotopos.	Cálculos de energía basados en estructura electrónica. Interpretación espectral. Cálculo de calores de atomización.	Mecanismos de reacción iónica y fotoquímica. Efecto isotópico. Cálculos de energías de activación. Índices de reactividad electrónica

Nota. Tabla de doble entrada correspondiente a los niveles conceptuales y dimensiones que representa la estructura lógica del conocimiento químico, según W. Jensen. Fuente: Alzate Cano (2007).

A continuación, se expone de modo general y parcial el concepto de mezclas acuosas y su enfoque en perspectiva de los niveles de conceptualización para la sustancia agua.

3.2.7.1 Mezclas acuosas

Las mezclas acuosas son sistemas constituidos por una o varias sustancias –solutos– en interacción con la sustancia compuesta agua líquida $H_2O_{(l)}$ –solvente–, en un contexto determinado por las condiciones de temperatura, presión y cantidad de sustancia. En estos materiales interactúa el agua –solvente– y otra u otras sustancias –solutos–, los cuales están disueltos, medianamente disueltos, poco disueltos o no disueltos. Para el primer caso, se afirma que el soluto es soluble, para el siguiente, parcialmente soluble, por último, muy poco soluble e insoluble. Cuando el soluto es

soluble o una cantidad específica esta disuelta, se considera una mezcla homogénea acuosa, también llamada solución o disolución acuosa, siempre que en cualquier cantidad de masa o volumen la magnitud de cualquier propiedad física o química sea reproducible (Alzate Cano, 2007).

Las soluciones acuosas se clasifican en insaturadas, saturadas y sobresaturadas según la relación de la solubilidad, la cual se define como la máxima cantidad de soluto disuelto en 100,0 gramos de solvente –agua líquida $H_2O_{(l)}$ – a una temperatura específica, designada con la letra mayúscula S (Alzate et al., 2018). Es decir que, si la cantidad de soluto disuelto es proporcional a la solubilidad, la solución acuosa se nombra saturada. Pero si la cantidad de soluto es menor a la que se puede disolver en los 100,0 mL de agua, la solución acuosa se nombra insaturada. Cuando la cantidad de soluto es mayor a la que se puede disolver en los 100,0mL de agua, se nombra sobresaturada, sin embargo, esta requiere prepararse en condiciones de control de temperatura, de otro modo, se formaría una mezcla heterogénea con una fase de solución acuosa saturada y una sólida que corresponde al soluto no disuelto (Alzate Cano, 2007).

3.2.7.2 Conceptualización molar del agua

El agua, es una sustancia compuesta de vital importancia para los sistemas vivos del planeta. A temperatura ambiente es un líquido insípido, inodoro e incoloro. Como sustancia pura en fase líquida $H_2O_{(l)}$ no se encuentra en la naturaleza, es producida en el laboratorio por medio de diferentes procesos de destilación y desionización (Alzate et al., 2018). En el medio ambiente, se encuentra como soluciones acuosas –mezclas homogéneas– y como mezclas heterogéneas que transportan diferentes minerales y nutrientes esenciales para la vida. En diferentes contextos de temperatura y presión se presenta en estado sólido, líquido y gaseoso. Como sólido, se localiza en los glaciares, casquetes polares, nieve, granizo, escarcha; como gas en la atmósfera o vapor de agua; como líquido, en los océanos, mares, lagos, ríos, pantanos, aguas subterráneas y en forma de rocío; como mezcla coloidal en niebla, nubes, entre otros.

La fase líquida es abundante en la superficie terrestre, los océanos cubren alrededor de las tres cuartas partes del planeta cerca de un 97%. El agua restante, alrededor del 3 % es agua dulce que en su mayoría se encuentra congelada, solo el 0,8% se encuentra en lagos y ríos integrada a la dinámica del ciclo del agua en la naturaleza. Esta sustancia, también reconocida como el “solvente

universal” interactúa con una gran cantidad de sustancias –solutos– que disuelven en ella, como por ejemplo el cloruro de sodio en el agua de mar debido a la polaridad para la formación de soluciones acuosas (Alzate et al., 2018).

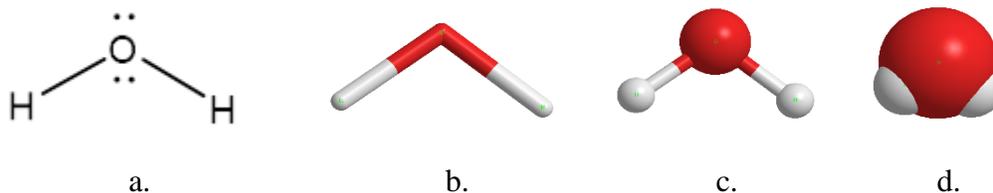
El agua es de importancia vital en la economía mundial por su uso en actividades industriales, domésticas y agrícolas. Los seres humanos emplean la mitad de los recursos de agua dulce del mundo y su consumo va en aumento, y en la actualidad se evidencian consecuencias negativas como: la erosión de los suelos, la desaparición de humedales, aumento de zonas desérticas y disminución o pérdida de lagos y ríos a causa de la contaminación. En esta perspectiva, el conocimiento de los sistemas acuosos es central en la QVS y en la formación para la ciudadanía, ya que propone la disminución o mitigación de la contaminación de las fuentes hídricas, lo cual implica su reutilización y ampliación de su capacidad como solvente para sustituir otros, por ejemplo, orgánicos, que son tóxicos y peligrosos para el medio ambiente (Kidwai & Mohan, 2005).

3.2.7.3 Conceptualización molecular del agua

El agua es una sustancia compuesta con fórmula química $H_2O_{(l)}$ y nombre químico Óxido de hidrógeno, lo cual significa a cada molécula como la combinación de dos veces el elemento hidrógeno y una vez el elemento oxígeno para formar dos enlaces intramoleculares covalente-polar sigma. Una molécula discreta de agua tiene fórmula estructural con geometría angular, con ángulo de enlace $104, 5^\circ$, con longitud de enlace O–H aproximada 96 picómetros (pm). La molécula discreta se puede representar con diferentes modelos moleculares como se observa en la figura 3.

Figura 3

Representación angular de la molécula discreta de agua

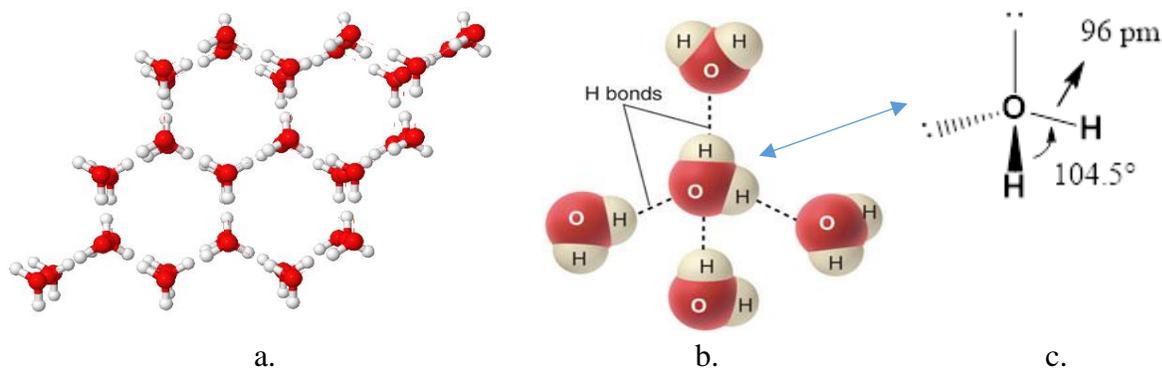


Nota. a. Fórmula estructural b. Modelo de conectivas c. Modelo de conectivas y esferas d. Modelo de esferas tangentes. Las esferas rojas y blancas representan los átomos de oxígeno e hidrógeno respectivamente. Fuente: elaboración propia con ChemDraw Professional.

Cada molécula de agua interactúa con otras cuatro mediante la fuerza de atracción eléctrica denominada enlace de hidrógeno o interacción dipolo-dipolo; la molécula discreta cambia su geometría angular a tetraédrica al formar dos enlaces intermoleculares con los pares de electrones no enlazantes y otros dos enlaces de hidrógeno enlazados a los dos pares no enlazantes de otra molécula. El enlace intermolecular dipolo-dipolo se representa con un segmento de recta discontinuo, como se muestra en la figura 4.

Figura 4

Moléculas discretas que interactúan por medio de enlaces de hidrógeno.



Nota. a. Estructura red molecular del agua sólida. b. Agregado molecular del agua líquida “modelo fluctuante”. c. Estructura tetraedral de la molécula de agua. Fuente: imagen a y b <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>, vía Wikimedia Commons. Imagen c. Elaboración propia con ChemDraw Professional

La figura 4a, representa la estructura red molecular del agua sólida –hielo–, red cristalina hexagonal $H_2O_{(s)}$ nombrada estructura cristalina hexagonal. La figura 4b, representa el agregado molecular del agua líquida, denominado “modelo fluctuante” dado que es dinámico y se modifica con el tiempo (Alzate et al., 2018).

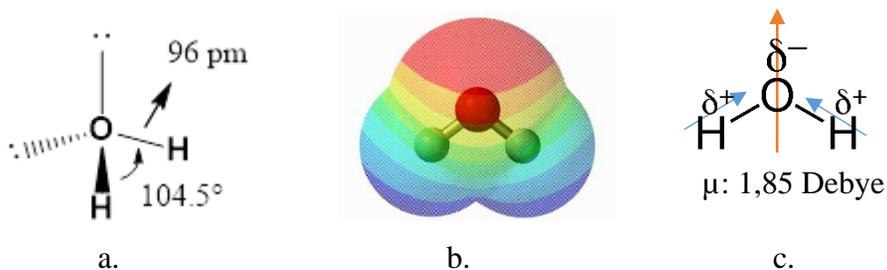
3.2.7.4 Conceptualización eléctrica del agua

La molécula discreta de agua constituida por la combinación de un átomo de oxígeno y dos átomos de hidrógeno, según la fórmula molecular H_2O , se estructura con un átomo de oxígeno enlazado a cada átomo de hidrógeno mediante la compartición de un par de electrones, llamado par enlazante. El oxígeno más electronegativo –atrae a los electrones con más fuerza– y tiene carga

eléctrica parcial negativa (δ^-), mientras que los dos hidrógenos poseen carga eléctrica parcial positiva (δ^+). En la geometría de la molécula de agua, los hidrógenos están cerca de dos vértices de un tetraedro centrado en el oxígeno, en los otros dos vértices se posiciona en cada uno un par de electrones de valencia no enlazantes. Estas características, le dan a la molécula de agua un momento dipolar eléctrico y la clasifica como una molécula covalente polar, ver figura 5.

Figura 5

Representación tetraédrica y eléctrica de la molécula de agua.



Nota. a. Estructura tetraédrica de la molécula discreta de agua b. diagrama de potencial eléctrico de la molécula discreta de agua c. molécula discreta de agua representada con polaridad de enlace –flechas en azul– y polaridad de la molécula con magnitud 1,85 Debye –flecha roja–. Fuente: imagen a y b elaboración propia con ChemDraw Professional y Spartan. Imagen c de <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>, via Wikimedia Commons.

Modelar y comprender la molécula de agua como molécula discreta, agregado y red molecular da lugar a la interpretación de diferentes sistemas acuosos mediante las relaciones de estos modelos con los de otras moléculas soluto en su dependencia con la solubilidad, situación como se ha mencionado anteriormente vital para la aplicabilidad de la QVS que comprende la complejidad de las mezclas acuosas, su ciclo de vida y la interacción con sistemas vivos.

4 Metodología

En el siguiente apartado se destacan los aspectos teóricos que fundamentan la ruta metodológica, se describen asuntos con relación al contexto y los estudiantes participantes en la investigación, las experiencias de aprendizaje diseñadas en la estrategia pedagógica, consideradas como un entorno adecuado para la construcción de conocimiento escolar a la luz de las experiencias que privilegian espacios para el diálogo, la argumentación y toma de decisiones en pro del cuidado ambiental y personal.

4.1 Enfoque y método

En correspondencia con el planteamiento del problema y los objetivos de investigación descritos en páginas anteriores, en esta sesión se plantean las pautas metodológicas del trabajo de investigación, el cual se sitúa en el enfoque cualitativo. Este pone su mirada en la singularidad del sujeto, en su accionar en contextos socioculturales particulares, como el aula de clase por ejemplo, referida a sus vivencias e interacciones con el otro y con el investigador, a fin de comprender la realidad social que se construye, enmarcada en un proceso cargado de valores, significados y percepciones que asume la subjetividad como medio por el cual se logra el acercamiento al conocimiento de la realidad humana (Galeano Marín, 2018). En este enfoque se valora una dinámica en espiral, la cual facilita el replanteamiento de preguntas, objetivos y problema de investigación durante y después de los análisis de datos, además comprende que los participantes tienen un papel activo de vital importancia y desarrollar una empatía hacia ellos es fundamental para favorecer el cumplimiento de los objetivos (Hernández, Fernández y Baptista, 2010).

Por consiguiente, fundamentar la presente investigación bajo un enfoque cualitativo es pertinente, dado que permite comprender la construcción individual y colectiva de cada estudiante situado en el contexto sociocultural del aula de clase a partir de los registros de la información en el propio campo y su posterior transformación a datos y análisis de estos. Esta investigación cualitativa no pretende generar juicios de valor o incidir en las respuestas de los participantes, procura mantener la reflexión sobre la particularidad a partir de la descripción, interpretación y análisis de los datos logrados mediante la estructuración de los registros obtenidos a través de la estrategia pedagógica planteada para tal fin, que tiene como propósito fomentar el aprendizaje

significativo crítico –ASC– en torno al tema de mezclas acuosas con enfoque de QVS en el grado once de la I.E. Concejo de Medellín.

La perspectiva cualitativa del desarrollo de la metodología se integra con algunos aportes y elementos importantes de la etnografía educativa y la observación participante. En primer lugar, se destaca a la etnografía educativa como una estrategia metodológica que busca interpretar y describir los significados de las situaciones cotidianas en el aula de clase, con el propósito de comprender y analizar la realidad a partir de los significados de distintos contenidos para los alumnos, su relación con el docente, las actitudes de los estudiantes y los fenómenos dados en el aula de clase (Piña, 1997).

En segundo lugar, se inscribe a la observación participante como técnica de investigación importante para el registro permanente de la información y la comprensión de fenómenos situados en el aula de clase, en donde el investigador asume el rol de docente, como actor importante del proceso educativo que capta la realidad del aula de clase y participa activamente como observador, convirtiéndose en el principal “instrumento” de la recolección permanente y sistemática de observaciones generales y focalizadas de las actitudes y de la información mediante el diseño de instrumentos de registro preparados para el grupo estudiado (Galeano Marín, 2018).

En virtud de lo anterior, y en miras de comprender y analizar si la aplicación de una estrategia pedagógica promueve el ASC referente a las mezclas acuosas con enfoque de QVS, se considera el estudio de caso (Stake, 2010), como el método de estudio más idóneo para la realización de esta investigación, dado que el propósito es comprender el fenómeno particular de cada sujeto en el contexto educativo a partir de interpretaciones y descripciones centradas en los aprendizajes de los participantes. En este sentido, se aplica una estrategia pedagógica a fin de reconocer y analizar las preconcepciones, perspectivas y significados del tema tratado. Siguiendo a Stake (2010), el caso se convierte en un instrumento para la construcción y comprensión de significados que él nombra, estudio instrumental de casos.

Por consiguiente, la aplicación del estudio instrumental de casos utilizando como estrategia la etnografía educativa y como técnica a la observación participante en el contexto del aula de clase enriquece el análisis y las reflexiones de las realidades escolares, de este modo, se construye el camino para el logro de los objetivos de investigación en el contexto socio cultural del aula de clase.

4.2 Contexto de la investigación

La presente investigación se realiza en la I.E. Concejo de Medellín sede principal, una institución educativa de carácter público, adscrita a la Secretaría de Educación de Medellín, NIT: 811034110-0, que ofrece los niveles de Educación Básica, Educación Media Académica y Media Técnica y Educación Para Adultos. La I.E. ubicada en el barrio La Floresta de la ciudad de Medellín, estrato 4, cuenta aproximadamente con 3354 estudiantes de la educación básica y media. La mayoría de estos viven en la zona urbana del municipio, en las comunas 12 y 13, pertenecientes a los estratos 2 y 3. La Institución cuenta con media técnica –tecno academia– en convenio con el Servicio Nacional de Aprendizaje –SENA–. La I.E. es partícipe del convenio No. 22020005-139-2020 para el ejercicio de la práctica pedagógica y el desarrollo del trabajo de grado de estudiantes de la Universidad de Antioquia.

La práctica pedagógica está estructurada inicialmente, en una actividad previa de observación no participante del contexto escolar institucional durante un semestre, con el objetivo de comprender y reconocer la cotidianidad en el aula de clase, en la mira de primeros pasos de observación y comprensión de algunos significados de distintos contenidos de química básica para los alumnos, de sus actitudes y relación con la docente y de los fenómenos dados en el aula de clase. Seguidamente, en el segundo semestre se inicia la fase de intervención, donde se da paso a la aplicación de la estrategia pedagógica diseñada para la facilitación de ASC y la obtención y recolección de la información.

La preparación o diseño de la estrategia pedagógica, tiene en cuenta el Proyecto Educativo Institucional –PEI– y el Proyecto Educativo Ambiental –PRAE–. El primero fundamentado en los principios de la pedagogía y la didáctica crítica-constructivista, que sitúa al maestro como el facilitador a quien corresponde presentar su práctica pedagógica de manera secuenciada, intencionada y planeada, de modo que permita a los estudiantes la construcción teórica, metodológica, valorativa e investigativa del pensamiento crítico tomando como eje central “su ser y deber ser” (PEI, 2016). El segundo, el PRAE “Construyendo un ambiente con sentido”, tiene el propósito de contribuir de manera transversal en todos los niveles de formación, un sentido de pertenencia desde el nicho social y el pensamiento significativo crítico, a fin de modificar aquellas acciones que perjudican el entorno natural y social (PRAE, 2022). Estos proyectos orientan la planeación de la formación integral de los estudiantes, la cual es puesta en acción en un año durante

3 periodos de 4 meses cada uno, con un método de evaluación formativo –en lo procedimental, actitudinal y conceptual– y sumativo, escala de 1 a 5. Durante los tres periodos los estudiantes desarrollan proyectos de investigación en equipos según las áreas de interés, los cuales son presentados al finalizar el tercer periodo.

Coherente con lo anterior y en la perspectiva institucional del pensamiento crítico, la línea de investigación en la asignatura Práctica Pedagógica I, II, “Aprendizaje significativo crítico en educación ambiental” y el plan de área de química para el grado 11 que establece para el tercer periodo conocimientos en soluciones acuosas, se diseña una estrategia pedagógica centrada en el tema, mezclas acuosas con enfoque de QVS, a fin de promover el ASC de modo coherente con el horizonte pedagógico de la institución y con el PRAE “Construyendo un ambiente con sentido”.

Para la enseñanza y el aprendizaje de la química en el grado once y el desarrollo de la presente investigación, la Institución Educativa dispone de aula de clase, sala de sistemas y de un laboratorio de química, poco utilizado, con buena dotación de instrumentos y materiales. Durante el proceso de observación del contexto, se evidencian diferentes problemáticas en relación con: a) las normas de seguridad del laboratorio dispuestas por el MEN en su documento ministerial No 67 “Orientaciones para la Construcción en los Establecimientos Educativos del Manual de Normas de Seguridad en los Laboratorios de Química y Física”, b) la inadecuada praxis en el almacenamiento de las sustancias químicas y los residuos producidos, c) la no disposición de un inventario de los materiales, los instrumentos y hojas de seguridad de las sustancias químicas, d) el escaso mantenimiento de las instalaciones eléctricas y de gas, y, e) la incorrecta señalización de los espacios de laboratorio.

Estas situaciones, para esta investigación en particular, dan lugar a poner en acción un proceso de gestión que implica el acompañamiento de estudiantes de la Universidad de Antioquia y la Universidad Nacional de Medellín, el secretario de la institución y el relacionamiento con el grupo Empresa Varias de Empresas Públicas de Medellín –EMVARIAS de EPM–, para la recolección de las sustancias y mezclas químicas vencidas y peligrosas, el retiro de las pipetas de gas, la realización del aseo al laboratorio y del cuarto de sustancias químicas, así como la etiquetación de manera correcta, según las normas del Sistema Globalmente Armonizado SGA. De esta manera, el laboratorio de química es apto para su uso institucional y en particular para el ejercicio de las actividades didácticas diseñadas en la estrategia pedagógica.

4.3 Criterios de selección de los participantes

Participa del proceso investigativo un grupo heterogéneo de estudiantes de grado 11, grupo 2, el cual está integrado por 23 mujeres y 9 hombres, para un total de 31, las mujeres con edad entre 16 y 18 años, estrato social 2 y 3, los jóvenes entre 16 y 18 años, estrato social 2 y 4. La selección de este grupo obedece a los comportamientos, actitudes y experiencias observadas durante la práctica pedagógica I, en el cual se reconoce la dinámica grupal, se evidencia que la interacción de los estudiantes en las clases es participativa, se percibe que hay confianza entre ellos y que la mayoría se sienten cómodos con sus compañeros, son cooperativos y trabajan de forma colaborativa y respetuosa, son entusiastas de las prácticas experimentales y se cuestionan constantemente en clases, se nota una preferencia por el trabajo grupal.

En vista que el trabajo de investigación está enmarcado en el estudio instrumental de casos, se decide estudiar un caso particular para describir y explicar un fenómeno general dentro de su contexto (Stake, 2010), en este sentido, se selecciona del grupo participante un caso o grupo de interés que está conformado por cuatro participantes –tres mujeres y un hombre–, cuyas edades comprenden los 16 y 17 años. Caracterizados por su interés, compromiso y honestidad, se da cumplimiento a los siguientes tres criterios de selección propuestos, con el objetivo que el proceso investigativo se desarrolle con total rigurosidad: 1) buena disposición e interés por las experiencias propuestas, 2) asistencia a todas las clases propuestas durante el transcurso de la investigación, 3) participación proactiva en todas las experiencias, fueran individuales o grupales.

4.3.1 Compromiso ético de investigación

Para el desarrollo de la estrategia pedagógica se aplica el protocolo ético a partir de un consentimiento informado que fue diligenciado por los estudiantes y sus padres de familia o acudientes, con el fin de iniciar los procesos de grabaciones, audiovisuales y el registro de la información (ver anexo 10).

4.4 Estrategias para el registro de la información

El registro de la información se lleva a cabo mediante una estrategia pedagógica, entendida como un conjunto de acciones didácticas aplicadas en un orden lógico y coherente que facilitan la formación y el aprendizaje de los estudiantes en las direcciones cognitiva, metacognitiva, tecnológica y socio-afectiva, mediante la implementación de diversas metodologías didácticas (Zambrano et al., 2018). Por consiguiente, para dar cumplimiento al propósito del trabajo de investigación, se diseña un material potencialmente significativo a través de una secuencia didáctica que integra algunos principios del ASC. Por otra parte, también se consideran las directrices dadas por el Ministerio de Educación Nacional desde los Lineamientos Curriculares – LC–, los Estándares y Competencias y los Derechos Básicos de Aprendizaje –DBA–. Para el registro de la información se acude a diferentes técnicas e instrumentos planteados a continuación:

- **Observación:** esta técnica de registro de información es implementada en dos momentos de la investigación. El primero corresponde a la práctica I donde se desarrolla una observación no participante que busca identificar las realidades y dinámicas del contexto sociocultural del aula de clase, para reconocer problemáticas y necesidades a fin de que la investigación tenga un impacto social e institucional. El segundo compete a la observación participante que asume el papel activo del investigador, quien hace parte del grupo por un determinado periodo de tiempo, su observación está orientada por la pregunta y la problemática de la investigación que dirigen su accionar (Galeano Marín, 2018). Por lo anterior, la investigadora asume el rol de maestra-investigadora que describe las experiencias en el aula de clase en el desarrollo de la implementación de la secuencia de enseñanza.
- **Diario pedagógico:** el diario pedagógico es una herramienta de registro en cuanto permite la descripción de las experiencias en el aula de clase, en este se describen las observaciones y reflexiones durante la práctica pedagógica I y II. En la práctica I las descripciones están focalizadas a las experiencias de aula, además de la reflexión y la búsqueda constante de la problemática. En la práctica II se implementa como instrumento de registro de las siguientes anotaciones: planeación, descripción, desarrollo, reactividad de los estudiantes y reflexiones.
- **Documentos:** son implementados para el registro de información de las producciones de los estudiantes, por ejemplo, sus respuestas escritas, dibujos, mapas

conceptuales y V de Gowin, también conversaciones grupales y videos de actividades como debates, que son transcritas y analizadas por el investigador.

4.5 Construcción y diseño de la Unidad de Enseñanza Potencialmente Significativa –UEPS–

Para la implementación de la estrategia pedagógica se diseña un material potencialmente significativo, definido por Moreira (2011) como “Secuencias de enseñanza fundamentadas teóricamente, orientadas al aprendizaje significativo, no mecánico, que pueden estimular la investigación aplicada en enseñanza, es decir la investigación dedicada directamente a la práctica de la enseñanza en el día a día de la clase” (p. 43). En él se incluyen algunos de los principios planteados por Moreira (2010) para la enseñanza, como los son: 1) la no centralización en el libro de texto. 2) la no utilización de la pizarra, de la participación proactiva del alumno, de la diversidad de estrategias de enseñanza y otros materiales educativos. 3) el abandono de la narrativa. También, algunos principios para el aprendizaje: 1) conocimiento previo. Aprendemos a partir de lo que ya sabemos. 2) interacción social y del cuestionamiento. Enseñar/aprender preguntas en lugar de respuestas. 3) aprendiz como perceptor/representador. 4) conocimiento como lenguaje. 5) conciencia semántica. 6) aprendizaje por el error.

La UEPS se organiza en una secuencia de enseñanza que integra los pasos secuenciales propuestos por Moreira (2011), estructurados en cuatro macro sesiones que incorporan un conjunto de experiencias de aprendizaje que incluyen para cada sesión preguntas que prioricen y exterioricen los conocimientos previos de los estudiantes. Además, cada sesión genera un espacio para la evaluación, la cual hace una valoración conceptual, procedimental y actitudinal de los estudiantes, de modo que guíe al docente en los ajustes del proceso formativo y su correspondencia con la reestructuración de las experiencias de aprendizaje.

El tema seleccionado son las mezclas acuosas, contenido del currículo de química del grado once con una gran relevancia en el contexto de la enseñanza de la química. Estas mezclas cumplen una función vital de impacto social, ambiental, cultural, económico y político en el campo de estudio de la química. Con el objeto de que los estudiantes asimilen un fundamento teórico-práctico sobre su identificación y profundización en los significados, se acude a los diferentes grados de conceptualización en química propuestos por Jensen (1998): molar, molecular y eléctrico, los cuales se integran con el lenguaje químico, la representación molecular, la actividad experimental

y la problematización desde el enfoque de la QVS, para movilizar el análisis interpretativo y crítico de situaciones que promuevan una ética ambiental.

La primera sesión corresponde a la exteriorización de las ideas previas, las cuales se identifican mediante el uso de un cuestionario diagnóstico semiestructurado individual (ver anexo 1) y una actividad grupal inicial con identificación de diversos materiales específicamente mezclas. La experiencia se organiza por grupos de trabajo de 3 y 4 estudiantes para responder y discutir las preguntas que orientan la sesión, luego los grupos seleccionan a un estudiante que socializa las respuestas. Seguidamente, los estudiantes observan unas imágenes de contaminación hídrica y se discute en torno a ello.

La segunda sesión consiste en experiencias de aprendizaje que favorecen el nivel de comprensión molecular y eléctrico para el caso de la sustancia en fase líquida óxido de dihidrógeno $H_2O_{(l)}$ conocida comúnmente como agua, dado que los sistemas a trabajar son acuosos. Esta sustancia en cuanto solvente se relaciona con la solución acuosa de cloruro de sodio $NaCl_{(ac)}$, a fin de facilitar un razonamiento químico para el fenómeno de disolución, en este sentido, se implementan situaciones-problemas que incluyen simulaciones, dibujos, manualidades – plastilina–, actividades prácticas, lecturas, discusiones grupales y trabajo colaborativo e independiente.

La tercera sesión reside en las prácticas experimentales que consideran los tres niveles de comprensión en química. Antes de iniciar con la experiencia en el laboratorio se desarrollan experiencias de aprendizaje previas, una de ellas es el uso de simuladores PhET que permite la variación y selección de diferentes cantidades de soluto y de solvente, además incluye la concentración –molaridad– y sus cambios al manipular la simulación. Luego, se desarrolla una actividad grupal, los estudiantes discuten con relación a unas preguntas orientadoras, con el propósito de identificar las normas de seguridad en el laboratorio, la disposición y el manejo de los residuos y la evaluación de los posibles riesgos y la prevención de accidentes en el laboratorio. Esto se consolida con una experiencia caracterizada por la discusión en torno a un accidente en un aula de clase en ejercicio de una práctica experimental.

Seguidamente, la primera práctica experimental, consiste en preparar diferentes mezclas acuosas de cloruro de sodio en grupos de 3 estudiantes, con el propósito de completar los datos propuestos en el tablero, los cuales incluyen la cantidad de soluto y solvente, la temperatura de la mezcla, la clase de mezcla –homogénea o heterogénea–, la cantidad de la mezcla, el tipo de

solución –insaturada o saturada– y el reconocimiento de los pictogramas del sistema globalmente armonizado –SGA–. Posteriormente, se discute por grupos de trabajo los resultados obtenidos de la práctica, con base en una serie de preguntas que orientan la discusión, luego la socialización y discusión de las respuestas.

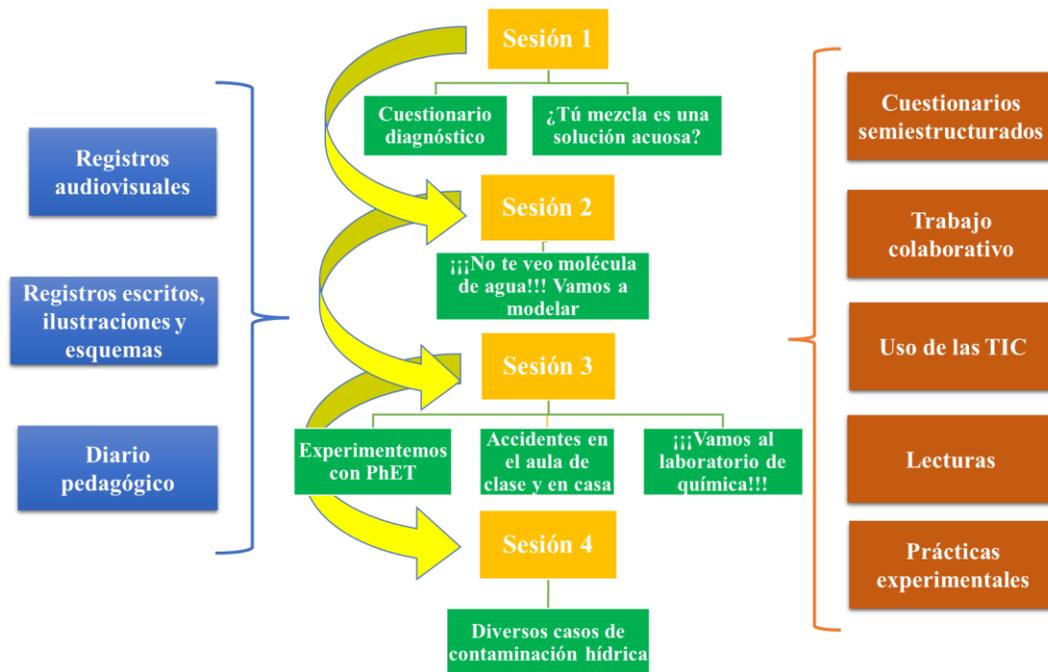
En la segunda práctica experimental, se enfrentan a una situación-problema que consiste en la recristalización del sulfato doble de potasio y aluminio dodecahidratado $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O_{(s)}$. Esta experiencia de aprendizaje aplica los conocimientos construidos e indaga la reconciliación integrativa de los significados a través del trabajo colaborativo mediante discusiones grupales que dan paso al diseño experimental y la aplicación del trabajo práctico. La implementación de mapas conceptuales y diagramas V de Gowin, evidencian la construcción de los significados, su apropiación y estructuración.

La cuarta sesión consiste en las lecturas de problemáticas ambientales como la contaminación con mercurio, plomo, arsénico y cadmio en peces del río Cauca, la orina y otros contaminantes emergentes, la contaminación por microplásticos, la domesticación del Río Aburrá –Medellín, así como los efectos de la ‘moda rápida’ en el medio ambiente; problemáticas asociadas en cuanto a la contaminación de las fuentes hídricas. Las lecturas son asignadas a grupos de estudiantes, cada uno trabaja con un artículo diferente que posteriormente socializan con base en unas preguntas que orientan la discusión.

La secuencia didáctica se desarrolla en diversos espacios de la I.E. Concejo de Medellín como el aula de clase, la sala de cómputo y el laboratorio de química, con el fin de diversificar la estrategia pedagógica. La secuencia se diseña para 12.5 horas de encuentro presencial y 6 horas de estudio independiente, cuenta con 4 sesiones las cuales están integradas por 13 experiencias con un promedio de tiempo de 50 minutos cada una. La secuencia de enseñanza fue previamente evaluada por tres expertos del área de la educación. En la figura 6 se presenta la metodología del registro de la información y la secuencia de enseñanza, distribuidos en tres columnas.

Figura 6

Metodología de registro de la información y secuencia de enseñanza



Nota. La columna izquierda detalla los instrumentos implementados para el registro de la información, la central las 4 sesiones, secuenciadas según los propósitos y el objetivo de la investigación y la derecha a las diferentes estrategias para el registro de la información. Fuente: elaboración propia.

4.6 Plan de análisis

Para el análisis de los datos se procede primero al registro de la información de la secuencia de enseñanza durante la inmersión en campo, en el cual se realizan registros de audios y videos de cada una de las sesiones y se recopilan los diagramas, gráficos y producciones escritas de los estudiantes, además se lleva un registro de las observaciones en el diario pedagógico. En segundo lugar, la información es sistematizada a partir de transcripciones, tanto de producciones orales como escritas de trabajo colectivo e individual, presencial y virtual –Classroom–. Cabe aclarar, que no se transcribe toda la información registrada en la secuencia de enseñanza, sino aquella información que se corresponde con la consecución de los objetivos planteados, tampoco se implementa una notación específica. Los nombres de los participantes no se mencionan, se asignan los siguientes códigos: MI, MJ, SR y SA.

Después de la transcripción, se seleccionan como unidades de registro los enunciados de valor que identifican expresiones que apuntan a las categorías de análisis, asignando segmentos de

codificación incluidos y organizados en una matriz, la cual integra las categorías, subcategorías, los participantes y enunciados con énfasis en el discurso, evaluando las posibles modificaciones conceptuales durante el trascurso de la secuencia de enseñanza. Por lo anterior, se implementan operaciones de análisis de contenido cualitativo entendido por Piñuel (2002), como el proceso que indaga con relación a diferentes productos comunicativos, las formas de comunicación escrita y oral que acercan a los diferentes pensamientos de los participantes. En este sentido, se parte de la búsqueda de significados, representaciones y propósitos argumentativos identificados por colores sus componentes, es decir, conclusiones en rojo, datos en verde, justificaciones en azul y refutaciones en morado, para analizar el discurso argumentativo se considera la propuesta de Jiménez Aleixandre como se expone a continuación.

4.6.1 Propuesta de Jiménez Aleixandre como herramienta de análisis argumentativo

Según Jiménez Aleixandre (2010), para comprender cómo se construyen las explicaciones en el aula de clase y las significaciones de los estudiantes en diferentes situaciones, es necesario analizar en su discurso la argumentación, entendida como “la capacidad de relacionar datos y conclusiones, de evaluar enunciados teóricos a la luz de los datos empíricos o procedentes de otras fuentes” (p. 361). En este sentido, la autora plantea tres componentes importantes que se complementan y relacionan en la construcción de argumentos, los cuales son: datos, conclusiones y justificaciones.

En la presente investigación se consideran como datos las informaciones, magnitudes, cantidades, testimonios o relaciones propuestos para comprobar o refutar un enunciado, proporcionados por el material de enseñanza –datos suministrados– o datos sugeridos por los estudiantes, procedentes de sus experiencias, como por ejemplo, una práctica experimental –datos movilizados– y utilizados para sustentar sus conclusiones. Como justificaciones, elementos que relacionan los datos con la conclusión, estas pueden estar implícitas y su elaboración puede ser más compleja para los estudiantes. Por último, como conclusión, los enunciados de conocimiento motivo de refutación o aprobación. En la clase de ciencias, son de interés especial aquellas conclusiones de explicaciones causales, relacionadas con la interpretación de fenómenos físicos o químicos. Otro elemento que puede estar o no presente en la argumentación es la refutación, la cual cuestiona las pruebas presentadas a favor de otro enunciado expuesto (Jiménez Aleixandre, 2010).

Cabe aclarar que, la argumentación en el ámbito educativo no está regida por los mismos patrones o reglas de la lógica formal en la argumentación filosófica, por lo que en el aprendizaje de las ciencias se pueden encontrar ciertas partes de ambigüedad, además este análisis discursivo tiene componentes subjetivos, donde diferentes investigadores pueden interpretar de diferentes formas los discursos de los estudiantes (Jiménez Aleixandre, 2010).

4.7 Sobre las categorías de análisis

En concordancia con los objetivos y los referentes conceptuales de la presente investigación, se estructuran a priori dos categorías de análisis y estas en subcategorías para facilitar la lectura analítica de la información y en este proceso emerge la subcategoría formación en y para la civilidad. La tabla 2, resume las categorías: aprendizaje significativo crítico –ASC– y química verde y sustentable –QVS–, y las subcategorías: conocimiento previo, interacción social y del cuestionamiento, aprendiz como perceptor/representador, conocimiento como lenguaje, conciencia semántica, aprendizaje por el error, propiciar la circularidad no tóxica y reducir al mínimo los desechos, proteger a los trabajadores, consumidores y las poblaciones vulnerables, maximizar los beneficios sociales y formación en y para la civilidad. En la tabla 2 también se identifican los indicios o características para identificar las unidades de registro.

Tabla 2
Categorías, subcategorías e indicios para las unidades de registro

Categoría	Subcategoría/Código	Indicios
Aprendizaje Significativo crítico	Principio del conocimiento previo (PCP)	Ideas, proposiciones, significados, representaciones existentes capaces de anclar la nueva información.
	Principio de la interacción social y del cuestionamiento. Enseñar/aprender preguntas en lugar de respuestas (PIC)	Formulación de preguntas relevantes, apropiadas y sustantivas.
	Principio del aprendiz como perceptor/representador (PRP)	Percepciones, representaciones, capacidad de abandonar percepciones inadecuadas y desarrollar otras nuevas y más funcionales

Química verde y sustentable

Principio del conocimiento como lenguaje (PCL)	Conceptualización molecular, implementación de fórmulas moleculares, unidades formula, estructurales y ecuaciones químicas.
Principio de la conciencia semántica (PCS)	Reconoce sus significados y su evolución y desaprendizajes.
Principio del aprendizaje por el error (PAE)	¿Se han modificado los significados?
Propiciar la circularidad no tóxica y reducir al mínimo los desechos (RD)	Reconoce algunas mezclas acuosas problema, benéficas y peligrosas, su tratamiento y disposición.
Maximizar los beneficios sociales (BS)	Es consciente de las problemáticas ambientales y sociales de diferentes mezclas acuosas.
Proteger a los trabajadores, consumidores y las poblaciones vulnerables (PT)	Reconoce la correcta etiquetación de las sustancias y su clasificación, además de las normas de seguridad en el laboratorio de ciencias naturales y en el hogar.
Formación en y para la civildad (FC)	Reflexiona y toma decisiones en pro del cuidado ambiental y personal.

Nota. Tabla de doble entrada que resume las categorías y subcategorías que orientan los análisis de la investigación.
Fuente: elaboración propia.

4.7.1 Acerca del aprendizaje significativo crítico

Según Moreira (2010), el aprendizaje significativo es un proceso de interacción entre el nuevo conocimiento y el conocimiento previo, no literal y no arbitrario, el nuevo conocimiento es más estable, más diferenciado y elaborado en relación con el anterior. Y el aprendizaje crítico, “es aquella perspectiva que permite al sujeto formar parte de su cultura y, al mismo tiempo, estar fuera de ella” (p. 7). En este sentido, la integración de ambos da como resultado el ASC que permite al estudiante formar parte de una cultura y a su vez, apropiarla, cuestionarla o estar fuera de ella, para ser capaz de enfrentar los rápidos y grandes cambios de la sociedad. Por ello este autor plantea once principios facilitadores del ASC, sin embargo, para la presente investigación se consideran solo seis principios facilitadores del aprendizaje, los cuales son:

- a. Conocimiento previo.
- b. Interacción social y del cuestionamiento. Enseñar/aprender preguntas en lugar de respuestas.
- c. Aprendiz como perceptor/representador.
- d. Conocimiento como lenguaje.
- e. Conciencia semántica.
- f. Aprendizaje por el error.

4.7.2 Acerca de la química verde y sustentable

Tomando como punto de partida el *Manual de referencia sobre la química verde y sostenible* de PNUMA (2021) cuyo propósito es fomentar una mayor comprensión sobre los fines que persigue la QVS, los autores proponen diez objetivos orientados a la reflexión, evaluación y orientación de acciones innovadoras y de gestión para la protección del medio ambiente y la salud humana, en coherencia con la agenda 2030 para el desarrollo sostenible de la Asamblea General de las Naciones Unidas. Para el cumplimiento de los propósitos de esta investigación se consideran pertinentes los siguientes tres objetivos:

- a. Propiciar la circularidad no tóxica y reducir al mínimo los desechos.
- b. Proteger a los trabajadores, consumidores y las poblaciones vulnerables.
- c. Maximizar los beneficios sociales.

En consecuencia, los anteriores objetivos promueven la gestión racional, manipulación y desecho de las sustancias y las mezclas químicas empleadas en las prácticas experimentales escolares, a fin de minimizar los posibles impactos negativos en la salud humana y el medio ambiente.

4.8 Criterios de credibilidad de la investigación

La presente investigación cuenta con los siguientes criterios de credibilidad, los cuales otorgan validez y confiabilidad, entre ellos se encuentra la triangulación entendida por Cisterna (2005) como “la acción de reunión y cruce dialéctico de toda la información pertinente al objeto

de estudio surgida en una investigación por medio de los instrumentos correspondientes” (p. 68), En esta investigación se utilizan los siguientes métodos de triangulación:

- **Triangulación entre las diversas fuentes de información:** dado que se implementa más de un instrumento para el registro de la información, se procede a relacionarla y sistematizarla en una matriz de análisis, en la cual se comparan las producciones escritas y gráficas de los estudiantes con las transcripciones y las notas de la investigadora en el diario pedagógico.

- **Triangulación con el marco teórico:** se tuvo presente para la construcción de las categorías y las subcategorías, el contraste con los hallazgos en otras investigaciones, para identificar, divergencias, puntos en común, aportes y recomendaciones a futuro.

- **Triangulación con pares de investigadores y expertos:** durante el desarrollo de la investigación, se contó con la revisión constante de tres expertos y cuatro investigadores en las socializaciones de los seminarios de la práctica pedagógica.

5 Resultados

Este capítulo tiene como propósito el análisis cualitativo de los datos obtenidos a partir de la información registrada en la práctica pedagógica II durante el mes de octubre de 2022, organizados y sistematizados según las dos categorías descritas en la metodología. La primera, el ASC con las subcategorías referidas a sus principios facilitadores: conocimiento previo, el aprendizaje como perceptor/representador, el conocimiento como lenguaje, la conciencia semántica, la interacción social y del cuestionamiento y el aprendizaje por error. Datos analizados en la perspectiva de los niveles de conceptualización en química –molar, molecular y eléctrico–, propuestos por Jensen (1998) para describir las relaciones entre las representaciones, conceptos y lenguaje de los procesos dinámicos de integración y diferenciación de los conocimientos nuevos con los preexistentes, en torno al tema de mezclas acuosas con enfoque de QVS.

La segunda categoría es la QVS que integra como subcategorías tres de los diez objetivos propuestos por el PNUMA (2021) para el trabajo escolar, a saber, 7) propiciar la circularidad no tóxica y reducir al mínimo los desechos, 8) maximizar los beneficios sociales, 9) proteger a los trabajadores, consumidores y las poblaciones vulnerables. Estos objetivos promueven dinámicas argumentativas que favorecen la construcción de conocimientos, el pensamiento crítico y la creación de espacios para la formación en civilidad desde las prácticas experimentales con enfoque de QVS y la consideración de problemáticas de mezclas acuosas, a partir de discusiones de asuntos sociales que inciden en la contaminación hídrica. A continuación, se describen los resultados obtenidos de las categorías citadas y los análisis abordados, según los datos presentados de cada sesión de la secuencia didáctica.

5.1 Aprendizaje significativo crítico y la estrategia pedagógica sobre mezclas acuosas con enfoque de química verde y sustentable

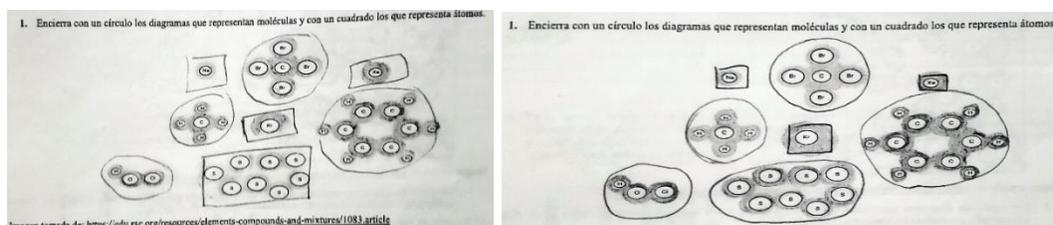
En la perspectiva de ASC y sus principios facilitadores, se detalla en este apartado el análisis descriptivo de las experiencias de aprendizaje de la secuencia didáctica. La sesión 1, indaga las ideas previas de los estudiantes a partir de un cuestionario diagnóstico individual de 12 preguntas (ver anexo 1) para las nociones o percepciones de mezcla, sustancia simple y compuesta, moléculas, disolución acuosa, solubilidad, pictogramas del sistema globalmente armonizado –

SGA– y contaminación hídrica, conceptos que constituyen una red importante de ideas para la asimilación y la resolución de problemas de mezclas acuosas con enfoque de QVS en perspectiva molar, molecular, eléctrica y del lenguaje químico. La segunda experiencia es una actividad grupal que fomenta el diálogo y la interacción con el otro, a partir de preguntas y respuestas en relación con el tema mencionado. A continuación, el análisis descriptivo de la primera experiencia de aprendizaje en perspectiva molecular y de lenguaje químico, alusivos a las preguntas iniciales del cuestionario diagnóstico. Se respeta la versión original en las respuestas de los estudiantes.

La pregunta 1 del cuestionario, indaga la diferenciación entre átomos y moléculas a partir del reconocimiento por los estudiantes de las imágenes presentadas. MI, MJ, SR y SA identifican átomos y moléculas, según los diagramas de la figura 7, reconocen como moléculas mediante señalamiento con círculo, al Metano CH_4 , Benceno C_6H_6 , Tetrabromuro de carbono CBr_4 , Octaazufre S_8 y Ácido hipocloroso HClO , y a los átomos asignados con un cuadrado, el Neón ^{10}Ne , Kriptón ^{36}Kr y Xenón ^{54}Xe . Con respecto a la molécula de Octaazufre S_8 se localiza una diferencia, dos estudiantes MJ y MI –figura 7a– lo indican como átomo, mientras que SR y SA –figura 7b– como molécula, lo cual sugiere que la imagen no es clara, o es confuso para los estudiantes identificar moléculas cuya composición es en átomos de la misma clase.

Figura 7

Respuestas de los estudiantes a la pregunta 1 del cuestionario diagnóstico



a. MJ y MI

b. SR y SA

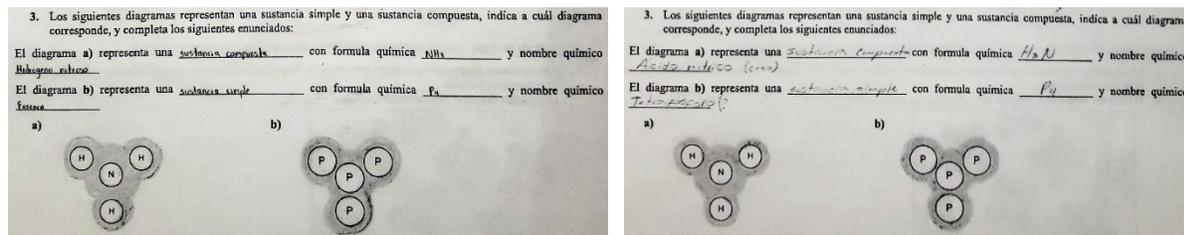
Nota. Las imágenes de moléculas se encierran con un círculo y las de átomos con un cuadrado. Fuente: imágenes tomadas de <https://edu.rsc.org/resources/elements-compounds-and-mixtures/1083.article>

En la pregunta 3 se indaga el lenguaje químico y se solicita a los estudiantes escribir la fórmula química, nombre químico y el tipo de sustancias de las imágenes presentadas. MI, MJ, SR y SA escriben formulas químicas como, NH_3 , H_3N y P_4 según los diagramas de la figura 8. Reconocen como “sustancia compuesta” al Trihidruro de nitrógeno NH_3 y como “sustancia simple”

al Tetrafósforo P_4 . Los estudiantes SR y MI no escriben el nombre químico, MJ escribe “Hidrogeno nitroso” y “Fosforo” (figura 8a), SA escribe “Acido nítrico” y “Tetrafosforo” (figura 8b).

Figura 8

Respuestas de los estudiantes a la pregunta 3 del cuestionario diagnóstico



a. MJ

b. SA

Nota. Pregunta 3 del cuestionario diagnóstico, respuesta de las estudiantes MJ y SA. Fuente: <https://edu.rsc.org/resources/elements-compounds-and-mixtures/1083.article>

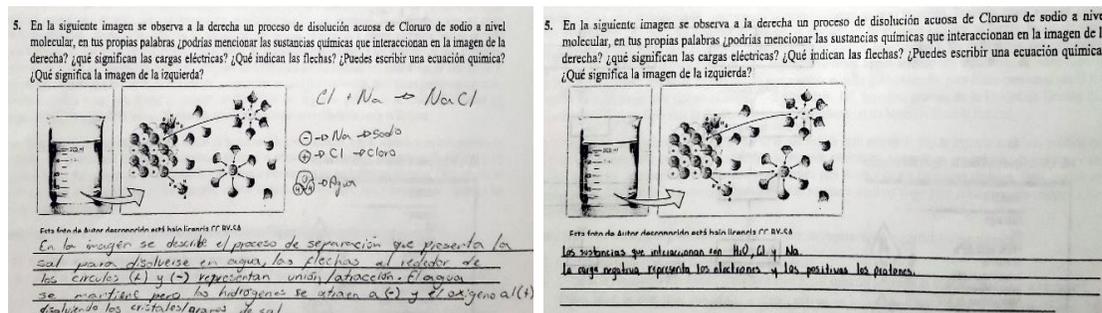
Se puede inferir, que los estudiantes reconocen símbolos elementales y escriben formulas químicas para las imágenes de la figura 8, pero no escriben el nombre químico correspondiente, se observan otros nombres químicos como “Hidrogeno nitroso” y “Acido nítrico” para el NH_3 , y “Fosforo” para el P_4 . Estos nombres sugieren indicar un aprendizaje memorístico de nombres de sustancias químicas que han asimilado en su trayectoria mediante reglas mecánicas de nomenclatura química y que no han asociado con la identidad del modelo molecular estructural. Sin embargo, la estudiante SA escribe “Tetrafosforo” nombre adecuado para la composición de esta sustancia simple.

En la pregunta 5, se indaga la descripción de los estudiantes cuando interactúan con la representación molecular de una solución acuosa de cloruro de sodio como se observa en la figura 9. Los estudiantes utilizan símbolos elementales como H, O, Na, Cl y símbolos compuestos o formulas químicas como H_2O y $NaCl$, pero estos no los acompañan con los subíndices de los estados de agregación de las sustancias y tampoco escriben una ecuación química para representar el proceso de disolución, además no reconocen las cargas eléctricas parciales (δ^+ o δ^-) en la molécula de agua. Lo anterior alude a una ausencia en las nociones de ecuación química y geometría molecular, conceptos que en principio son dispuestos en la clase de química de grado once.

Figura 9*Respuestas de las estudiantes en la descripción de una solución acuosa de Cloruro de sodio*

5. En la siguiente imagen se observa a la derecha un proceso de disolución acuosa de Cloruro de sodio a nivel molecular. En tus propias palabras ¿podrías mencionar las sustancias químicas que interaccionan en la imagen de la derecha? ¿qué significan las cargas eléctricas? ¿Qué indican las flechas? ¿Puedes escribir una ecuación química? ¿Qué significa la imagen de la izquierda?

5. En la siguiente imagen se observa a la derecha un proceso de disolución acuosa de Cloruro de sodio a nivel molecular. En tus propias palabras ¿podrías mencionar las sustancias químicas que interaccionan en la imagen de la derecha? ¿qué significan las cargas eléctricas? ¿Qué indican las flechas? ¿Puedes escribir una ecuación química? ¿Qué significa la imagen de la izquierda?



En la imagen se describe el proceso de separación que presenta la sal para disolverse en agua, las flechas al rededor de los círculos (+) y (-) representan unión/atracción. El oxígeno se mantiene pero los hidrogenos se atan a (-) y el oxigeno al (+) disolviendo los cristales/gramos de sal.

Las sustancias que interaccionan son H₂O, Cl y Na. La carga negativa representa los electrones y los positivos los protones.

a. SA

b. MJ

Nota. las imágenes se presentan sin color debido a los costos de las respectivas impresiones. Fuente: esta foto de autor desconocido está bajo licencia CC BY-SA

La estudiante SA –figura 9a– identifica cargas eléctricas presentes en la disolución y las asigna al sodio como negativo y al cloro como positivo y describe la disolución como un “proceso de separación de los cristales”, inferencia relacionada con lo observado en la imagen. MJ reconoce las cargas eléctricas y afirma que corresponden a “electrones” y “protones”, no las relaciona con los iones presentes en la disolución –figura 9b–, lo cual indica que los estudiantes apoyan sus explicaciones mediante la lectura de la imagen y el enunciado de la pregunta, reconocen la presencia de cargas eléctricas y de los átomos sodio y cloro, no como iones, anión cloruro y catión sodio.

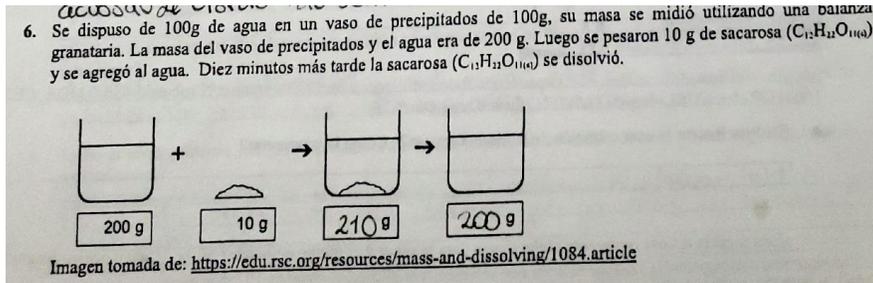
Lo anterior sugiere que desde la perspectiva molecular y del lenguaje químico, las imágenes de representación molecular son aceptadas por los estudiantes que las adoptan e incorporan a sus explicaciones cuando se les induce e insiste en ello. Se considera que identifican cargas eléctricas, fórmulas químicas y símbolos elementales, no expresan ecuaciones y nombres químicos como es tradicional en la clase de química, puesto que son dadas al estudiante de modo mecánico y sin relacionar con el modelo molecular correspondiente.

Ahora, se describe desde la perspectiva molar dos experiencias de aprendizaje, una planteada en el cuestionario diagnóstico, preguntas 6, 7, 8 y 9, y una actividad grupal. En la pregunta 6, se indaga la conservación de masa para una disolución acuosa de sacarosa. MI, SR y SA no perciben la conservación de la masa en una disolución, dado que escriben una masa de 210g

de soluto y solvente independientes, y una masa de 200 g para la disolución, como se observa en la figura 10. La estudiante MJ no responde la pregunta.

Figura 10

Respuesta en común de los estudiantes MI, SR y SA para la pregunta 6



Nota. La imagen representa una disolución de sacarosa en agua. Fuente: <https://edu.rsc.org/download?ac=13304>

Las anteriores respuestas sugieren que los estudiantes no consideran el énfasis del enunciado respecto a que los 10 g de sacarosa disuelven en 200 g de agua, y se basan en la imagen que presenta un sistema inicial con dos sustancias independientes, perciben la disolución de sacarosa similar al recipiente que contiene 200 g de agua, no tienen en cuenta que la sacarosa se ha disuelto al observar que ambos recipientes tienen el mismo aspecto. Se puede inferir que aún el concepto de solubilidad no está asimilado, como se observa en las respuestas de la pregunta 8. Esta indaga la relación de la temperatura y la solubilidad: dos tazas contienen 100 ml de agua. A cada una se le adicionan 2 cucharadas de azúcar. Teniendo en cuenta que una de las tazas tiene una temperatura de 28 °C, en tanto que la otra posee una temperatura de 70 °C ¿En cuál de las dos tazas disolverá el azúcar primero? ¿Por qué? Las respuestas de los estudiantes son: MI “Se disolverá primero la taza que tiene mayor temperatura ya que se alcanzará más rápido el punto de fusión del azúcar”, MJ “dicha azúcar se derrite más rápido a altas temperaturas”, SR “al añadir el azúcar esta se derrita haciendo que se mezcle más fácil”, SA “el calor separa las moléculas de agua permitiéndole disolver más azúcar”.

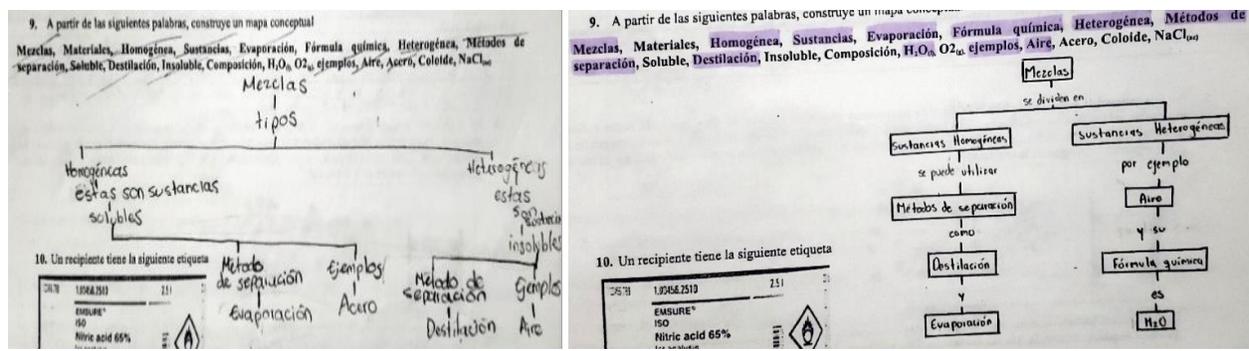
Tres estudiantes relacionan la solubilidad como un fenómeno de fusión o de derretir, sin relacionar con las moléculas. La estudiante SA piensa la solubilidad en términos de moléculas, cómo las moléculas de agua se separan y se entrecruzan con las moléculas de sacarosa. Esta idea también se percibe en la respuesta de la pregunta 7: ¿Por qué cuando se adiciona demasiado café a

una taza con agua, parte del café se deposita en el fondo de la taza? La estudiante SA argumenta que “el agua está sobresaturada y no tiene más “espacio” para disolver las moléculas de café restantes”.

Las ideas anteriores evidencian un pensamiento molecular inicial de la estudiante para identificar las sustancias y la formación de soluciones como sistemas acuosos, y para este caso particular, razona que el agua no tiene más capacidad para disolver cuando se refiere a esta como sobresaturada. La estudiante MJ expresa la solubilidad en términos de densidad, y SR y MI argumentan que la solución sobrepasa el punto de saturación. Se puede inferir que tres estudiantes tienen nociones de solubilidad cuando consideran una mezcla acuosa de café, a diferencia de otros sistemas acuosos transparentes. Los estudiantes utilizan de modo no diferenciado las nociones de mezcla saturada y sobresaturada, y no identifican la mezcla de café como heterogénea.

Posteriormente, la pregunta 9 invita a los estudiantes a relacionar una serie de palabras claves y elaborar un mapa conceptual presentados en la figura 11. MI, MJ y SR construyen relaciones conceptuales con las palabras: mezcla, homogénea, heterogénea, sustancia, soluble, insoluble, métodos de separación, fórmula química y algunos ejemplos. SA no elabora el mapa conceptual.

Figura 11
Respuestas de los estudiantes para las relaciones conceptuales de algunas palabras claves



a. MI

b. MJ

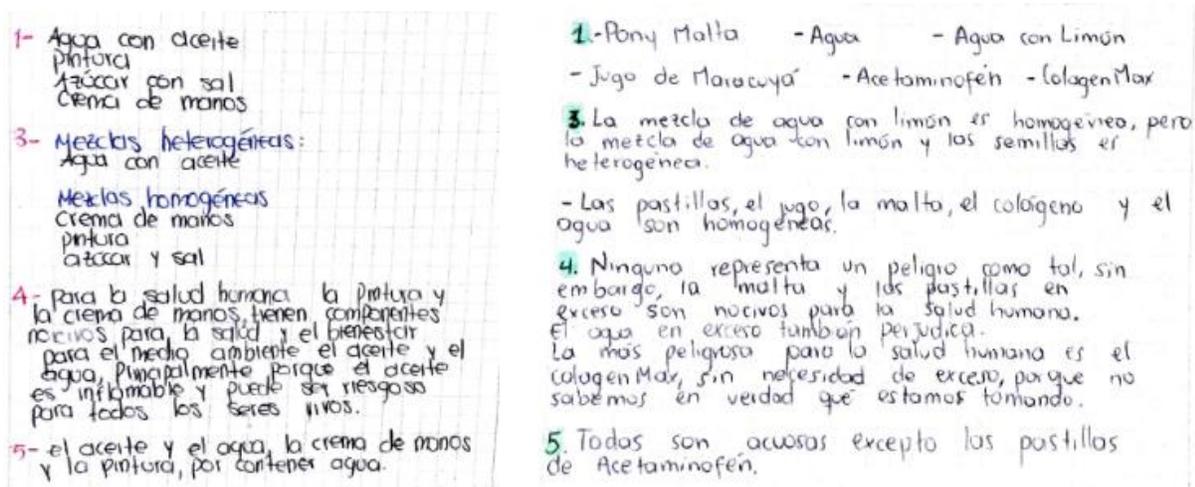
Nota: Mapas conceptuales de dos estudiantes cuando se les invita a relacionar diferentes palabras claves.

En estas relaciones de conceptos, se observa que los estudiantes MI y SR construyen mapas conceptuales similares. La figura 11a señala las relaciones conceptuales de la estudiante MI, clasifica las mezclas como homogéneas y heterogéneas según el tipo de sustancia, soluble o

insoluble y relaciona con métodos de separación como la evaporación y la destilación. MJ clasifica a las mezclas en sustancias homogéneas y heterogéneas, para las sustancias homogéneas considera métodos de separación como destilación y evaporación y para las sustancias heterogéneas propone como ejemplo el aire y lo relaciona con la fórmula química H_2O –figura 11b–. Se puede inferir, que el mapa conceptual de la estudiante MI refiere a la mezcla como un conjunto de sustancias que pueden ser separadas por diferentes métodos, y clasifica algunos materiales como mezclas homogéneas o heterogéneas. El mapa conceptual de MJ no diferencia los conceptos de mezcla y sustancia, considera al aire como una “sustancia heterogénea” y el símbolo asignado H_2O no es coherente, además sugiere métodos de separación para las “sustancias homogéneas”. No obstante, en la actividad grupal, que consiste en llevar desde casa unas mezclas, la estudiante MJ y su grupo de trabajo clasifican de modo adecuado diferentes materiales como mezcla homogénea azúcar y sal y como mezcla heterogénea agua con aceite, excepto la pintura y la crema de manos clasificadas como mezclas homogéneas según su percepción visual, lo que sugiere que aún no han adquirido la noción de la clase de mezclas heterogéneas de apariencia homogénea llamada coloide, como se observa en la figura 12a.

Figura 12

Respuestas de grupos de estudiantes en la actividad de discusión grupal sobre mezclas



a. MJ

b. SR

Nota. Dos grupos de estudiantes en donde participan MJ y SR, presentan diferentes mezclas, las clasifican y evalúan los riesgos para el medio ambiente y la salud humana.

Para esta actividad grupal, los estudiantes son invitados a indagar los riesgos o peligros de las mezclas caseras coleccionadas por ellos. SR enuncia que las mezclas como el acetaminofén y el agua en exceso son “peligrosas para la salud”, y MJ expresa que la pintura y la crema de manos “tiene componentes nocivos para la salud” y son “peligrosas para el medio ambiente”, además de que el aceite es “inflamable”, como se observa en la figura 12a y 12b. Lo anterior se considera como los primeros indicios para la comprensión de la QVS, lo cual se manifiesta también en la respuesta al cuestionario diagnóstico para la pregunta 10, cuando leen que el pictograma de la etiqueta del ácido nítrico –figura 11– corresponde a “inflamable”.

El análisis de las ideas previas de los estudiantes da lugar a reconocer que todos escriben con símbolos elementales y fórmulas químicas y aceptan las representaciones moleculares cuando se les induce a ello por medio de imágenes y enunciados; la estudiante SA toma la iniciativa para utilizar la representación molecular cuando explica algunos fenómenos de disolución y considera la noción de solubilidad. Para este concepto los otros tres estudiantes lo utilizan cuando dan explicaciones a la mezcla acuosa de café.

Estas ideas previas se toman como punto de partida para el avance del análisis cualitativo. A continuación, se presentan las descripciones de diferentes experiencias de aprendizaje en trabajo grupal de la sesión 2, cuando interactúan con material de enseñanza potencialmente significativo que implica los niveles de conceptualización en química molecular y eléctrico. Primero, los estudiantes leen en voz alta la lectura “las maravillas del agua” en la cual se expone la diversidad del modelo molecular del agua y sus características (ver anexo 2), luego se les invita a modelar con plastilina y palillos el modelo de esferas y conectivas, posteriormente dialogan y toman decisiones para dibujar una situación-problema relativa al comportamiento de las moléculas de agua según el contexto asignado: nevado, nube, mar y vaso de agua.

En la figura 13 se observa el modelo molecular de esferas y conectivas elaborado por la estudiante MJ, ubica en las esquinas de un tetraedro a los pares de electrones libres –esferas rosas– y a los átomos de hidrógeno –esferas blancas– y en el centro posiciona al átomo de oxígeno –esfera roja–. Modela de modo adecuado las representaciones expuestas en el texto, como también la realizan los tres estudiantes.

Figura 13

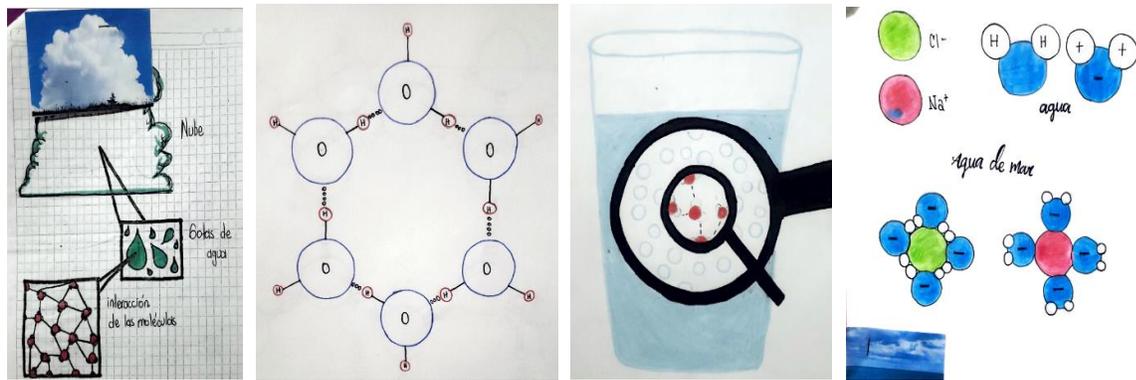
Modelo molecular de esferas y conectivas elaborado por la estudiante MJ



Nota. Modelo molecular del agua elaborado por la estudiante MJ.

Para la situación-problema, los grupos de estudiantes elaboran diferentes representaciones –figura 14– y seleccionan algunos modelos moleculares expuestos en la lectura inicial (anexo 2). Los estudiantes MI, SR y SA utilizan el modelo de esferas tangentes –figura 14a, 14c y 14d– para representar las moléculas en una nube, agua en un vaso y el mar, y MJ usa el modelo de esferas y conectivas –figura 14b– para simbolizar a las moléculas en un cubo de hielo. En dos representaciones –figura 14b y 14c– los estudiantes trazan la línea discontinua entre moléculas, capturan esta observación en las imágenes de la lectura, más no la explicación de que esta representa el enlace de hidrógeno, cuestión que no realizan los otros estudiantes. Por ejemplo, MI figura 14a, indica la “formación de enlaces covalentes entre las moléculas de agua”, aprecia que las moléculas se enlazan y no diferencia entre esta clase de enlace y el enlace entre el átomo de oxígeno e hidrógeno en la molécula de agua.

Figura 14
Representaciones moleculares



a. MI

b. MJ

c. SR

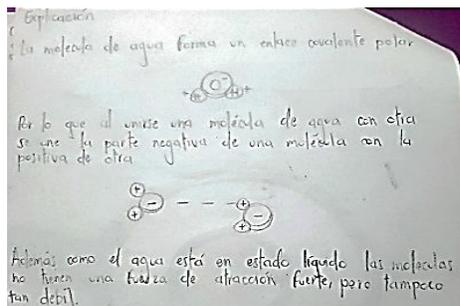
d. SA

Nota. Representación por medio de dibujos de las interacciones moleculares en diferentes contextos elaboradas por estudiantes.

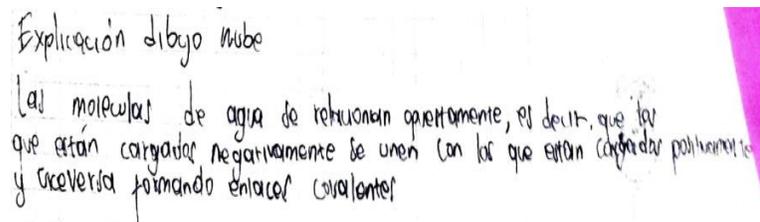
Las representaciones y explicaciones de MI, SR y SA, consideran la formación de cargas eléctricas, haciendo referencia a la “unión” entre las moléculas, como se observa en las figuras 14 y 15. El grupo de SA argumenta su descripción como “un fuerte poder de disociación del agua, que divide el material disuelto en iones eléctricamente cargados”. Los estudiantes como representadores/perceptores del material con el que interactúan, explican las interacciones de las moléculas de agua desde la apropiación de cargas eléctricas puntuales cómo se observa en la figura 14, la disposición de los átomos de hidrógeno se orienta hacia el oxígeno, es decir, relacionan estas interacciones con la atracción entre cargas eléctricas opuestas, conceptos que interaccionan con los conocimientos preexistentes, a diferencia de las cargas eléctricas parciales (δ^+ o δ^-) que son mencionadas en la lectura y no asimiladas.

Figura 15

Explicación del grupo de estudiantes de SR y MI para las imágenes de la figura 14



a. SR

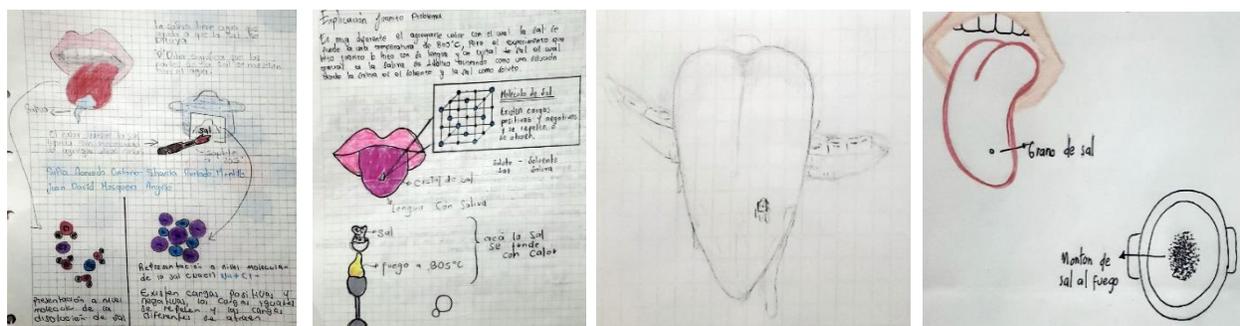


b. MI

Luego, los estudiantes interactúan con una situación-problema que consiste en el siguiente enunciado: “Juanito un niño muy curioso está un poco confundido, al parecer su profesor de ciencias le dijo que el cloruro de sodio ($\text{NaCl}_{(s)}$) “sal de cocina” se fundía a 805°C . Sin embargo, Juanito no entiende porque cuando coloca un pequeño cristal de “sal de cocina” en su lengua, este cristal se derrite”. Juanito acude a tu grupo de trabajo para que le expliques lo que está sucediendo. Explícale a Juanito por medio de un dibujo, ya que Juanito tiene un mejor aprendizaje desde lo visual. ¡¡Realiza el dibujo y escribe una explicación al final, !!éxitos!!

En la respuesta de los estudiantes MI y SA en diálogo con compañeros, expresan moléculas en sus explicaciones según la figura 16a y 16b, los otros dos estudiantes no las representan con el modelo molecular. A pesar de esto, en las explicaciones de los estudiantes se evidencia una clara diferencia entre los fenómenos “fundir” y “disolver”, por ejemplo, MJ y compañeros concluyen lo siguiente, “A nivel molecular la estructura cristalina del cloruro de sodio se separa por la polaridad que ejerce el agua a los iones de sal”.

Figura 16
Representación por medio de dibujos de las diferencias entre los fenómenos de fusión y disolución.



a. SA

b. MI

c. MJ

d. SR

Nota. Representación elaborada por grupos de estudiantes para la explicación a la situación-problema.

Lo anterior, sugiere que el grupo de aprendices avanza en la apropiación del concepto de polaridad al utilizarlo para explicar el fenómeno de disolución y en relación con sus conocimientos previos se infiere que adquieren y comparten nuevos significados, evidencia del principio de la conciencia semántica. Asimismo, en la discusión grupal de SA, se identifican argumentos para el comportamiento de la sustancia iónica cloruro de sodio en un medio acuoso y cuando hay un

cambio de estado, la fusión –figura 17–. La estudiante SA concluye lo siguiente, “Entonces no es que el cristal se derrita, sino que sus componentes se... mezclan con el agua y hacen saliva salada” y “diluir significa que las partes de la sal se mezclan con el agua”. La estudiante razona desde el nivel molecular para distinguir el fenómeno de disolución en agua y de fusión del sólido.

Figura 17

Transcripción de la conversación de SA cuando dialoga con un grupo de estudiantes respecto a la actividad “Juanito”.

SA: O sea, podríamos decir como que **la saliva tiene agua**. Entonces, es que la saliva realmente es como una mezcla acuosa de un montón de cosas raras con las cuales diluimos un poquito nuestra comida. Entonces no es que el cristal se derrita, sino que sus componentes se... mezclan con el agua y hacen saliva salada.

SA: y escribe como, **diluir significa que las partes de la sal se mezclan con el agua**, no sé qué edad tiene el niño, pero se lo va a explicar como si fuera un niño de 5 años.

SH: ¿pongo Cloruro de sodio o Sal?

SA: **Sal de cocina**, es un pobre niño, **el niño no entiende que es el Cloruro de sodio, pero si le dices sal de cocina el sí entiende, ¡ahh, la sal que me da mi mamá de comer en la sopa!** Y podemos hacer como una ollita de sal con fuego y **explicarle que derretirse es cuando la sal se funde...** profe ¿Cuándo uno derrite sal, uno con que la derrite? ¿uno la mete en una olla con algo o la mete sola?

Nota. Las justificaciones se resaltan en azul, las conclusiones en rojo y los datos en verde.

Razonamiento que vincula el principio del cuestionamiento en tanto la situación-problema promueve preguntas como: SA ¿Cuándo uno derrite sal, uno con que la derrite? y SH ¿Pongo Cloruro de sodio o sal? Se enfatiza que la última cuestión se da gracias a la implementación del lenguaje químico en el enunciado, lo que en principio debe ser reforzado por el docente en el aula de clase.

La siguiente experiencia de aprendizaje (ver anexo 5), consiste en la interacción por grupos de trabajo con un simulador que muestra el proceso de disolución del Cloruro de Sodio en agua y nuevamente se les invita a analizar la imagen de la figura 9 y explicar lo que observan. Las respuestas de los estudiantes son dispuestas en la tabla 3 y comparadas con las explicaciones individuales del cuestionario diagnóstico.

Tabla 3

Comparación de las ideas previas de los estudiantes con las explicaciones cuando implementan un simulador de disolución del Cloruro de Sodio

Estudiante	Explicaciones de los estudiantes con el simulador	Explicaciones de los estudiantes con la imagen estática. Cuestionario diagnóstico pregunta 5 (anexo 1)
MI y MJ	<p>“La sal es diluida en el agua, al haber sido diluida, las partes positivas del agua atraen los iones negativos del cloro. Mientras que la parte negativa de las moléculas del agua atraen los iones positivos del sodio. Estas atracciones se dan gracias a las cargas que tienen ambas partículas (opuestos se atraen e iguales se repelen)”.</p>	<p>“Las sustancias químicas que interaccionan son el cloro el sodio y el agua, las flechas indican separación de las moléculas, la imagen de la izquierda es la representación gráfica de la disolución acuosa del cloruro de sodio”.</p> <p>“Las sustancias que interaccionan son H₂O, Cl y Na las cargas negativas representan los electrones y las positivas los protones”</p>
SR	<p>“El agua se disuelve y mezcla con la sal porque las moléculas son forman enlaces polares, entonces la parte negativa del agua atrae la positiva de la sal y se unen, lo mismo al contrario”</p>	<p>“Interacción H₂O (agua). las flechas muestran el proceso detallado de las cargas (+) y (-) sí, H₂O, la imagen de la izquierda nos muestra la sustancia, pero no a nivel molecular”.</p>
SA	<p>“Lo que sucede en la disolución de agua y sal de cocina, es que los cristales de sal se descomponen en sus respectivos elementos (Na y Cl), el sodio que tiene carga positiva se une con el oxígeno ya que sus cargas polares son opuestas y se atraen, mientras que el cloro se atrae con el hidrogeno. Los cristales de sal se descomponen pero no saturan completamente el agua, así que hay moléculas de agua que quedan libres de sal, pero no sobra nada de sal (a menos que se sobresature)”.</p>	<p>“En la imagen se describe el proceso de separación que presentan la sal para disolverse en agua, las flechas alrededor de los círculos (+) y (-) representan unión/atracción. El agua se mantiene pero los hidrógenos se atraen a (-) y el oxígeno al (+) disolviendo los cristales/ granos de sal”.</p>

Nota. Para las explicaciones con el simulador se analizan los componentes de los argumentos, las justificaciones se resaltan en azul, las conclusiones en rojo.

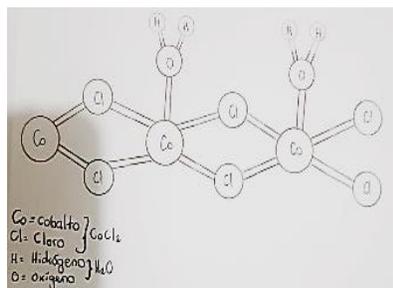
Como se observa en la tabla 3, los datos sugieren que se propician argumentos más sólidos en comparación con los iniciales para el proceso de disolución de una sustancia iónica, argumentos conformados por justificaciones (azul) y conclusiones (rojo). En las justificaciones de los estudiantes se observan palabras como “ion”, “enlaces polares”, “descomponer” y “disuelve”,

palabras no incluidas en sus ideas iniciales, también se infiere que el proceso de disolución desde el nivel de comprensión molecular lo justifican por la presencia de cargas eléctricas puntuales para una sustancia iónica. Finalmente ellos concluyen que el proceso de disolución se debe a la “atracción” entre las cargas eléctricas opuestas. Además, la estudiante SA concluye que la mezcla posiblemente no este saturada ni sobresaturada al justificarlo por la presencia de moléculas de agua libres en el simulador.

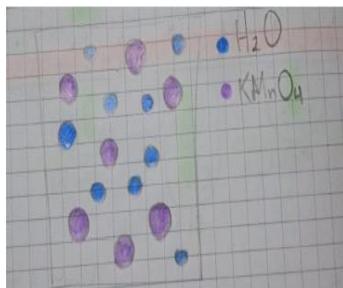
Seguidamente, los estudiantes interaccionan con un nuevo simulador –PhET– que representa la preparación de una mezcla acuosa manipulando las cantidades de diversos solutos iónicos y del solvente agua a nivel molar. Los aprendices seleccionan un soluto e interactúan con el simulador. Las estudiantes MJ y MI seleccionan el Dicloruro de Cobalto sólido $\text{CoCl}_2(\text{s})$, el estudiante SR, quien decide trabajar individual, selecciona el Permanganato de Potasio sólido $\text{KMnO}_4(\text{s})$, SA y compañera seleccionan el Dicloruro de Níquel sólido $\text{NiCl}_2(\text{s})$. Una pregunta del cuestionario invita a los estudiantes a dibujar a nivel molecular la mezcla acuosa con el soluto iónico seleccionado, las respuestas se observan en la figura 18.

Figura 18

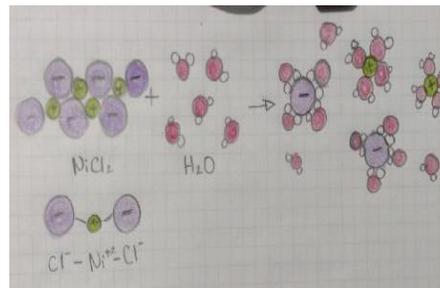
Dibujos de los estudiantes para representar la solución acuosa de los solutos iónicos seleccionados por ellos



a. MJ y MI



b. SR



c. SA

Nota. Representación molecular de diferentes mezclas acuosas con soluto iónico.

Se analiza que las imágenes de la figura 18a y 18b no se aproximan a un proceso de disolución de una sustancia iónica, en la imagen 18a se observa que las estudiantes consultaron la estructura del $\text{CoCl}_2(\text{s})$ y la representan con un modelo de esferas y conectivas. En la imagen 18b, el estudiante SR representa con el modelo corpuscular la molécula de agua y la molécula de KMnO_4 y no la disociación o “separación” de los iones constituyentes en la sustancia $\text{KMnO}_4(\text{s})$. En este

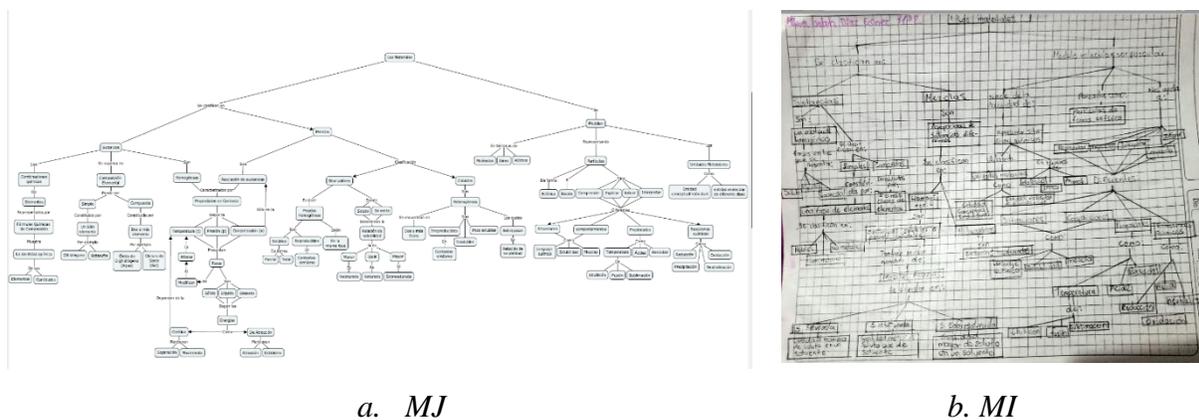
sentido, se infiere la necesidad de presentar y apoyar constantemente las explicaciones de los estudiantes con imágenes y/o simuladores a nivel molecular, para favorecer la aplicación del conocimiento escolar a nuevos fenómenos químicos de disolución.

La estudiante SA realiza una representación aproximada a un proceso de disolución de un soluto iónico a modo de una ecuación química, en la cual detalla el signo (+) para identificar la mezcla y la flecha hacia la derecha para indicar el resultado de la disolución, reconoce las cargas eléctricas positiva y negativa de los iones y expresa los símbolos elementales incluidas las cargas eléctricas, sin embargo, en el dibujo expresa (+) mientras que en el símbolo Ni^{2+} , es decir que solo representa una carga eléctrica positiva en vez de dos (2+).

Las anteriores actividades revelan la necesidad de integrar en la enseñanza de la química los niveles de conceptualización –molar, molecular y eléctrico– y del lenguaje químico en cada temática abordada, para favorecer la construcción de conocimiento científico escolar y la alfabetización científica para afrontar críticamente las problemáticas ambientales y sociales de la actualidad.

Finalmente, los estudiantes son invitados a realizar un mapa conceptual y responder dos preguntas, de modo individual en casa, a partir de dos lecturas relacionadas con la clasificación de materiales y el modelo molecular corpuscular (ver anexo 3 y 4), tarea para realizar de modo individual en casa y compartirla en la plataforma Classroom. De los cuatro estudiantes se presentan dos mapas conceptuales observados en la figura 19.

Figura 19
Mapas conceptuales elaborados por las estudiantes MJ y MI



Nota. Mapa conceptual realizado con Cmap Tools por la estudiante MJ y mapa conceptual realizado a mano por la estudiante MI. Ambos integran los conceptos más relevantes abordados en las lecturas de los anexos 3 y 4.

Se identifican relaciones conceptuales adecuadas según el conocimiento disciplinar, conexiones apoyadas por las lecturas, las cuales incluyen imágenes, videos y simulaciones. En comparación con el mapa conceptual del cuestionario diagnóstico (figura 11), se observa para la estudiante MJ la inclusión de relaciones conceptuales nuevas, entre las que se destacan la clasificación de mezclas como disoluciones, es decir mezclas homogéneas, y coloides como mezclas heterogéneas, clasificación de sustancias por su composición elemental en compuestas y simples, y modelación de los materiales en términos de iones, átomos y moléculas para comprender diferentes situaciones como lenguaje químico, solubilidad y mezcla, la utilización de estos nuevos términos destaca el principio del conocimiento como lenguaje y el del aprendizaje por error. En las lecturas también se sugiere la siguiente cuestión con el fin de suscitar el principio del cuestionamiento “¿Qué preguntas te surgieron durante o después de la lectura?” La estudiante MJ responde “¿Cómo funciona un coloide? ¿Cuál es la función de la solubilidad? ¿Cómo podríamos saber si es homogéneo o heterogéneo? ¿Cómo se ve una sustancia simple y una compuesta?” Preguntas relevantes y sustantivas que promueven el ASC.

A continuación, se presentan los datos y los análisis de la perspectiva molar a partir de la implementación de simuladores y prácticas experimentales orientados a la puesta en acción de los objetivos de la QVS.

5.2 Química verde y sustentable y aprendizaje significativo crítico en la práctica experimental

Los siguientes análisis corresponden a la sesión 3 de la secuencia de enseñanza, conformada por tres experiencias de aprendizaje que se desarrollan de manera grupal. La primera es una experiencia de indagación a partir de la interacción con el simulador PhET. La segunda, trata la discusión de un accidente en un laboratorio escolar y el reconocimiento de las normas de seguridad y prevención de los posibles accidentes en el desarrollo de las prácticas experimentales. La tercera experiencia consiste en dos prácticas experimentales que ponen en acción los objetivos de la química verde y sustentable y los conocimientos de mezclas acuosas.

En primer lugar, los estudiantes interactúan con el simulador –PhET– para abordar los conocimientos de disolución desde la perspectiva molar a partir de una actividad guiada por una serie de preguntas relacionadas con la simulación (ver anexo 5).

En la sala de sistemas, los estudiantes identifican los componentes de una solución acuosa, describen cómo afecta a estas la cantidad de soluto y solvente y analizan la molaridad. Además, consultan la hoja de seguridad MSDS de una sustancia iónica presentada en la simulación. En la tabla 4 se presentan las preguntas y respuestas de los estudiantes.

Tabla 4

Respuestas de los estudiantes a las preguntas planteadas para la experiencia de indagación sobre los componentes de una solución acuosa a partir del simulador PhET

	MJ y MI	SR	SA
¿Qué unidades de concentración hay en el medidor? A partir de las unidades ¿podrías inferir una fórmula matemática?	“mol = Moles L = Litros Fórmula matemática: mol/L”	“mol/L, Co= Soluta(mol)/Csolvente(L), por ejemplo, Concentración= Cantidad de soluto (Permanganato de potasio) /Cantidad de Solvente (Agua)”	“Las unidades de concentración son mol sobre litros”.
Ahora evapore agua H ₂ O(g) ¿Qué pasa con el soluto cuando evaporas todo el solvente?	“El soluto se queda en el fondo, debido a que no hay algo que lo disuelva. A menos de que haya un poquito de agua, la mezcla queda sobresaturada”	“El soluto vuelve a aparecer, ya que no tiene un soluto con el que formar una solución”.	“Entre más se va evaporando el agua aumenta la concentración del solvente, ya que al haber menos agua para el soluto es más difícil diluirse. Cuando se evapora todo el solvente si el soluto está saturado se pueden ver restos de él”.
Ahora agregue agua H ₂ O(l). ¿Qué	“La concentración disminuye porque la mezcla se vuelve	“Si le echamos más solvente (agua), su concentración	“Al aumentar el agua la concentración de

sucede con la concentración a medida que aumentas la cantidad de agua H₂O(l)? Explique por qué	insaturada, ya que la cantidad de soluto se vuelve menor a la de solvente.”	disminuye lentamente, esto porque al aumentar la cantidad de solvente, el soluto tendrá donde disolverse”.	soluto disminuye esto se debe a que cuando hay mayor cantidad de agua esto afecta a la disolución del soluto, entre más agua más se disuelve. Si hubiera menos agua el soluto se saturaría y empezaría a acumularse en la parte posterior del vaso”.
Ahora retire el agua H₂O(l) con la válvula en la parte inferior derecha. ¿Qué sucede con la concentración a medida que disminuye la cantidad de agua H₂O(l)?	“Como ya dijimos en el punto anterior, luego de la mezcla aparezca como saturada, independientemente del agua que se le quite, continúa con una concentración de 4330 mol/L. Pero cuando el agua ha desaparecido en su totalidad, la concentración ya no existe, pues ya solo queda el soluto, por ende, ya no es una mezcla”.	“No sucede nada con la concentración, pues si el soluto se mezcló todo, al hacer salir el agua, sale también la mezcla. Entre más se va evaporando el agua aumenta la concentración del solvente, ya que al haber menos agua para el soluto es más difícil diluirse. Cuando se evapora todo el solvente si el soluto está saturado se pueden ver restos de él”.	“La concentración va aumentando hasta que queda en punto nulo.”

Nota. En la tabla se presenta la experiencia de aprendizaje con el simulador PhET en la sala de sistemas de la I.E, los estudiantes trabajan en parejas.

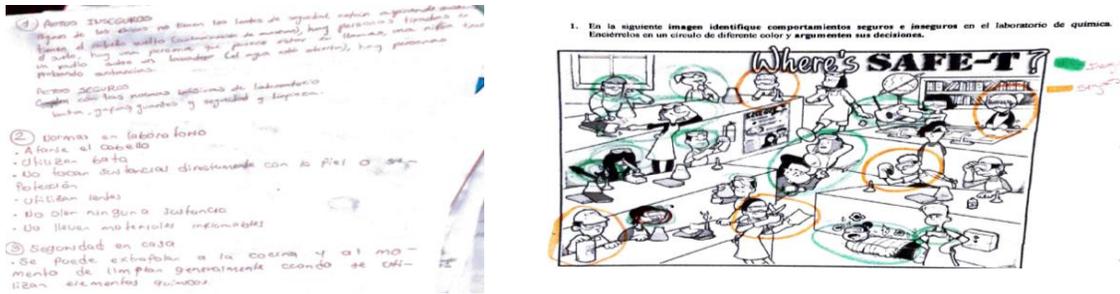
En las respuestas de los 4 estudiantes –tabla 4– se evidencia la apropiación de los conceptos “soluto”, “solvente”, “diluir”, “sobresaturado” o “saturado” propios de la disciplina. Se considera que el proceso de indagación con la simulación es otra evidencia del ASC de los estudiantes con expresión del principio de la conciencia semántica y la utilización del lenguaje químico que propicia en los estudiantes apropiación de dichos términos y sus significados.

Posteriormente, los estudiantes indagan alrededor de los comportamientos seguros en el laboratorio de ciencias naturales: las normas de seguridad y su extrapolación en casa, el manejo de residuos para la práctica y los problemas de seguridad que se pueden presentar (ver anexo 6). La

figura 20 presenta a la derecha la identificación de los comportamientos seguros e inseguros en el laboratorio de ciencias naturales y la imagen de la izquierda, las respuestas de los estudiantes a las preguntas detalladas a continuación:

Figura 20

Respuestas de SA y compañeros para la actividad de seguridad en el laboratorio de química



Nota. Respuesta de los estudiantes para la puesta en acción de los objetivos de la QVS antes de la práctica experimental. Fuente: <https://edu.rsc.org/resources/coshh-resource/1116.article>

Con relación a la pregunta ¿Cuáles normas de seguridad consideran ustedes que debe haber en el laboratorio de química? Los 4 estudiantes responden de modo similar: “utilizar bata y guantes, tener el cabello recogido, no llevar accesorios, reconocer las salidas de emergencia, tener un kit contra incendios”. Seguidamente, a la pregunta ¿En qué situaciones estas prácticas de seguridad son útiles en casa? Se identifican expresiones como: “Al limpiar el baño, al cocinar y cuando utilizamos implementos tóxicos” y en la pregunta ¿Cómo disponer los residuos de la práctica experimental? Respuestas con argumentos como: “No se puede tirar por el desagüe ya que muchas de sus características implican toxicidad incluso estando diluida obviamente es más perjudicial, pero en bajas concentraciones también puede contaminar” y “Lo que se puede realizar es identificar y clasificar los residuos”. Finalmente, la pregunta ¿Cómo clasificar los residuos según el SGA? Da lugar al diálogo argumentativo del grupo de estudiantes integrado por MJ y detallado en la figura 21.

Lo anterior, sugiere que en esta dialogicidad los argumentos exteriorizan una conciencia para la acción cotidiana y escolar vinculada a los objetivos de la QVS, tales como: “proteger a los trabajadores, consumidores y las poblaciones vulnerables”, “propiciar la circularidad no tóxica y reducir al mínimo los desechos” y “maximizar los beneficios sociales” que consideran una serie de

acciones de reconocimiento y protección en pro de ellos mismos, de los compañeros y de su comunidad.

Figura 21

Transcripción de audio de MJ y compañeros en relación con la clasificación de los residuos generados en la práctica experimental

GI: ¿Cómo se clasificaría el residuo según el sistema globalmente armonizado? (pregunta del documento)

GI: **Pues sí podría ser dañino porque el exceso de sal produce hipertensión**

MJ: Peligroso para la salud, produce hipertensión **entonces aumenta... pues obviamente el índice de paros cardíacos que puede tener una persona.** explosivo no. inflamable no. Tóxico, no se.... yo dudaría pues... **si hay mucha concentración, entonces si es peligroso para la salud,** pero tóxico obvio sí, ¿no?

GI: ¿Es peligroso para el medio ambiente?

MJ: No, porque **si igual técnicamente la sal usted la encuentra en el mar, en un ecosistema**

GI: **pero la sal afecta muchas especies, si le pones mucha sal a una planta ¿va a sobrevivir?**

MJ: dependiendo... O sea... no mentiras... **si es peligroso para el medio ambiente, pero no completamente, sino que en algunos aspectos**

Profe: ¿Cómo clasificaría el residuo según el sistema globalmente armonizado?

SR: **peligroso para la salud**

MJ: **corrosivo, irritante**

Profe: ¿Y cómo separarían esa mezcla?

SR: **evaporación, profe pueden ser varios procesos puede ser una si es una mezcla heterogénea, podemos filtrar y finalmente evaporar.**

Nota. Conversación de los estudiantes sobre clasificación de residuos, se identifican los componentes de los argumentos: las justificaciones se resaltan en azul, las conclusiones en rojo y refutaciones en morado.

Continuando con el enfoque de QVS, para la siguiente experiencia se conversa por grupos de trabajo una noticia presentada de modo escrito y audiovisual con relación a un accidente en una escuela durante la realización de un “experimento de laboratorio” llevado a cabo en un aula de clase, donde 5 niños y la profesora sufrieron quemaduras de primero y segundo grado. La socialización es guiada por cinco preguntas.

En el diálogo del grupo de estudiantes, ver figura 22, SA concluye ante la pregunta de posibles errores que “el lugar no era apto” justificando que “era un salón de clase y no había extintor”, explicita la importancia de reconocer los potenciales peligros antes de realizar una práctica, al mencionar “pero se nota que el niño no sabe el peligro que puede traer el experimento que hizo”.

Figura 22

Transcripción de la conversación de SA con sus compañeros en relación con la noticia del accidente en aula de clase.

SA: ¿Cuáles fueron los errores? a ver, primero fue que **el lugar no era apto, en un salón de clases, ni siquiera había un extintor** y los niños estaban trabajando con juego, los niños todos están como súper cerca está todo, muy encerrado, **no era un lugar adecuado para un experimento de laboratorio**, pues como de esas que uno hace de chiquito, **pero se nota que el niño no sabe el peligro que puede traer el experimento que hizo.**

SH: **además no advirtieron que era con liquido inflamables**, según el padre ósea...

SL: **los padres tampoco sabían lo que sus hijos iban hacer**

SH: vamos con la segunda, ¿Qué hacer en caso de que una persona se quemé?

SA: **si no hay extintor, aunque lo ideal es que hubiera extintor y con el extintor tratar de apagar.**, si no hay lo ideal **es quitarle la ropa para que no sufra tantas quemaduras, y a la persona no se le puede echar agua.**

SH: ¿qué sustancias peligrosas encontramos en casa?

SA: **Todo lo que sea spray, es inflamable, todo lo que sea para limpieza es químico, es tóxico. Mejor dicho, todo lo que no se coma.** Que no se apto para comerse es tóxico, incluso hay cosas que comemos que son tóxicas, pero nos intoxican lentamente... el tinner también, ¿Qué es el tinner? ¿el diablo rojo es tinner? Profe ¿el diablo rojo es tinner?

Nota. Conversación de los estudiantes en relación con el video y la noticia de accidente en aula de clase. Los componentes de los argumentos se identifican como: justificaciones en azul, conclusiones en rojo y datos en verde.

Los argumentos anteriores evidencian el reconocimiento de acciones que pueden ser problemáticas y ponen en acción los objetivos de la QVS, cuando la estudiante sugiere la identificación de espacios seguros y equipados, la importancia de reconocer los riesgos antes de realizar un experimento, y la clasificación de materiales en el SGA como inflamables y tóxicos. En estos debates de los estudiantes se localizan enunciados que pueden constituir indicios de acciones civilistas, como la clasificación de las mezclas desde el SGA, la correcta disposición de los residuos e incluso el tratamiento de estos, dirigidas a disminuir los impactos negativos de la química en el medio ambiente.

Después de las experiencias anteriores que propician acciones civilistas, la secuencia de enseñanza plantea dos prácticas experimentales, una de tipo interpretativo y otra de tipo investigativo, con el propósito de poner en acción los objetivos de la QVS y consolidar los conocimientos asimilados de mezclas acuosas. La primera, consiste en preparar mezclas acuosas de cloruro de sodio de diferente concentración, en grupos de 3 estudiantes, con el objetivo de

obtener un conjunto de datos relativos a: cantidad de soluto, la temperatura de la mezcla, la clase de mezcla (homogénea o heterogénea), la cantidad de la mezcla, el tipo de solución (insaturada o saturada) y el reconocimiento de los pictogramas del sistema globalmente armonizado (SGA). La figura 23 presenta los datos logrados por los estudiantes para 9 mezclas preparadas, su composición, temperatura, clasificaciones y el pictograma para el SGA.

Figura 23

Datos de la práctica experimental, mezclas acuosas de cloruro de sodio, desarrollados por los estudiantes

Grupos	Soluto Cloruro de Sodio		Solvente Agua destilada		Temperatura	Clase de Mezcla Homogénea o heterogénea	Cantidad de Mezcla g	Tipo de Solución acuosa Saturada o insaturada	Sistema globalmente Armonizado SGA
	Química	g	Química	Cantidad g					
1	NaCl	1g	H ₂ O	100g	28°C	Homogénea	101g	Insaturada	
2	NaCl	5g	H ₂ O	100g	19°C	Homogénea	105g	Insaturada	Inflamable
3	NaCl	10g	H ₂ O	100g	22°C	Homogénea	110g	Insaturada	Peligro para el medio ambiente
4	NaCl	15g	H ₂ O	100g	21,5°C	Homogénea	104g	Insaturada	Gas Comprimido
5	NCH	20g	H ₂ O	100g	29°C	Homogénea	120g	Insaturada	Tóxico
6	NaCl	25g	H ₂ O	100g	22°C	Heterogénea	125g	Saturada	Corrosivo
7	NaCl	30g	H ₂ O	100g	18°C	Homogénea	130g	insaturada	Irritante
8	NaCl	35g	H ₂ O	100g	22°C	Heterogénea	75.4g	Saturada	Explosivo
9	NaCl	40g	H ₂ O	100g	21°C	Heterogénea	140g	Sobresaturada	Oxidante
10		45g		100g					Peligro para la Salud

Nota. Datos elaborados por los estudiantes durante la realización de la práctica experimental.

Posterior a la preparación de las nueve mezclas, los estudiantes se organizan por grupos de trabajo y analizan los datos de la figura 23, con base en 6 preguntas orientadoras (ver anexo 7).

Figura 24 *Transcripción de la respuesta de los estudiantes en la socialización grupal sobre mezclas acuosas de cloruro de sodio*

Profe: ¿Qué más cambiarían?

SA: Yo creo que también fue un error a la hora de hacer el proceso, siguiendo este orden de ideas. Arriba empieza homogéneo, homogéneo, homogénea, hay un punto donde dice heterogénea y vuelve a ser homogénea y vuelve a ser heterogénea. Y eso no tiene sentido porque se supone que las cantidades están aumentando entonces si en 20 es homogéneas en 25 heterogéneas como en 30 vuelve a ser homogénea. Entonces eso no tiene sentido

SR: Que más cambiaría, en la penúltima dice que la cantidad de mezcla es 75,4, pero es la cantidad del soluto y del solvente combinado, entonces no tiene sentido. tengo una pregunta, con la temperatura ¿Por qué hay tanta variación? ¿En más mezcla, menos mezcla? y hay otras que tienen iguales. ¿la temperatura influye en algo?

Nota. Conversación de estudiantes con relación a los datos obtenidos por diferentes grupos en la práctica experimental. Los componentes de los argumentos se identifican como: justificaciones en azul, conclusiones en rojo y datos en verde.

Las razones anteriores evidencian una postura con respecto a los tipos de mezclas acuosas de cloruro de sodio que sustentan cómo los estudiantes fortalecen su conciencia semántica, el aprendizaje por error y el cuestionamiento. Por ejemplo, la estudiante SA considera que al aumentar las cantidades del soluto se esperan cambios en las mezclas, es decir, obtener mezclas inicialmente homogéneas y posteriormente heterogéneas, al considerar que la solubilidad es de aproximadamente 35,9 gramos de soluto de $\text{NaCl}_{(s)}$ disueltos en 100 mL de agua. Y el estudiante SR identifica un dato incorrecto en la tabla (preparación 8) con respecto a la masa de la mezcla, justifica que es “la cantidad de soluto y del solvente combinado”, aunque la palabra combinar no es pertinente desde el punto de vista disciplinar, su idea previa se ha modificado, ya que inicialmente consideraba que desaparecía el soluto, ahora reconoce la presencia de este en la mezcla.

La segunda práctica experimental, consiste en la recrystalización de la sustancia seleccionada por los estudiantes según criterios de solubilidad, peligrosidad y manejo de residuos, sulfato de aluminio y potasio dodecahidratado $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, nombrado comúnmente como alumbre de potasio o piedra alumbre utilizado en los procesos de tratamiento de aguas. En esta experiencia parejas de estudiantes consultan previamente ¿Cómo recrystalizar un cristal? buscando en diferentes fuentes, los procedimientos y materiales a implementar. Posteriormente, se da lugar a una discusión en el aula de clase con el fin de diseñar la práctica experimental, en este diálogo se considera la recrystalización de otras sustancias como la sacarosa $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$, sulfato de magnesio heptahidratado $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, cloruro de sodio NaCl y Sulfato de Aluminio y Potasio

Dodecahidratado $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, los posibles procedimientos y consideraciones en cuestión de la cantidad de residuos. Lo anterior, se expresa en la figura 25, la estudiante SA propone trabajar con una cantidad de 50 mL de agua con el fin de reducir los residuos de la práctica.

Figura 25

Transcripción del conversatorio en clase en relación con las cantidades de soluto y solvente para la recristalización

Profe: ¿Cómo vamos a preparar una mezcla sobresaturada? Necesito que me digan por favor cantidades, Entonces ¿cuánto volumen van a utilizar de agua?

MR: 100 mililitros

SA: Si nosotros utilizamos 100 mililitros, tendríamos que utilizar, digamos para poder alcanzar una sobresaturación, tendríamos que utilizar 25 o 30 gramos cada uno y eso es mucho. Entonces, se puede hacer en menos agua para reducir la cantidad de gramos del soluto, entonces utilicemos 50 mililitros de agua.

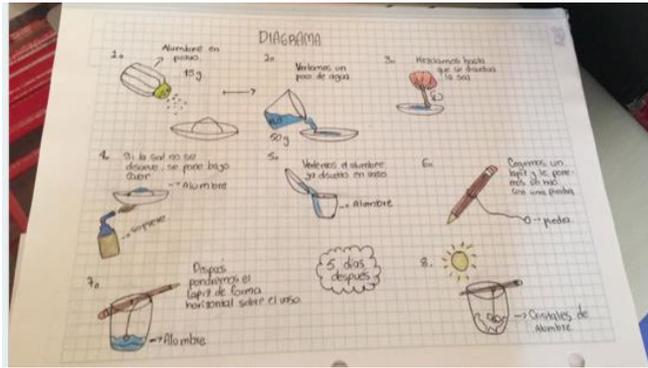
Nota. Conversación grupal para la recristalización del $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, en el aula de clase. Se identifican los componentes de la argumentación: morado la refutación, azul las justificaciones, rojo las conclusiones y verde los datos.

SA refuta la propuesta de MR que sugiere implementar 100 mL de solvente, y en su justificación utiliza los datos anotados en el tablero de clase con base a la solubilidad –15 g de $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ disueltos en / 100 mL de agua– al considerar la medida de una cantidad de soluto entre 25 y 30 gramos para alcanzar la sobresaturación de la mezcla y concluye que para disminuir la cantidad de soluto se deben utilizar 50 mL de agua. Lo anterior, sugiere que los anteriores enunciados son claves y evidencia cómo se puede fomentar el ASC al diseñar una práctica experimental en conjunto con los estudiantes, además se evidencia el cumplimiento de uno de los objetivos de QVS relacionado con “propiciar la circularidad no tóxica y reducir al mínimo los desechos”.

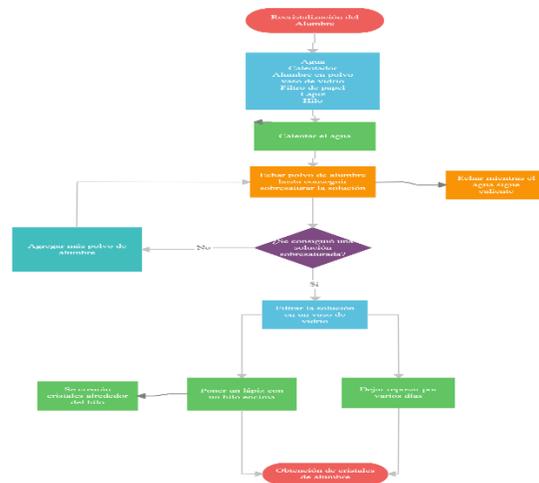
Luego, los estudiantes elaboran un diagrama de flujo antes de la práctica, en el cual representan los pasos del trabajo experimental a llevar a cabo. Por cuestiones de tiempo los estudiantes desarrollan esta actividad en casa, los datos se observan en la figura 26.

Figura 26

Diagrama de flujo de la recrystalización del grupo de estudiantes de SA y SR



a. *Diagrama de flujo de SA*



b. *Diagrama de flujo de SR*

Nota. Los diagramas de flujo elaborados por los estudiantes representan los procedimientos, materiales e instrumentos necesarios para la recrystalización.

Los grupos de estudiantes enuncian y representan los procedimientos y los instrumentos que implementan en su práctica experimental, de acuerdo con Moreira (2010) comprender los procedimientos de una disciplina también hace parte del principio facilitador del conocimiento como lenguaje.

Durante la práctica experimental se realiza la preparación de la mezcla sobresaturada de alumbre de potasio y una semana después su recrystalización como se observa en la figura 27. Asimismo, se discute sobre la disposición de los residuos, los estudiantes por decisión unánime deciden recolectarlos en un recipiente y después separarlos para su reutilización, por cuestiones de tiempo y por dificultades para llevar a cabo calentamientos en el laboratorio no se realiza la separación de los residuos.

Figura 27

Recrystalización de la sustancia sulfato de aluminio y potasio dodecahidratado $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ elaborada por estudiantes



Nota. En las imágenes se observan un cristal y un estudiante examinando con lupa su cristal. Los cristales se obtienen una semana después de la preparación.

Luego, los estudiantes realizan una V de Gowin a partir de una plantilla estructurada como: dominio conceptual, pregunta central y dominio metodológico según la figura 28. Además, esta se entrega con una rúbrica de evaluación (ver anexo 8) dispuesta en el Classroom.

Figura 28
Estructura de V de Gowin.



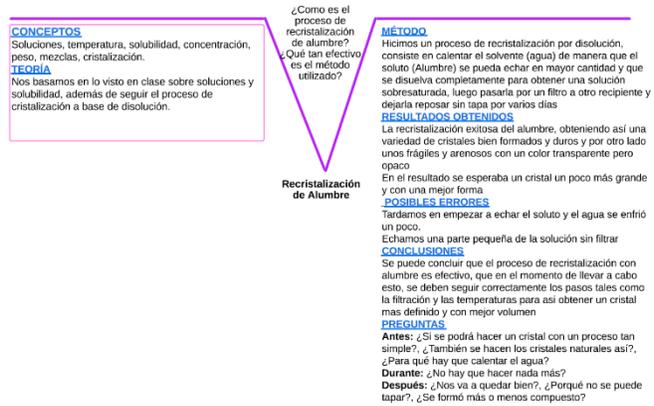
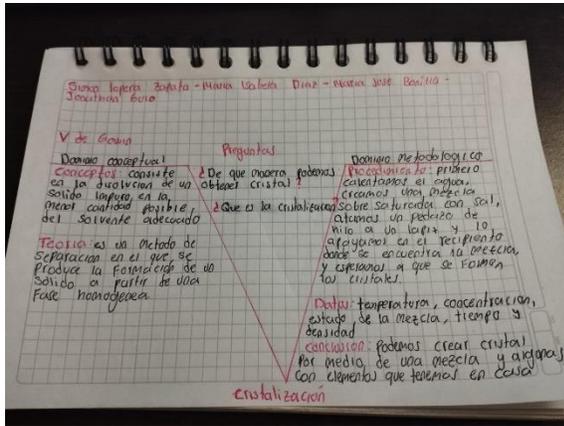
Nota. Adaptación de la V de Gowin con preguntas orientadoras. Fuente: elaboración propia.

En la figura 29, se evidencian algunos enunciados claves para explicar el proceso de recristalización: MI y MJ “Consiste en la disolución de un sólido impuro en la menor cantidad posible del solvente adecuado”, “creamos una mezcla sobresaturada con sal”, SR “consiste en calentar el solvente (agua) de manera que el soluto (Alumbre) se pueda echar en mayor cantidad y

que se disuelva completamente para obtener una solución sobresaturada, luego pasarla por un filtro a otro recipiente y dejarla reposar sin tapa por varios días”, SA “Como las moléculas del solvente vuelven a juntarse por el reposo, los cristales se forman por el soluto”.

Figura 29

V de Gowin elaborada por algunos estudiantes como análisis a la práctica experimental



a. V de Gowin del grupo de MJ y MI

b. V de Gowin del grupo de SA



c. V de Gowin del grupo de SA

Nota. V de Gowin de tres grupos de estudiantes desarrolladas después de la práctica experimental sobre la recristalización del alumbre de potasio.

Los anteriores enunciados sugieren posturas conceptuales para la comprensión del fenómeno de solubilidad y su relación con la temperatura, al considerar que el calentamiento de la mezcla heterogénea ayuda a producir una mezcla sobresaturada, consideraciones que se aproximan a la disciplina científica. En comparación con sus conocimientos previos, el fenómeno de solubilidad ya no se explica en términos de la temperatura de fusión o la densidad, esto sugiere que

los estudiantes interpretan la acción del soluto de disolver en el agua. También, se destaca el pensamiento molecular del grupo de estudiantes integrado por SA.

Las consideraciones anteriores, se relacionan con el principio de la conciencia semántica, el aprendiz como perceptor/representador y el desaprendizaje (Moreira, 2010), en cuanto a que nociones inadecuadas no son utilizadas y ponen en acción un nuevo significado para la solubilidad, que integran con principios de la QVS, como en el enunciado de MI y MJ “la menor cantidad de solvente adecuado” relativo a la reducción de los residuos.

Seguidamente, en la pregunta central se leen interrogantes como: SR “¿Como es el proceso de recristalización de alumbre? ¿Qué tan efectivo es el método utilizado?” MI y MJ “¿De qué manera podemos obtener el cristal? ¿Qué es la cristalización?”. Estos cuestionamientos dan sentido a los procedimientos realizados y orientan los análisis por parte de los estudiantes hacia un sentido más crítico en la práctica experimental que constatan el principio del cuestionamiento.

Posteriormente, en el dominio metodológico se invita a los estudiantes a identificar los posibles errores procedimentales durante el desarrollo de la práctica, se encuentran aspectos particulares como: SR “Tardamos en empezar a echar el soluto y el agua se enfrió un poco”, “Echamos una parte pequeña de la solución sin filtrar” y SA “el agua ya no estaba tan caliente por lo que la muestra con más alumbre no logró disolver completamente”, lo cual reafirma el sentido crítico de los estudiantes ante la realización de sus procedimientos y la evolución de sus significados. Por cuestiones de tiempo no fue posible repetir la práctica experimental para incluir las posibles mejoras en los procedimientos. También, se invita a los estudiantes a explicitar sus preguntas antes, durante y después de la práctica y escriben las siguientes respuestas: SA “¿Qué influye en que los cristales sean grandes o pequeños? ¿Es algo que se puede controlar o es al azar?” y SR “¿Si se podrá hacer un cristal con un proceso tan simple? ¿También se hacen los cristales naturales así?”. Se considera que esta práctica experimental de tipo investigativo promueve el principio del cuestionamiento para favorecer el ASC.

5.3 Problematizando las mezclas acuosas para favorecer espacios de formación en y para la civilidad

En aras de promover espacios para la dialogicidad y en pro de incitar la argumentación, la siguiente experiencia de aprendizaje desarrollada en la sesión 4, consiste en conversar sobre cinco

lecturas en torno a varias preguntas orientadoras que tratan problemáticas ambientales asociadas a la contaminación de las fuentes hídricas como: la contaminación con mercurio, plomo, arsénico y cadmio en peces del río Cauca; la orina y otros contaminantes emergentes; la contaminación por microplásticos; la domesticación del Río Aburrá-Medellín y los efectos de la ‘moda rápida’ en el medio ambiente. Esta es la última actividad desarrollada en la secuencia didáctica, aunque sin el tiempo suficiente para socializar todos los artículos, solo se dialogan tres de forma grupal (ver anexo 9).

Cada grupo trabaja con un artículo particular, tomados de periódicos colombianos y de la organización ambiental Área Metropolitana del Valle de Aburrá. A continuación, se exponen los resultados y se analiza la estructura de los argumentos. En la discusión del artículo sobre contaminantes emergentes –figura 30–, se identifica que los estudiantes reconocen la mala práctica de desechar los medicamentos en el sanitario y sugieren llevarlos a las farmacias donde se dispone de un recipiente correspondiente a los medicamentos vencidos. La estudiante SA concluye “Pues como hacer más conciencia en las personas cuando se enferman”, idea justificada por la mala práctica de “tomar medicamentos por cualquier cosita”, esta opinión es de carácter personal y puede estar relacionada con experiencias particulares de la estudiante.

Figura 30

Transcripción de la socialización grupal del artículo de contaminantes emergentes

CM: Nosotros dijimos que los principales problemas eran cuando, por ejemplo, **vaciamos los antibióticos por el baño, eso es una mala práctica** o cuando están vencidos y los tiramos por el baño, **eso es un error.**

Profe: Entonces ¿cómo podemos desechar los medicamentos vencidos?

SR: **Hay que llevarlos a las farmacias.**

SA: Pues eso es más enfocado. **Pues cómo hacer más conciencia en las personas cuando se enferman, porque es que medio les da una fiebre y ya se toma una pastilla y yo conozco mucha gente que medio les pasa una cosita chiquitica y ya empiezan a tomar medicamentos y pues eso a parte que les daño el sistema inmunológico porque eso después hace mucho daño, influye a que los residuos que nosotros generamos estén llenos de estos contaminantes, que contaminemos...**

Nota. Socialización grupal del artículo sobre contaminantes emergentes, se identifican los componentes de los argumentos en los estudiantes: justificaciones (azul), conclusiones (rojo).

Los anteriores argumentos, son considerados como indicios de formación en civilidad, donde los estudiantes reconocen una necesidad de concientizar acciones, ya sea en la disposición correcta de los medicamentos o incluso en un consumo responsable, actuaciones implicadas en una visión civilista.

Con respecto a la lectura de la domesticación del Río Aburrá-Medellín, se analiza la discusión interna de un grupo de estudiantes integrados por MI, ver figura 31.

Figura 31

Transcripción de la discusión de MI y compañeros sobre el artículo de la domesticación del Río Aburrá-Medellín

MI: Bueno, yo lo que veo en este coso (imagen) es como un río muy contaminado y por eso se forman la espuma.
¿Leo?

SM: ¡¡Uy!! pero ¿qué será eso?

MI: Esa es la espuma que se forma por la contaminación, vea la pregunta es identificar las principales problemáticas, entonces la problemática principal es la industrialización cerca del río que lo contaminan y que por él dejó de ser esa fuente que abastecía a tantos habitantes y además que era el ecosistema y el hábitat de muchos animalitos.

SM: siguiente pregunta, realiza una lluvia de ideas para mitigar las problemáticas

MI: yo creo es más un tema de políticas públicas, la solución para esa contaminación es no permitir que siga sucediendo, es como por ejemplo cuando se hace la alerta roja, ya no podemos evitar que se hayan quemado los millones de hectáreas que se quemaron en el Amazonas por ejemplo... No, ahora qué hay que hacer volver esas zonas protegidas para que no vuelva a suceder cosas como esas. Entonces, qué es, sacar políticas públicas para que no se permita construir cerca de los ríos, porque siempre está por encima la industrialización que los recursos naturales.

SM: pero tocaría tumbar a un montón de empresas

MI: no se trata de eso... es que no eso no es verdad, es una regulación para las empresas, no es tumbarla, es regularlas, porque ellos lo que hacen es pasarse, porque que pasa, por ejemplo con el ganado, porque se queman esas hectáreas para para expandir el ganado, porque entonces ya tienen tanta plata, y quieren es más y más y más y más y más y ya no importa nada más que seguir creciendo en dinero y eso no tiene sentido, eso es lo que hay que

Nota. Conversación de MI con el grupo de estudiantes sobre el artículo “La domesticación del Río Aburrá-Medellín”, se identifican en sus argumentos: justificaciones (azul), conclusiones (rojo) y refutaciones (morado).

Como se observa en la figura 31, ante la pregunta ¿Cuáles son las principales problemáticas? Después del desarrollo de la lectura la estudiante MI concluye “entonces la problemática principal es la industrialización cerca del río que lo contaminan y que por él dejó de

ser esa fuente que abastecía a tantos habitantes y además que era el ecosistema y el hábitat de muchos animalitos” y la refuerza con la siguiente afirmación “yo creo es más un tema de políticas públicas, la solución para esa contaminación es no permitir que siga sucediendo” justificando que la industrialización está por encima de los recursos naturales. También, refuta la opinión de un estudiante “no se trata de eso, es que no, eso no es verdad, es una regulación para las empresas, no es tumbarla, es regularlas...” y contraargumenta él porque es necesaria la regulación de las acciones industriales. Estos argumentos son expresiones de un pensamiento crítico ante la falta de regulación de políticas ambientales, indicios de un pensamiento de responsabilidad social. En la figura 32, también se destacan otros argumentos considerados como aportes a la construcción de espacios para la civilidad, en el diálogo con el artículo “los efectos de la ‘moda rápida’ en el medio ambiente”.

Figura 32

Transcripción de la discusión de SA y MI con grupo de estudiantes en relación con el artículo “los efectos de la ‘moda rápida’ en el medio ambiente”

SA: el texto también hacía muchos énfasis en **cómo la empresa de la moda es algo tan grande, generalmente lo que intentan hacer es que salga barato, como tiene que producir en masa, trata de que salga barato y para que salga barato la mano de obra tiene que ser barata.** Entonces fuera de que la ropa no es de la calidad que uno esperaría que sea, generalmente son personas que no les queda de otra, son personas que se ganan un mínimo, casi que no le sirven para sus necesidades básicas, necesitan sí o sí conseguir ese dinero porque no tienen de otra para trabajar, **entonces generalmente ese tipo de empresas se aprovecha de esas personas y también se aprovechan porque ellos no pelean por sus derechos porque ellos necesitan el dinero, entonces manipulan mucho a la hora de producir.**

MI: Una forma de mitigar estas acciones está en la moda sostenible. Y es a no comprar como por comprar, **sino porque es realmente una necesidad** y es que por ejemplo, pues no sé, yo creo que siempre lo que se refiere a la contaminación y a muchísimos temas, pueden haber dos caras, y es que sí, es verdad, pues estás comprando en empresas económicas y básicamente estás apoyando la explotación de niños, Bangladés, la India, bueno... demasiadas cosas terribles, **pero también está que, como dice Juli, lo que pasa con esas empresas es que los precios son muy económicos** entonces por ejemplo hay más diversidad de tallas, por ejemplo, en ciertas empresas como HyM por eso hay tanta tanto consumo. Y pues claro, ese pantalón que te valía 25 mil y en otra parte 80mil... pero son personas que reciben un sueldo mínimo, pues entonces si vos podés comprar en partes en donde no estén explotando a niños pues sería lo más maravillosa, o si estás comprando porque en serio necesitas, eso es muy diferente, entonces lo que hablábamos, **no se trata de dejar de comprar, no es deje de comer carne, no deje de utilizar ropa, no.... son cosas que tenemos que hacer, pero es reducir el consumo y hacerlo consciente, es la forma en la que estamos consumiendo.** Entonces qué pasa como, por ejemplo, pues.... **la ropa que ya no utilizamos, no es desecharla sino darle un segundo uso, no sé, por ejemplo, algo que hacen mucho las mamás que es hacer trapos. es siempre estar buscando formas de pues no desechar en una sola puesta. Si usted empieza a hacer pequeñas acciones, no sé, por ejemplo, granitos de arena que uno va aportando, algún día va a pasar algo mucho más grande.**

Jl: pero es que los productos sustentables son para un grupo determinado, un grupo que tiene forma (dinero), nosotros no podemos pretender que una familia de estrato 1, 2 o cero compren un Blue Jean de cien mil pesos sustentable, ella puede comprar uno de diez mil pesos, porque prácticamente se va todo lo que está en un mes, entonces buscar la forma y esas empresas, ellos deberían buscar la forma de suplir mejores necesidades básicas.

Nota. Socialización grupal del artículo “los efectos de la ‘moda rápida’ en el medio ambiente,” se destacan los componentes de la argumentación: justificaciones (azul), conclusiones (rojo) y refutaciones (morado).

En la lectura del artículo los efectos de la ‘moda rápida’ en el medio ambiente, la estudiante SA destaca que una de las problemáticas sociales que genera la industria de la moda es la sobreproducción y la explotación laboral y justifica lo siguiente, “como tiene que producir en masa, trata de que salga barato y para que salga barato la mano de obra tiene que ser barata”. Por otra parte, la estudiante MI propone la moda sostenible como mitigación a las problemáticas de la

industria de la moda, en consecuencia, la propuesta de moda sostenible genera debate por parte de otro estudiante que contraargumenta con los altos costos de estos productos, finalmente ella concluye su intervención con el siguiente enunciado, “granitos de arena que uno va aportando, algún día va a pasar algo más grande”. Se considera que la postura de la estudiante da indicios de acciones para un cambio de carácter civilista y de una conciencia crítica ante las problemáticas sociales y ambientales que afrontan las comunidades en sus territorios.

Finalmente, las lecturas realizadas generan puntos de vista, conclusiones, justificaciones y algunas refutaciones que incentivan la construcción de espacios para la formación en y para la civilidad, situando al sujeto en una responsabilidad social (Henaó y Palacio, 2015). Sin embargo, en los anteriores argumentos no es clara ni explícita la relación entre la temática de mezclas acuosas y la aplicación de los conocimientos científicos escolares asimilados durante la secuencia de enseñanza a las problemáticas por contaminación hídrica.

6 Conclusiones

En coherencia con los objetivos y la pregunta de investigación ¿Cómo facilitar el aprendizaje significativo crítico de estudiantes de grado once de la Institución Educativa Concejo de Medellín en la interacción con una estrategia pedagógica sobre mezclas acuosas con enfoque de química verde y sustentable? En este apartado se resaltan algunas consideraciones importantes con base en los análisis anteriores, además se consideran las potencialidades y limitaciones de la estrategia pedagógica.

6.1 Aprendizaje significativo crítico y la estrategia pedagógica sobre mezclas acuosas con enfoque de QVS

En primer lugar, se reconoce en los enunciados de los estudiantes indicios de ASC y elementos de argumentación que refieren una comprensión en torno al fenómeno de las mezclas acuosas. Dado que el ASC no se produce de manera inmediata, es un proceso que requiere tiempo y más encuentros con situaciones y contenidos similares donde los estudiantes puedan abstraer significados, se considera que es necesario más espacio-tiempo para reconocer la apropiación de los significados y el ASC (Posso y Berrío, 2018). Sin embargo, en la dialéctica de este proceso de la enseñanza y el aprendizaje, considerar los principios facilitadores del ASC y los niveles de conceptualización molar, molecular y eléctrico de la química en la estrategia pedagógica, promueven una transformación del proceso tradicional de enseñanza como práctica de aula.

A propósito de los principios facilitadores para el ASC, se concluye que la indagación inicial de los conocimientos previos de los estudiantes facilita la identificación de sus significados que sirven como anclaje para los nuevos conocimientos, según Moreira (2010) “aprendemos a partir de lo que ya sabemos” (p. 2). Estas ideas se afinan con el tiempo, a medida que los estudiantes interactúan con el material de enseñanza progresan en significados más elaborados y relaciones conceptuales más precisas, esto evidenciado a través de sus argumentos, preguntas y representaciones gráficas como, dibujos, mapas conceptuales y V de Gowin; relaciones directas con los principios de conciencia semántica, aprendizaje por error y el aprendiz como perceptor/representador.

Se realiza una mención especial para el principio de la interacción social de los estudiantes con sus pares y profesores, el cual contribuye a la formulación de preguntas relevantes y a la negociación de los significados. Además, el relacionamiento de los niveles de conceptualización en química en el material de enseñanza y la integración con el lenguaje químico en el discurso de la docente-investigadora propicia en los estudiantes el conocimiento como lenguaje, en particular, el reconocimiento y uso de los símbolos elementales, las fórmulas químicas y las representaciones de la estructura molecular. Por lo anterior, es importante la integración de los niveles de conceptualización en química desde edades tempranas cuando se aborden temáticas de esta área, con el fin de potenciar la comprensión de los fenómenos químicos y sus representaciones simbólicas diversas.

De igual manera, la práctica experimental de tipo interpretativo promueve procesos de argumentación en torno al análisis de los datos sugeridos por los estudiantes, cuando estos preparan 9 mezclas acuosas, en sus argumentaciones, se evidencian avances respecto a la apropiación del lenguaje químico, así como la significación de los diferentes tipos de mezclas y de algunos principios de la QVS. La experimentación de tipo investigativo también estimula la búsqueda, el cambio de variables y el diseño experimental que integra los tres objetivos de la QVS, donde finalmente la elaboración por los estudiantes de una V de Gowin sintetiza los aprendizajes construidos o asimilados.

6.2 Química verde y sustentable y aprendizaje significativo crítico en la práctica experimental

Luego de las gestiones realizadas para la recuperación del espacio del laboratorio de química, que en principio no se utilizaba por los posibles riesgos para la salud y el ambiente debido a la falta de mantenimiento, se logran llevar a cabo las prácticas experimentales propuestas en esta investigación.

Previo al desarrollo del trabajo experimental, se ponen en acción los objetivos de la QVS con diferentes preguntas que permiten la indagación de los posibles riesgos y peligros de los procedimientos, manipulación y disposición de los residuos generados en la práctica, lo que implica la consideración de las hojas de seguridad de las sustancias químicas, la clasificación de las mezclas y sustancias según el SGA, los equipos de protección personal, así como la prevención de los

posibles incidentes y accidentes que pueden presentarse durante el desarrollo de la práctica por actitudes y comportamientos inadecuados, resignificando el laboratorio como un espacio seguro que le apuesta al cuidado del medio ambiente y al cuidado personal.

Por consiguiente, se considera que la QVS favorece en la escuela la puesta en acción de la toma responsable de decisiones donde se es consciente de los riesgos y las implicaciones que tiene la manipulación de sustancias y mezclas químicas y sus procedimientos. En este sentido, se fortalecen las acciones donde se reconoce el papel de los materiales en la sociedad y sus ciclos de vida, que muchas veces por el actuar inconsciente e inadecuado de su manipulación, su ciclo termina en la afectación del medio ambiente y la salud humana, con implicaciones sociales asociadas a que estos desechos afecten a las poblaciones más vulnerables. Por ello, se apuesta a la concepción de química en términos de QVS a fin de que los estudiantes sean más conscientes de la complejidad de los materiales con los cuales ellos interactúan en su diario vivir, en términos de su composición y los riesgos que estos conllevan. Con la QVS interiorizada, los estudiantes pueden utilizar de forma adecuada las sustancias y mezclas acuosas y prever que desecharlos incorrectamente puede incidir en las problemáticas ambientales actuales. Por lo cual se considera que promover los objetivos de la QVS permite movilizar la toma de decisiones hacia la acción responsable con el medio ambiente y la salud humana.

6.3 Problematizando las mezclas acuosas para favorecer espacios de formación en y para la civilidad

Con respecto a los enunciados elaborados por los estudiantes en torno a las discusiones sobre los contaminantes emergentes, la moda rápida y la contaminación en el Río Aburrá-Medellín, se encuentran en los argumentos de los estudiantes opiniones personales y pasionales de índole social como: la explotación laboral, la sobreproducción, el consumismo y el alto costo de los productos sustentables. Se resalta, que la discusión de dichas temáticas, propicia espacios de diálogo en torno a las posibles acciones cotidianas que afectan el medio ambiente, como la mala práctica de descartar medicamentos vencidos por el desagüe, la importancia de la reutilización y cuidado de la ropa debido a sus implicaciones sociales y ambientales durante su producción y la necesidad de la ejecución de políticas públicas que protejan el Río Aburrá– Medellín, pensamientos para la acción responsable del cuidado del medio ambiente, que apuntan a la formación civilista,

al compromiso y la participación social. Por otro lado, no se evidencia la aplicación de los conocimientos de mezclas acuosas dispuestos en la secuencia de enseñanza, posiblemente por el poco aporte de preguntas y comentarios direccionados en este sentido en el respectivo material potencialmente significativo.

6.4 Potencialidades y limitaciones de la estrategia pedagógica

Se destacan las potencialidades de la estrategia pedagógica en cuanto favorece la apropiación de los objetivos de la QVS desde las acciones responsables que propician entornos seguros, cuidado personal y del medio ambiente. También, se resalta la consideración de los principios facilitadores del ASC como medio para el cambio de una enseñanza tradicional a experiencias de aprendizajes más significativas y se considera que la implementación de los niveles de conceptualización molar, molecular y eléctrico en química favorecen la comprensión de la lógica abstracta de los contenidos, en cuanto se permite a los estudiantes razonar más allá de lo perceptible a los sentidos para abstraer con representaciones moleculares corpusculares y estructurales algunos comportamientos de mezclas acuosas y utilizar palabras y demás símbolos químicos como fórmulas moleculares, unidades fórmula y ecuaciones químicas entre otros.

Adicionalmente, las prácticas experimentales se orientan para favorecer la argumentación y la ejecución de acciones de cuidado ambiental y personal, que se aleja de la visión empírico-positivista de la ciencia que busca la verificación de la teoría. De igual manera, la propuesta referente al diseño experimental moviliza espacios de diálogo y el accionar de la QVS, también motiva a los estudiantes y los entusiasma con relación a su papel activo y creativo en los procesos de construcción del conocimiento escolar.

En relación con las limitaciones de la estrategia, es importante promover la conceptualización molecular y eléctrica durante y después de las prácticas experimentales, ya que en la enseñanza tradicional se indaga y actúa, de modo predominante, con respecto a la molar. Además, en esta investigación se trabaja con sustancias iónicas para la comprensión de las mezclas acuosas, lo que podría ocasionar la aplicación de estos conocimientos a mezclas acuosas con sustancias no iónicas –covalentes–, las cuales tienen un comportamiento químico diferente y las representaciones moleculares son diferentes y diversas.

Por otro lado, algunas preguntas planteadas en la estrategia pedagógica están referidas a la búsqueda de expresiones o creencias totalizantes, por lo cual es necesario reestructurarlas de modo que promuevan argumentos que impliquen la apropiación del lenguaje científico escolar para construir saberes y discursos contextualizados con miras a la solución de problemáticas locales y nacionales.

Finalmente, si se pretende vincular la aplicación de los conocimientos disciplinares escolares en el contexto social, leerlo con razones y plantear posibles alternativas, es importante intencionar estas indagaciones hacia la vida de los sistemas acuosos reales con la aplicación de los conocimientos asimilados en problemáticas hídricas ya sean en la escuela, en el barrio, la comuna, municipio, entre otros.

7 Recomendaciones

De acuerdo con lo expuesto en apartados anteriores, es conveniente que la enseñanza de la química sea concebida a partir de la química verde y sustentable desde la formación inicial de maestros y de los estudiantes en la escuela. La primera, con el propósito de fortalecer y relacionar conocimientos disciplinares, metadisciplinares y pedagógicos de los docentes, con miras a la generación de espacios seguros para los aprendizajes desarrollados en prácticas experimentales y la puesta en marcha de una ética ambiental y del cuidado personal y social, puesto que algunas instituciones educativas que cuentan con laboratorios no cumplen a cabalidad con todas las normativas del sistema globalmente armonizado y de seguridad para los laboratorios de química y física propuestas por el MEN en la directiva ministerial No 67 del 2015.

Respecto a la formación de los estudiantes, se sugiere la enseñanza y el aprendizaje con enfoque de QVS desde los grados de escolaridad básica primaria y su continuidad progresiva en secundaria y media académica, para promover acciones responsables en cuestión de cuidado ambiental y personal que apunte a la formación en y para la civilidad.

Asimismo, se invita a los docentes a considerar, implementar y relacionar los niveles de conceptualización molar, molecular, eléctrico y de lenguaje químico en grados escolares tempranos –básica primaria–, para que sean apropiados por los estudiantes de modo progresivo en profundidad y complejidad a fin de fortalecer la alfabetización científica escolar, la capacidad de abstracción de procedimientos de laboratorio para la elaboración del diseño experimental y la representación molecular para relacionar con las propiedades de las sustancias y sus comportamientos en contexto. Relacionamiento conceptual y representacional necesario para la comprensión de las problemáticas ambientales y sociales y sus soluciones, las cuales en su mayoría están atravesadas por diferentes situaciones químicas, como por ejemplo, sistemas acuosos, sólidos y gaseosos, transformaciones químicas, teoremas, conceptos, lenguaje químico entre otros.

En la perspectiva del trabajo con problemáticas sociales, se considera relevante encontrar un equilibrio entre la intencionalidad del análisis, la argumentación y la intervención en la solución de problemáticas propias del contexto escolar, local, regional y nacional, entre otras, y la relacionabilidad con los conocimientos científicos escolares implicados en tales situaciones, de modo que sean conscientes tanto docentes como estudiantes de su aplicación en pro de reflexiones y acciones sociales participativas. Se recomienda la lectura y el análisis con mayor regularidad de

artículos y noticias que tratan, por ejemplo, la contaminación hídrica y los accidentes por el manejo inadecuado de sustancias y mezclas químicas en espacios habitacionales, escolares e industriales, así como aquellos relacionados con el consumo de medicamentos y drogas, dado que el organismo humano es un complejo sistema celular acuoso, todo ello, para favorecer la formación civilista, la ética ambiental y del cuidado, la responsabilidad y la participación social.

8 Referencias

- Alzate Cano, M. V. (2007). *Campo conceptual composición/estructura en Química: Tendencias cognitivas: etapas y ayudas cognitivas*. [Tesis de doctorado, Universidad de Burgos, España]. Servicio de Publicaciones. <http://hdl.handle.net/10259/75>
- Alzate Cano, M.V., y Araque Marín, P., y Vélez Naranjo, M. C., y Castrillón Pérez, J. A., y Piedrahíta Gallo, A. A., y Patiño Sierra, D. A., y Vanegas, E. J. (2018). *Formación de maestros. Nuevos paradigmas en la enseñanza de la Biología, Física y Química como vías para leer los territorios de Antioquia*. Medellín, Colombia: Departamento de Antioquia
- American Chemical Society [ASC] (S.F.). *Green Chemistry History*. <https://www.acs.org/greenchemistry/what-is-green-chemistry/history-of-green-chemistry.html>
- Anastas, P. T., & Kirchhoff, M. M. (2002). Origins, Current Status, and Future Challenges of Green Chemistry. *Accounts of Chemical Research*, 35(9), 686–694. <https://doi.org/10.1021/ar010065m>
- Arango, J., y Alzate, M. V. (2017). *Formación ciudadana para la civilidad: hacia la construcción de paz en Colombia*. 10.13140/RG.2.2.30981.17124.
- Arce, M., y Pérez, A. (2009). El Compromiso de enseñar química con criterios de sostenibilidad: La química verde. *Educación Química. EduQ*, 2, 48–52.
- Armstrong, L. B., et. al. (2019). Developing a Green Chemistry Focused General Chemistry Laboratory Curriculum: What Do Students Understand and Value about Green Chemistry? *Journal of Chemical Education*, 96(11), 2410–2419. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00277>
- Caamaño, A. (2011). Enseñar Química mediante la contextualización. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 69, 21–34.
- Caamaño, A., y Ametller, J., y Cañal, P., y Couso, D., y Ramón Gallástegui, J., y Jiménez-Aleixandre, M. P., y Justí, R., y Pintó, R., y Pro, A., y Sanmartí, N. (2011). Didáctica de la física y la química. GRAÓ. <https://bibliotecapais.ceibal.edu.uy/info/00011294>
- Cisterna Cabrera, F., (2005). Categorización y triangulación como procesos de validación del conocimiento en investigación cualitativa. *Theoria*, 14(1), 61–71.
- Eilks, I., & Linkwitz, M. (2022). Greening the chemistry curriculum as a contribution to education for sustainable development: When and how to start? *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 37, 100662. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2022.100662>
- Ferreirós, J., y Ordóñez, J. (2002). Hacia una filosofía de la experimentación. *Crítica (México D. F. En línea)*, 34, 47–86. <https://doi.org/10.22201/iifs.18704905e.2002.979>
- Flores, J., Caballero, M. C., y Moreira, M. A. (2009). El laboratorio en la enseñanza de las ciencias: Una visión integral en este complejo ambiente de aprendizaje. *Revista de Investigación*, 33(68), 75–111.

- Franco Moreno, R. A., y Ordoñez Carlosama, L. Y. (2020). El enfoque de química verde en la investigación en didáctica de las ciencias experimentales. Su abordaje en revistas iberoamericanas: 2002–2018. *Educación Química*, 31(1), Article 1. <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2020.1.70414>
- Franco, R. (2019). La perspectiva ambiental en programas de licenciatura en ciencias naturales de universidades públicas de Colombia: ¿se aborda el enfoque de química verde? *P.P.D.Q. Boletín*, 60, Article 60. <https://doi.org/10.17227/PPDQ.2019.num60.11789>
- Galeano Marín, M. E. (2018). *Estrategias de investigación social cualitativa: El giro en la mirada. Reseña del Autor*. <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/11415>
- Gallego, R., y Perez, R. (2017). Un nuevo enfoque en la enseñanza de la química. *Revista Colombiana de Educación*. <https://doi.org/10.17227/01203916.4997>
- García, E., y Estany, A. (2011). Filosofía de las prácticas experimentales y enseñanza de las ciencias. *Praxis Filosófica*, 7–24. <https://doi.org/10.25100/pfilosofica.v0i31.3424>
- Garritz, A. (2018). Química Verde y reducción de riesgos. *Educación Química*, 20(4), Article 4. [http://dx.doi.org/10.1016/S0187-893X\(18\)30041-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0187-893X(18)30041-7)
- González, P. J., Pérez–Méndez, C., y Figueroa–Duarte, S. (2016). La enseñanza de la química desde la perspectiva de la Química Verde. *Revista Científica*, 1, 40. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.RC.2016.24.a3>
- Henao S, B. L., y Palacio M, L. V. (2019). Formación científica civilista: un propósito inaplazable para la educación en Ciencias Naturales. *Revista Educación Y Pedagogía*, 27(69–70), 100–106. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/revistaeyp/article/view/340208>
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6th ed.). McGraw–Hill Education.
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 12(3), Article 3. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.4417>
- Hurst, G. A. (2020). Systems thinking approaches for international green chemistry education. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 21, 93–97. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2020.02.004>
- Hutchison, J. E. (2019). Systems Thinking and Green Chemistry: Powerful Levers for Curricular Change and Adoption. *Journal of Chemical Education*, 96(12), 2777–2783. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00334>
- Hutzinger, O. (1999). The greening of chemistry: Is it sustainable? *Environmental Science and Pollution Research*, 6(3), 123–123. <https://doi.org/10.1007/BF02987605>
- Institución Educativa Concejo de Medellín, (2022). Construyendo un ambiente consentido para los niveles de preescolar, básica media académica, media técnica – clei i, ii, iii, iv, v,vi. <http://concejodemedellin.edu.co/>

- Institución Educativa Concejo de Medellín, (2016). Proyecto Educativo Institucional. <http://concejodemedellin.edu.co/>
- Izquierdo, M. (2004). Un nuevo enfoque de la enseñanza de la química: Contextualizar y modelizar. *Anales de la Asociación Química Argentina*, 92.
- Jensen, W. B. (1998a). Logic, History, and the Chemistry Textbook I, Does Chemistry have a Logical Structure?, *Journal of Chemical Education*, 75, 6, 679 – 685.
- Kidwai, M., & Mohan, R. (2005). Green Chemistry: An Innovative Technology. *Foundations of Chemistry*, 7(3), 269–287. <https://doi.org/10.1007/s10698-004-2783-1>
- Ledesma, J. M., y Pérez, M. del C. P. (2021). Desarrollo y evaluación de elementos de pensamiento crítico sobre la química verde en el bachillerato. *Investigación en la Escuela*, 103, Article 103. <https://doi.org/10.12795/IE.2021.i103.08>
- Leff, E., Argueta, A., Boege, E., y Porto, G. C. W. (2005). Más allá del desarrollo sostenible: La construcción de una racionalidad ambiental para la sustentabilidad: una visión desde América Latina. *Futuros*, 9.
- Ludwig, J. K. (2017). Green Chemistry: An Introductory Text. *Green Chemistry Letters and Reviews*, 10(1), 30–31. <https://doi.org/10.1080/17518253.2016.1269955>
- Marques, C. A., y Machado A.S.C (2018). Una visión sobre propuestas de enseñanza de la Química Verde. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), 19–43.
- Ministerio de Educación Nacional, (2015). *Orientaciones para la construcción en los establecimientos educativos del manual de normas de seguridad en el laboratorio de química y de física*. https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-355749_recurso_normatividad.pdf
- Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial., y Ministerio de Educación Nacional, (2002). *Educación Ambiental: Política Nacional*. <https://www.uco.edu.co/extension/prau/Biblioteca%20Marco%20Normativo/Politica%20Nacional%20Educacion%20Ambiental.pdf>
- Mora Penagos, W., y Parga Lozano, D. (2010). La imagen pública de la química y su relación con la generación de actitudes hacia la química y su aprendizaje, *Tecné. TED*, 27, 67–93. <https://doi.org/10.17227/ted.num27-996>
- Moreira, M. A. (2012). La Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico: Un referente para organizar la enseñanza contemporánea. *Unión: revista iberoamericana de educación matemática*, 31, 9–20.
- Moreira, M. A. (2010). Aprendizaje Significativo Subversivo. *Actas del III Encuentro Internacional sobre Aprendizaje Significativo*, pp. 33–45 <http://if.ufrgs.br/~moreira/apsigcritesp.pdf>
- Moreira, M. A. (2011). Unidades de enseñanza potencialmente significativas – ueps. *Aprendizagem Significativa em Revista*, 1(2), 43–63 https://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID10/v1_n2_a2011.pdf

- Orgill, M., York, S., & MacKellar, J. (2019). Introduction to Systems Thinking for the Chemistry Education Community. *Journal of Chemical Education*, 96(12), 2720–2729. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00169>
- Parga Lozano, D. L., y Piñeros–Carranza, G. Y. (2018). Enseñanza de la química desde contenidos contextualizados. *Educación Química*, 29(1), <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2018.1.63683>
- Pereira–Chaves, J. (2010). Consideraciones básicas del pensamiento complejo de Edgar Morin, en la educación. *Revista Electrónica Educare*, 14, 67–75. <https://doi.org/10.15359/ree.14-1.6>
- Piña, J. M. (1997). Consideraciones sobre la etnografía educativa. *Perfiles Educativos*, 19(78). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=13207804>
- Piñuel, J. L. (2002). Epistemología, metodología y técnicas del análisis de contenido. *Sociolinguistic Studies*, 1–42. <https://doi.org/10.1558/sols.v3i1.1>
- Pita–Morales, L. (2016). Línea de tiempo: Educación ambiental en Colombia. *Praxis*, 12, 118. <https://doi.org/10.21676/23897856.1853>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2021). Química verde y sostenible: Manual Marco. <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/34338>.
- Romero Chacón, Á. E., et. al. (2017). *La experimentación en la clase de ciencias: aportes a una enseñanza de las ciencias contextualizada con reflexiones metacientíficas*. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia. <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/7034>
- Salazar Posso, S y Gaviria Berrío, J. (2018). *Análisis del desarrollo de pensamiento crítico a partir de prácticas de educación ambiental en el grado 4–2 de la sede San Judas Tadeo de la I.E. Corazón del Valle* [Tesis de maestría, Universidad del Valle]. Biblioteca digital. <http://hdl.handle.net/10893/19403>
- Sánchez Rodríguez, T. (2023). *Estado del arte sobre la enseñanza y el aprendizaje del concepto de disoluciones en química. Una propuesta metodológica* [Tesis de maestría Universidad de caldas]. Repositorio Digital. <https://repositorio.ucaldas.edu.co/handle/ucaldas/18744>
- Silvestri, C., et. al. (2021). Green chemistry contribution towards more equitable global sustainability and greater circular economy: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, 294, 126137. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126137>
- Stake, R. E. (2010). *Qualitative research: Studying how things work*. The Guilford Press.
- Talanquer, V. (2016). Central Ideas in Chemistry: An Alternative Perspective. *Journal of Chemical Education*, 93(1), 3–8. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00434>.
- Vilches, A., y Gil Pérez, D. (2011). Papel de la Química y su enseñanza en la construcción de un futuro sostenible. *Educación química*, 22(2), 90–102.
- Zambrano, J. D. T., Mendoza, C. E. L., y Camacho, M. P. (2018). Estrategias pedagógicas en el desarrollo cognitivo. *Memorias del cuarto Congreso Internacional de Ciencias Pedagógicas de Ecuador: La formación y superación del docente: desafíos para el cambio de la educación*

en el siglo XXI, 691–700, 691–700.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7220658>

Zuin, V. G., Eilks, I., Elshami, M., & Kümmerer, K. (2021). Education in green chemistry and in sustainable chemistry: Perspectives towards sustainability. *Green Chemistry*, 23(4), 1594–1608. <https://doi.org/10.1039/D0GC03313H>

a) El siguiente diagrama representa una _____

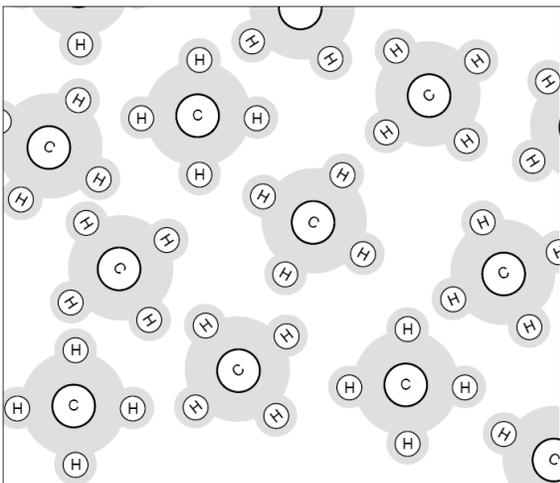


Imagen tomada de: <https://edu.rsc.org/resources/elements-compounds-and-mixtures/1083.article>

b) El siguiente diagrama representa una _____

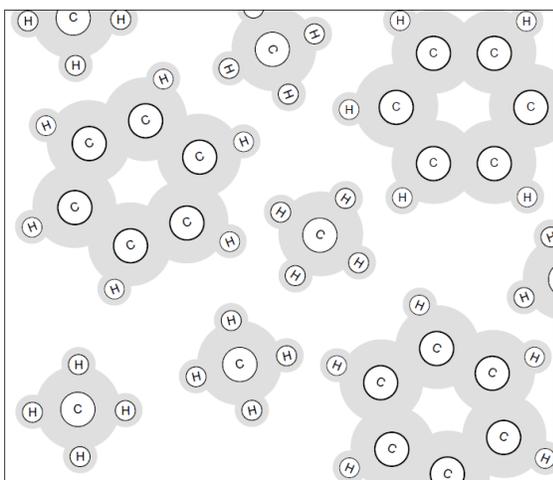


Imagen tomada de: <https://edu.rsc.org/resources/elements-compounds-and-mixtures/1083.article>

c) El siguiente diagrama representa una _____

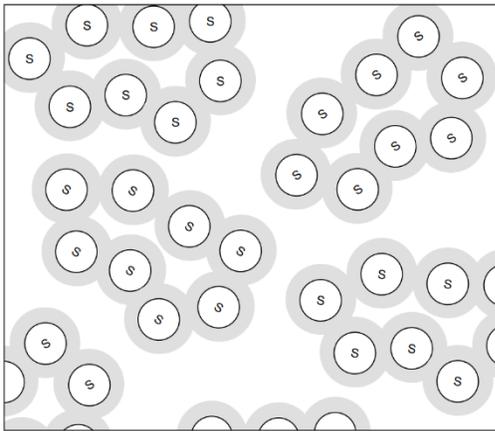


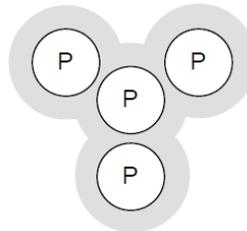
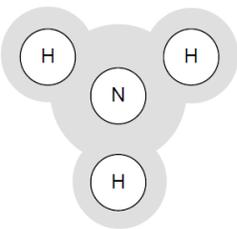
Imagen tomada de: <https://edu.rsc.org/resources/elements-compounds-and-mixtures/1083.article>

3. Los siguientes diagramas representan una sustancia simple y una sustancia compuesta, indica a cuál diagrama corresponde, y completa los siguientes enunciados:

El diagrama a) representa una _____ con formula química _____ y nombre químico _____

El diagrama b) representa una _____ con formula química _____ y nombre químico _____

a) b)



Imágenes tomadas de: <https://edu.rsc.org/resources/elements-compounds-and-mixtures/1083.article>

4. El siguiente diagrama muestra que las moléculas de agua están dispuestas al azar, atraídas entre sí, muy juntas, pero también se están moviendo. Las pequeñas líneas curvas se llaman "líneas de movimiento". Por ahora, estamos mostrando moléculas como círculos, pero posteriormente las mostraremos con más detalle:

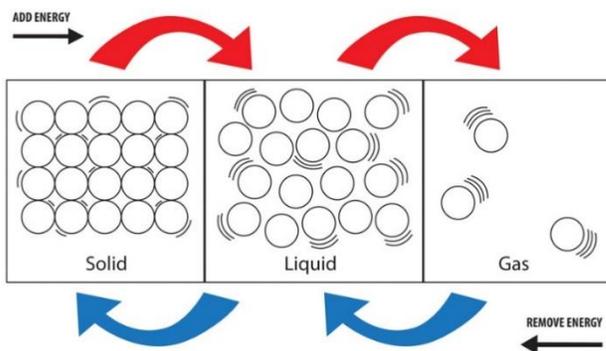
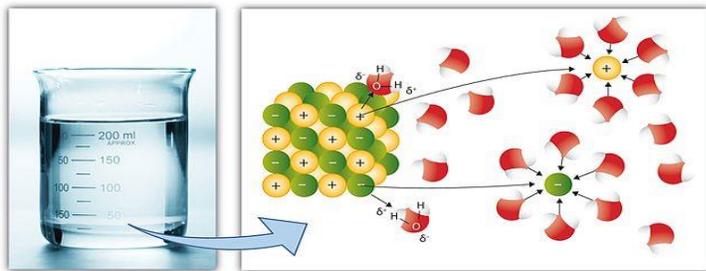


Imagen tomada de: <https://sites.google.com/a/maricopa.edu/jones-j/home/chemistry>

En tus propias palabras, describe los tres diagramas. ¿Qué representan los círculos? ¿Qué representan las pequeñas líneas? ¿Qué representa el aumento o la disminución de energía?

5. En la siguiente imagen se observa a la derecha un proceso de disolución acuosa de Cloruro de Sodio a nivel molecular, en tus propias palabras ¿Podrías mencionar las sustancias químicas que interaccionan en la imagen de la derecha? ¿Qué significan las cargas eléctricas? ¿Qué indican las flechas? ¿Puedes escribir una ecuación química? ¿Qué significa la imagen de la izquierda?



Esta foto de Autor desconocido está bajo licencia [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

6. Se dispuso de 100g de agua en un vaso de precipitados de 100g, su masa se midió utilizando una balanza granataria. La masa del vaso de precipitados y el agua era de 200 g. Luego se pesaron 10 g de sacarosa ($C_{12}H_{22}O_{11(s)}$) y se agregó al agua. Diez minutos más tarde la sacarosa ($C_{12}H_{22}O_{11(s)}$) se disolvió.

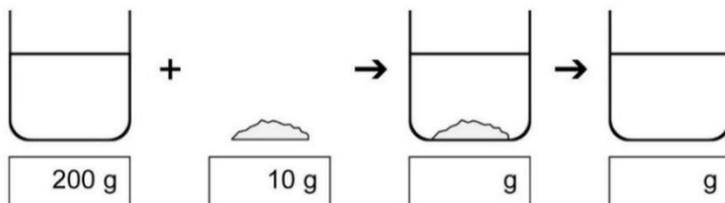


Imagen tomada de: <https://edu.rsc.org/resources/mass-and-dissolving/1084.article>

- a. Complete las casillas para mostrar lo que cree que sería la masa del vaso de precipitados y su contenido, sea cuando la sacarosa ($C_{12}H_{22}O_{11(s)}$) se agregó por primera vez, y cuando ya no se pudo ver.

7. ¿Por qué cuando se adiciona demasiado café a una taza con agua, parte del café se deposita en el fondo de la taza?

8. Dos tazas contienen cada un 100 ml de agua, una tiene la temperatura de 28 °C, y la otra de 70 °C. A cada una se le adicionan 2 cucharadas de azúcar o sacarosa ($C_{12}H_{22}O_{11(s)}$). ¿En cuál de las dos tazas disolverá el azúcar primero? ¿Por qué?

9. A partir de las siguientes palabras, construye un mapa conceptual

Mezclas, Materiales, Homogénea, Sustancias, Evaporación, Fórmula química, Heterogénea, Métodos de separación, Soluble, Destilación, Insoluble, Composición, $H_2O_{(l)}$, $O_2_{(g)}$, ejemplos, Aire, Acero, Coloide, $NaCl_{(ac)}$.

10. Un recipiente tiene la siguiente etiqueta



Imagen tomada de: https://www.merckmillipore.com/CO/es/product/Nitric-acid-650-0,MDA_CHEM-100441?ReferrerURL=https%3A%2F%2Fwww.bing.com%2F

- a. ¿Podrías indicar la concentración de la mezcla acuosa? ¿Cómo la interpretas?

- b. ¿Esta mezcla acuosa representa algún riesgo para la salud y el medio ambiente? SI___ ¿Cuál o cuáles riesgos?

NO___ ¿Por qué?

11. Lectura reflexiva

El Río Aburrá–Medellín: del olvido a un cuerpo vivo fundamental para nuestro Valle

El Aburrá es un humilde, un ignorado, un agua sin nombre. Como los buenos y sencillos, trabaja en el silencio y en la oscuridad. Y trabaja; ¡Dios lo sabe! Él riega y fertiliza los campos de esta Villa que quiso darle un nombre; él la embellece y la refresca”
Tomás Carrasquilla

El Río Aburrá–Medellín, que atraviesa toda el Área Metropolitana y que nace en el Alto de San Miguel en el municipio de Caldas, desembocando en el Río Grande, no es una fuente de abastecimiento para los 10 municipios que recorre, por la carga de contaminación que aún tiene, es más bien una corriente natural que salta a la vista cuando sube su cauce, cuando cambia de color o cuando arrastra electrodomésticos y muebles viejos ya sin dueño. “El principal uso que le damos al agua a nivel urbano es arrastrar los residuos que generamos, arrastrar la suciedad, arrastrar la basura de las calles, la convertimos en un medio de transporte, sin asumir la importancia del agua como recurso fundamental para la vida, la sociedad y la economía”, precisa el arquitecto urbanista, Juan Camilo Isaza, integrante de la Unidad de Gestión Ambiental del Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA).

El río no siempre fue recto como lo conocemos hoy, antes tenía meandros o sea ¡era serpeante!, esas curvas le permitían disminuir poco a poco su velocidad y regenerarse a sí mismo mientras hacía su recorrido. También, tenía, algo así como “zonas de descanso”, llamadas las planicies de inundación, que además de ayudarle a disipar su fuerza, hacían de estas zonas espacios fértiles aptos para el cultivo. “Esas zonas de inundación beneficiaban a los campesinos que cultivaban porque el río dejaba ahí sus abonos naturales. Pero, con los urbanismos hemos acabado con estas zonas de inundación al darle un uso residencial e industrial, en este sentido para nosotros es malo que nos inunde, pero nunca pensamos que el río necesitaba de esas zonas para disipar su energía”, explica Mario Gil, ingeniero geólogo de la Unidad de Gestión del Riesgo del AMVA quien lleva más de 25 años estudiando y recorriendo el río Medellín desde la Entidad.

Antes de que el río se convirtiera en el eje central de la que sería la gran metrópoli, hoy la segunda zona más poblada de Colombia fue el escenario de mujeres lavanderas, de mineros artesanales, campesinos, pescadores, de bañistas y de pequeñas balsas, fue un espacio de socialización y de sustento para muchos de sus habitantes aledaños. Pero, cuando se apostó por hacer de Medellín una ciudad industrial, se hizo necesario dominar el río para evitar que este afectara a las nacientes edificaciones.

Fuente: <https://www.metropol.gov.co/ambiental/recurso-hidrico/Paginas/aguas-superficiales/red-rio.aspx>

12. Con base al texto responde las siguientes preguntas:

- a. ¿Cuál es la función del Río Aburrá–Medellín a nivel social antes del proyecto de industrialización y urbanismo?

- b. ¿Cuál es la función del Río Aburrá–Medellín a nivel social con el desarrollo del proyecto de industrialización y urbanismo?

- c. Según el texto ¿quiénes son los responsables de la contaminación en el Río Aburrá–Medellín ¿Cuáles son esos contaminantes?

- d. ¿Si tomas una muestra del Río Aburrá–Medellín, la consideras una mezcla acuosa? ¿Homogénea o heterogénea?

Anexo 2. Lectura “Las maravillas del agua”

	I.E. CONCEJO DE MEDELLÍN		
	Proyecto de investigación: <i>Estrategia pedagógica sobre mezclas acuosas con un enfoque de química verde y sustentable para favorecer el aprendizaje significativo crítico en estudiantes de grado once.</i>		
Docente en formación: Laura Maria Corrales Franco		Área: Ciencias Naturales y Educación Ambiental	
Asignatura: química	Grado: 11	Grupo: 2	Fecha:

!!!MANOS A LA OBRA!!! VAMOS A MODELAR LA MOLÉCULA DE AGUA

¿Qué hace que el agua H₂O sea una molécula polar?

Objetivos

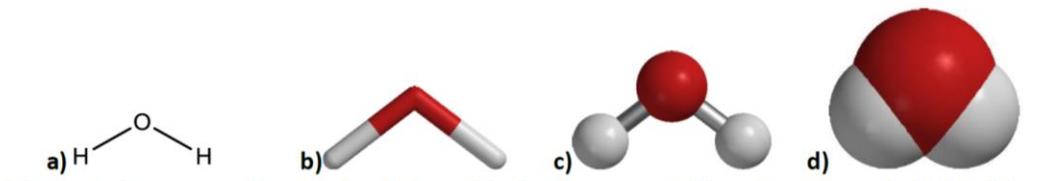
- Identificar las ideas previas sobre el enlace intramolecular, covalente polar, la polaridad y enlaces intermoleculares o enlaces de hidrógeno en la molécula de agua.
- Construir un modelo de la estructura de la molécula de agua H₂O.
- Representar con el modelo molecular los diferentes estados de agregación de la sustancia agua.

LAS MARAVILLAS DEL AGUA

El agua líquida (Óxido de dihidrógeno líquido, H₂O_(l), figura 1.) es una sustancia compuesta, incolora y transparente, inodora e insípida, y como tal **NO** se encuentra en la naturaleza, es producida en los laboratorios por medio de procesos de destilación y desionización. La molécula de agua de fórmula molecular H₂O, representa la combinación química de un átomo de oxígeno y dos átomos de hidrógeno, combinación que corresponde a una geometría angular como se detalla en la figura 1.

Figura 1

Representación angular de las moléculas de agua: **a)** Fórmula estructural; **b)** Modelo de conectivas; **c)** Modelo de conectivas y esferas; **d)** Modelo esferas tangentes.



Nota. Imagen tomada del libro: *formación de maestros, nuevos paradigmas en la enseñanza de biología, física y química como vías para leer los territorios de Antioquia* (2018).

En nuestro planeta el agua se localiza en forma de **mezclas acuosas** (algunas de ellas soluciones acuosas), esto es, **mezclada con sustancias disueltas**, como por ejemplo el cloruro de sodio $\text{NaCl}_{(ac)}$, lo cual le da la característica de ser salada, como el agua de los mares y océanos. La cantidad de agua restante es decir alrededor del 3%, llamada agua dulce, dada la poca cantidad de cloruro de sodio $\text{NaCl}_{(ac)}$, se encuentra congelada en más de sus tres cuartas partes en glaciares, principalmente en la Antártida y Groenlandia; el resto de agua dulce disponible, aproximadamente el 0.8%, se encuentra en lagos y ríos e integrada al *ciclo del agua* en la naturaleza. Tu cuerpo es casi un 77% de agua, mientras que el cuerpo de un adulto se compone de 50 a 60% de agua. El agua juega un papel importante en nuestras vidas. Una persona saludable puede sobrevivir semanas sin comida, pero sólo unos días sin agua. Además de beberla, utilizamos el agua en muchas de nuestras actividades diarias, como bañarnos, preparar alimentos y el lavado de la ropa entre otras.

¿Te has preguntado por qué el agua disuelve muchas sustancias en nuestro hogar?

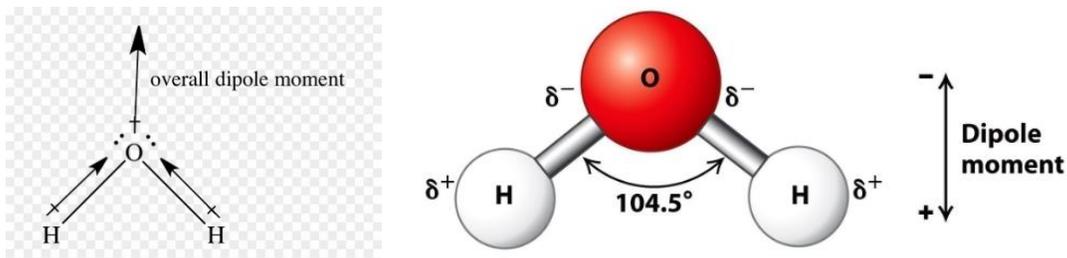
En esta experiencia construiremos un modelo molecular del agua, para poder comprender por qué el agua es el disolvente universal

Iniciemos comprendiendo la geometría de la molécula del agua

Estructura angular del agua

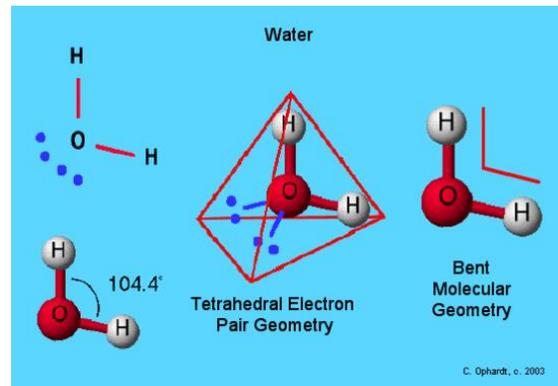
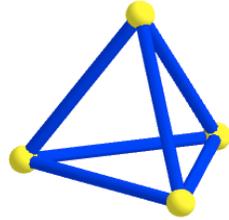
Para poder comprender el comportamiento polar de la molécula de agua, ten presente que cuando decimos que el agua es una sustancia polar, no estamos diciendo que está fría, o que vino de los Polos Norte o Sur. Si no, que sólo estamos diciendo que **tiene un área de carga eléctrica parcialmente positiva (δ^+)** y otra de **carga eléctrica parcialmente negativa (δ^-)** (Figura 2) gracias a su **enlace intramolecular covalente polar** y también a su **geometría angular**.

Figura 2. Representación estructural de la molécula de agua *identificación de la carga eléctrica parcial negativa (δ^-) sobre el átomo de oxígeno y carga eléctrica parcial positiva (δ^+) sobre el átomo de hidrógeno*, las flechas indica el momento dipolar de la molécula de agua.



[Esta foto](#) de Autor desconocido está bajo licencia [CC BY-SA-NC](#)

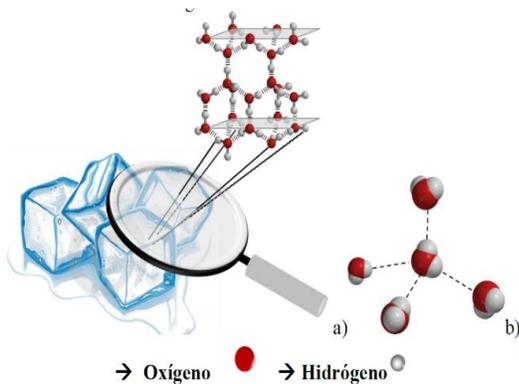
En una molécula de agua, los átomos de hidrógeno forman un **ángulo de $104,5^\circ$** con el átomo de oxígeno. Los átomos de hidrógeno están cerca de dos esquinas de un tetraedro centrado en el oxígeno, (Figura 3 b). En las otras dos esquinas hay pares solitarios de electrones de valencia que no participan en el enlace. En un tetraedro perfecto (Figura 3 a), los átomos formarían un ángulo de $109,5^\circ$, pero la repulsión entre los pares solitarios es mayor que la repulsión entre los átomos de hidrógeno. La longitud del enlace O–H es de aproximadamente 0,096 nanómetros (nm). Por lo tanto, la molécula de agua forma un ángulo de $104,5^\circ$.



a) Tetraedro b) representaciones de la molécula de agua

Figura 3. Estas imágenes de Autor desconocido están bajo licencia [CC BY-SA-NC](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

Ahora te invito para que realices el modelo molecular del agua. !!Animo!!



Enlace de hidrógeno: Las moléculas discretas interactúan por medio de enlaces denominados **enlaces de hidrógeno** o **interacciones dipolo-dipolo** y forman una red de forma hexagonal, la cual representa la estructura molecular del agua sólida; **ver figura 4**. La estructura molecular del agua sólida se nombra estructura cristalina hexagonal. **Figura 4.** Representación molecular del agua sólida: las esferas rojas y blancas representan los núcleos de oxígeno e hidrógeno respectivamente.

Nota. Imagen tomada del libro: *Formación de maestros, nuevos paradigmas en la enseñanza de biología, física y química como vías para leer los territorios de Antioquia (2018).*

Anexo 3. Lectura: clasificando los materiales

 UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA Facultad de Educación	LE CONCEJO DE MEDELLÍN		
	Proyecto de investigación: <i>Estrategia pedagógica sobre mezclas acuosas con un enfoque de química verde y sustentable para favorecer el aprendizaje significativo crítico en estudiantes de grado once.</i>		
Docente en formación: Laura Maria Corrales Franco		Área: Ciencias Naturales y Educación Ambiental	
Asignatura: química	Grado: 11	Grupo: 2	Fecha:

Nombre del estudiante:

Objetivos:

- Identificar la clasificación de materiales en sustancias y mezclas.
- Reconocer las mezclas acuosas, su clasificación y el concepto de solubilidad.

Propósito: En la siguiente lectura pretendemos que reconozcas los diferentes materiales, las sustancias y las mezclas. Una vez clasificados, nos enfocaremos en el estudio de las mezclas acuosas.

CLASIFICANDO LOS MATERIALES: SUSTANCIAS Y MEZCLAS

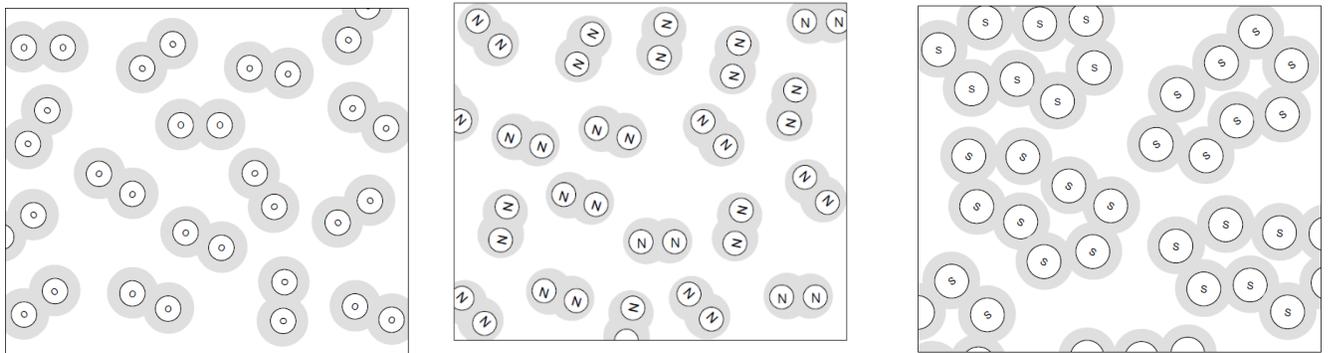
En el mundo, existe una amplia diversidad de materiales, entre materiales naturales y sintéticos en múltiples presentaciones que son creados a partir de otros materiales. Es posible que tu reconozcas algunos materiales de tu entorno, los químicos han desarrollado un especial interés por estudiarlos y crearlos, por lo que han decidido clasificarlos en sustancias y mezclas.

Sustancias

Una sustancia es un material homogéneo caracterizado por un conjunto de propiedades en contexto, es decir, según la presión y la temperatura se presenta en una fase definida: sólido, líquido o gaseoso. Homogéneo significa que cualquiera sea la cantidad de masa de la sustancia, la magnitud de cualquier propiedad es reproducible y constante en contextos similares. La composición de una sustancia se expresa en términos de composición elemental, es decir, de los elementos químicos que la constituyen, (ver el enlace de los elementos químicos existentes hasta el momento <https://ptable.com/#Propiedades>), de este modo la composición química de una sustancia puede ser de una sola clase de elementos, por ejemplo, dihidrógeno H₂, dioxígeno O₂, octazufre S₈, cobre metálico Cu_n, argón Ar, dinitrógeno N₂, octafósforo P₈, entre otros. En este caso, la sustancia se clasifica como sustancia simple, constituida por una sola clase de elementos, y son clasificadas como metales, semi metales o metaloides y no metales, (observa la tabla periódica en el siguiente enlace <https://ptable.com/#Propiedades>)



Por ejemplo, los siguientes diagramas de la Figura 1, representa las sustancias simples dióxígeno O_2 , dinitrógeno N_2 y octazufre S_8 .



Imágenes tomadas de: <https://edu.rsc.org/resources/elements-compounds-and-mixtures/1083.article>

Figura 1. dióxígeno O_2 , dinitrógeno N_2 y octazufre S_8

Otra opción es que la sustancia se constituya de 2 o más clases de elementos por ejemplo el óxido de hidrógeno H_2O , el cloruro de sodio $NaCl$, el etanol, C_2H_5OH , sulfuro de sodio Na_2S , Ferricianuro de potasio $K_3[Fe(CN)_6]$, entre otros. En este caso, las sustancias se clasifican como sustancia compuesta como se observa en la figura 2.

Imágenes tomadas de: <https://edu.rsc.org/resources/elements-compounds-and-mixtures/1083.article>

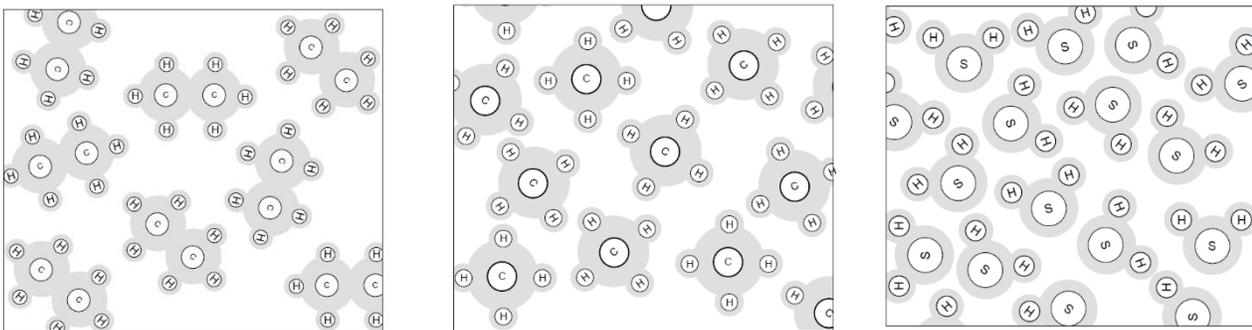


Figura 2. Etano (C_2H_6), Metano (CH_4) y ácido sulfhídrico (H_2S).

¿Qué diferencias encuentras entre las sustancias simples y compuestas?

En este contexto una sustancia se significa como la combinación química de elementos, la cual está representada por una fórmula química denominada fórmula química de composición, por ejemplo, $O_{2(g)}$ dioxígeno gaseoso, $H_2O_{(g)}$ Óxido de hidrógeno gaseoso. Una fórmula química de composición representa la identidad química de una sustancia: los elementos que la constituyen y la cantidad de cada elemento constituyente.

En la tabla 1 se detalla un grupo de símbolos elementales y de fórmulas químicas de composición para algunos elementos, átomos, sustancias simples y sustancia compuesta. Para el átomo, se detalla la configuración electrónica, la cual denota el número de electrones.

Tabla 1. Formulas químicas de composición

Elemento Núcleo atómico	Átomo Molécula mononuclear	Molécula polinuclear sustancia simple	Molécula polinuclear sustancia compuesta
${}^{16}_8O$ Oxígeno-16	O Monooxígeno $1s^22s^22p^4$	O_2 dioxígeno O_3 trioxígeno	CaO óxido de calcio Fe_2O_3 óxido de hierro (III)
${}^{32}_{16}S$ Azufre-32	S Monoazufre $1s^22s^22p^6$	S_8 Octazufre	H_2S sulfuro de dihidrógeno Na_2S sulfuro de disodio
${}^{14}_7N$ Nitrógeno- 14	N Mononitrógeno $1s^22s^22p^3$	N_2 Dinitrógeno	NH_3 Trihidruro de nitrógeno NO Monóxido de nitrógeno
${}^{12}_6C$ Carbono- 12	C Monocarbono $1s^22s^22p^2$	C_n Carbono diamante carbono grafito	CO_2 bióxido de carbono CH_4 Metano
${}^{23}_{11}Na$ Sodio-23	Na Monosodio $1s^22s^22p^63s^1$	Na_n Sodio metálico	NaCl cloruro de sodio Na_2SO_4 sulfato de disodio.
1_1H Hidrogeno- 1	H Monohidrogeno $1s^1$	H_2 Dihidrógeno	H_2O óxido de dihidrógeno (agua) H_2SO_4 sulfato de dihidrógeno (ácido sulfúrico)

Mezclas

Una mezcla es una asociación o agrupación de sustancias diferentes, las cuáles pueden encontrarse en una misma fase o en fases diferentes e interactúan como disolviéndose entre ellas; o entre algunas de ellas en una relación de cantidad; o no interactúan disolviéndose. Para el primer caso se afirma que las sustancias son solubles o parcialmente solubles, y para el segundo, se afirma que no son solubles o son poco solubles. Cuando las sustancias son solubles, se considera que la mezcla es homogénea según la relación de solubilidad y se presenta en una fase. Cuando no lo son o cuando se sobrepasan los límites de la relación de solubilidad, la mezcla es heterogénea y se presenta en varias fases.

Pero ¿cuándo una mezcla es homogénea? una mezcla es homogénea si para cualquier cantidad de masa de la mezcla, la magnitud de alguna propiedad no cambia en contextos similares, esto es, la magnitud de la propiedad es una constante en contexto reproducirles de temperatura (t) y presión(p) y concentración [X]. Las mezclas homogéneas se presentan en una fase y reciben también el nombre de Mezclas acuosas, soluciones acuosas o disoluciones.

Una solución acuosa (también llamada mezclas acuosas o disoluciones) se denomina saturada si la cantidad de soluto disuelto y la cantidad de solvente están en la relación de la solubilidad. Si la magnitud de dicha relación es menor que la solubilidad, la solución se nombre insaturada, si la relación es un poco mayor, la solución se denomina sobresaturada, si la relación es mucho mayor obtenemos una mezcla heterogénea.

Por ejemplo, el sulfato de cobre pentahidratado solido $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}_{(s)}$ (Figura 3), presenta una solubilidad máxima (saturada) de 31,6 g en 100 g de agua líquida, para esta relación 31,6 g de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}_{(s)}$ /100 g de agua líquida, o menor a esta relación (insaturada), las dos sustancias (sulfato de cobre pentahidratado sólido y agua líquida) forman una mezcla homogénea, es decir una solución acuosa.



Figura 3. sulfato de cobre pentahidratado solido $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}_{(s)}$

Experiencia 1.

¿Como definirías la solubilidad? Exprésala con una ecuación matemática ¿Cuáles son sus unidades?

Para poder comprender mejor los conceptos anteriores, observa los videos ingresando a los siguientes enlaces:

https://www.youtube.com/watch?v=9owEfiDh4DI&ab_channel=Lagartija%27svlogs

https://www.youtube.com/watch?v=8PCrH7QMC6k&ab_channel=PuraQu%C3%ADmicaES

Ahora, una mezcla es heterogénea, si mediante la percepción se observan varias fases y la magnitud de una propiedad no es reproducible en contextos similares de temperatura, presión y concentración. Retomando el ejemplo anterior, la mezcla homogénea de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}_{(ac)}$, se transforma en heterogénea, si la cantidad de sulfato de cobre pentahidratado disuelto sobrepasa la relación dada por la solubilidad, entonces una cierta cantidad de sulfato de cobre pentahidratado está disuelto y se conforma una mezcla heterogénea $[(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}, \text{H}_2\text{O})_{(l)} \text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}_{(s)}]$.

Sin embargo, existen mezclas heterogéneas que a simple vista parecen homogéneas, pero con ayuda de un microscopio nos encontramos con 2 o más fases y nos damos cuenta de que efectivamente son heterogéneas, echemos un vistazo al siguiente video para que comprendas estas “extrañas” mezclas heterogéneas, llamadas coloides

Observa el siguiente video ingresando al enlace https://www.youtube.com/watch?v=YKzq5mpiIy8&ab_channel=CienciaEducativa

Otros videos complementarios:

https://www.youtube.com/watch?v=rHuKPvX_BK0&t=12s&ab_channel=Secretar%C3%ADadeEducaci%C3%B3ndeAntioquia

https://www.youtube.com/watch?v=naFpqsITKG8&ab_channel=Secretar%C3%ADadeEducaci%C3%B3ndeAntioquia

Te has preguntado ¿cómo identificamos si un material es una sustancia o una mezcla homogénea? Por ejemplo, $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$ y $\text{NaCl}_{(ac)}$. Para verificar si un material es una sustancia o una mezcla homogénea, se procede con metodologías para separar los componentes de la mezcla, denominadas métodos de separación.

Si al proceder, el material o muestra se separa en los componentes, es decir en sus sustancias, entonces se confirma que el material es una mezcla, de lo contrario es una sustancia.

Observa el siguiente video ingresando al enlace https://www.youtube.com/watch?v=cLkCcO3Qc3M&ab_channel=EsCiencia y descubre los métodos de separación:

Recomendación:

Realiza un mapa conceptual para que organices tus ideas.

- ¿Qué preguntas te surgieron durante o después de la lectura?
- ¿Qué palabras nuevas encontró?
- ¿Qué sugerencias tienes para este documento?

Anexo 4. Lectura modelo molecular corpuscular

	I.E CONCEJO DE MEDELLÍN		
	Proyecto de investigación: <i>Estrategia pedagógica sobre mezclas acuosas con un enfoque de química verde y sustentable para favorecer el aprendizaje significativo crítico en estudiantes de grado once.</i>		
Docente en formación: Laura Maria Corrales Franco		Área: Ciencias Naturales y Educación Ambiental	
Asignatura: química	Grado: 11	Grupo: 2	Fecha:

Nombre del estudiante:**Objetivos:**

- Interactuar con diferentes simuladores para comprender el modelo molecular corpuscular
- Identificar diferentes representaciones de las moléculas
- Reconocer lo que es una molécula

Descripción

Las siguientes actividades que para nuestro caso llamaremos experiencias, tienen el propósito de presentar el modelo molecular corpuscular. Y ¿esto para que me sirve? Quiero contarte que los “modelos” nos sirven para dar explicación a muchos fenómenos, por ejemplo, en química los utilizamos para explicar el comportamiento de los átomos, las moléculas y los iones, y de esta manera comprender porque un conjunto de sustancias o mezclas tiene ciertas características. Por ejemplo, el modelo molecular del agua nos sirve para explicar por qué el agua hierve a 100 °C, y porque disuelve muchas cosas, como café o té.

Te invito a que explores las siguientes experiencias y aprendamos más acerca de estos modelos, los cuales complementaran nuestros aprendizajes alrededor de las mezclas acuosas.

¡¡¡No te veo molécula!!! Vamos a modelar

Antes de avanzar en el aprendizaje acerca del modelo molecular corpuscular vamos a identificar tus ideas previas ¡¡Animo!!

1. Experiencia

Interacciona con las siguientes simulaciones ingresando a los enlaces detallados a continuación, imagínate lo que ocurre y explica de modo escrito lo que sucede.

https://www.middleschoolchemistry.com/html5_animations/particles_of_a_solid/

https://www.middleschoolchemistry.com/html5_animations/particles_of_a_liquid/

https://www.middleschoolchemistry.com/html5_animations/particles_of_a_gas/

2. Experiencia

Interacciona con las siguientes simulaciones ingresando a los enlaces detallados a continuación, imagínate lo que ocurre y explica de modo escrito lo que sucede.

https://www.middleschoolchemistry.com/html5_animations/heating_cooling_solid/

https://www.middleschoolchemistry.com/html5_animations/heating_and_cooling_a_liquid/

https://www.middleschoolchemistry.com/html5_animations/heating_and_cooling_gas/

;;;Estamos Avanzado muy bien!!!!

Lo desarrollado en las experiencias anteriores, es un acercamiento a la **construcción del modelo molecular corpuscular**, que nace de la necesidad de **modelar situaciones químicas** en términos de moléculas, iones o átomos, **pensadas como partículas de forma esférica**, representadas a escala y que poseen una dimensión en términos del radio o diámetro de la esfera y/o de su volumen esférico. Si la dimensión expresada en términos de radio o volumen hace alusión al átomo, se lee como radio o volumen atómico, y si hace referencia a moléculas se denomina radio o volumen molecular. Las dimensiones del radio atómico o molecular se expresan en unidades nombradas nanómetros (nm), ángstrom (Å), o picómetros (pm).

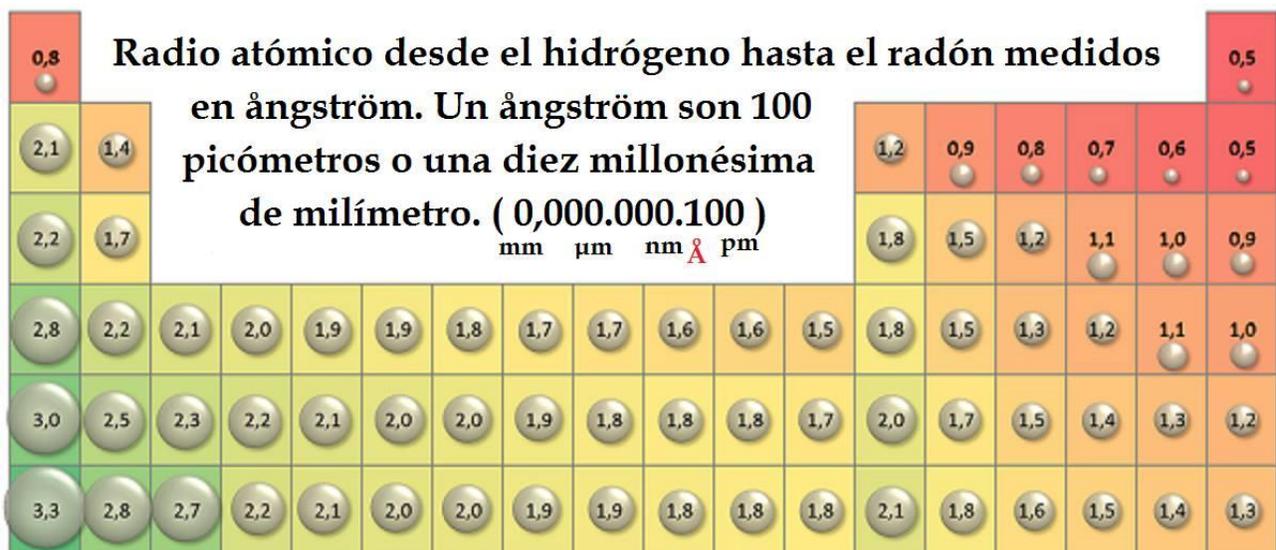
Un nm es equivalente a 10^{-9} m

Un Å es equivalente a 10^{-10} m

Un pm es equivalente a 10^{-12} m

En la **Figura 1** se detalla la magnitud, expresada en angstrom, de algunos radios atómicos organizados de acuerdo con un formato de la tabla periódica. También los puedes localizar en este enlace <https://ptable.com/#Propiedades/Radio/Calculated>

Radios atómicos expresados en unidades angstrom (Å) y organizados en un formato de tabla periódica



Nota. Imagen tomada de: <https://cuvadelobo.com/microcosmos-adentrarse-lo-infinitamente-pequeno/>

3. Experiencia

Para comprender un poco más las escalas anteriores, nanómetros (nm), ángstrom (Å), o picómetros (pm), te invito a que observes el siguiente video ingresando al enlace: https://www.youtube.com/watch?v=7WhRJV_bAiE&ab_channel=CERN

Como se observó en el video, el tamaño de las partículas es tan pequeño que realizar **representaciones a escala** nos ayuda a comprender, representar, interpretar, explicar, e inferir de manera molecular, las diferentes situaciones y comportamientos referidos a las sustancias como: lenguaje químico, solubilidad, mezclas. También, propiedades como la temperatura de fusión, de ebullición y de sublimación, la acidez y basicidad, los electrolitos fuertes y débiles y no electrolitos, las clases de reacciones químicas (precipitación, neutralización oxidación, reducción, desplazamiento, sustitución) entre otros.

Por esta razón, existen diferentes **representaciones de la unidad molecular** como una entidad conceptual individual, que puede ser de la misma clase, por ejemplo, dihidrógeno H_2 , tetrafosforo P_4 , dioxígeno O_2 , Hierro metálico Fe_n , dicloro Cl_2 , o entidades moleculares de diferente clase, por ejemplo, óxido de dihidrógeno H_2O (Agua), Trihidruo de nitrógeno NH_3 , ácido acético CH_3COOH .

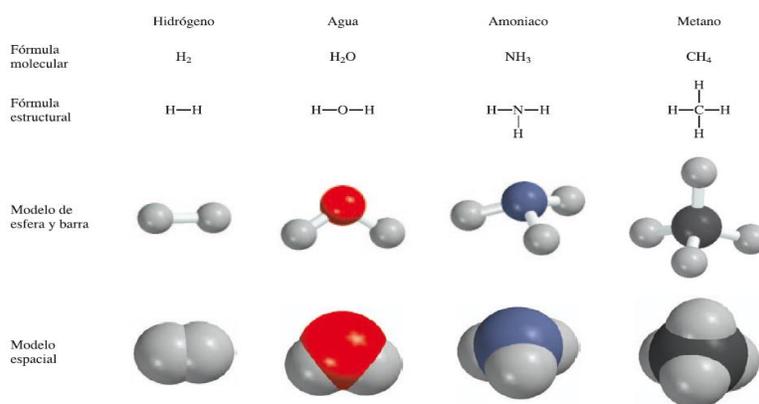
En la **figura 2** se representa la fórmula molecular y diversas maneras de las moléculas de Dihidrógeno H_2 , Óxido de dihidrógeno H_2O (o Agua), Trihidruo de nitrógeno NH_3 (o Amoniaco) y Metano CH_4 .

Figura 2

Diversas representaciones para moléculas de dihidrógeno, agua, amoniaco y metano: fórmula molecular, fórmula estructural, fórmula de esferas y conectivas y de esferas tangentes

40

Capítulo 2 Átomos, moléculas e iones

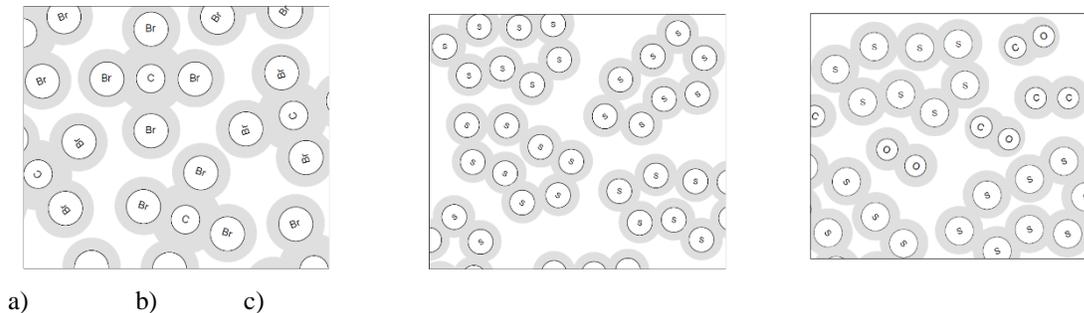


Nota. Imagen tomada del libro de química general de Raymond Chang cuarta edición (2006) p. 40

Por otro lado, también es de especial interés, la **unidad molecular interactuando** con otras unidades moleculares de la misma clase o de clases diferentes, como se observa en la **figura 3**. En esta se representa una sustancia o una mezcla. Una sustancia si interaccionan moléculas de la misma clase (3a y 3b), una mezcla si la interacción es entre moléculas de diferente clase (3c).

Figura 3

Representación de moléculas interaccionado en una sustancia y en una mezcla



Nota. Las imágenes representan: a) Sustancia compuesta Tetra bromuro de carbono CBr_{4(g)} b) Sustancia simple Tetra fosforo P_{4(s)} c) Mezcla { tetra fosforo P_{4(s)}, dióxígeno O_{2(g)}, Oxido de carbono CO_(g) }

Imágenes tomadas de: <https://edu.rsc.org/resources/elements-compounds-and-mixtures/1083.article>

Y estas sustancias y mezcla tendrán un comportamiento específico referido a las condiciones de presión, temperatura y cantidad de sustancia, lo cual permite identificar la fase de la sustancia o la mezcla: sólido (s), líquido(l), gaseoso (g).

La fase de una sustancia depende en gran medida del equilibrio entre las **energías cinéticas** de las partículas y las **energías de atracción** entre las partículas. Las **energías cinéticas**, las cuales **dependen de la temperatura**, tienden a mantener a las **partículas separadas y en movimiento**. Por otro lado, las **atracciones o interacciones entre las partículas o fuerzas (interacciones) de atracción intermoleculares, tienden a mantenerlas juntas**. Las sustancias que son gaseosas a temperatura ambiente tienen atracciones entre sus partículas más débiles que las de las líquidas; las sustancias que son líquidas tienen atracciones entre sus partículas más débiles que las de las sólidas. Podemos cambiar una sustancia de un estado a otro calentándola o enfriándola, lo cual modifica la **energía cinética promedio** de las partículas. Por ejemplo, el Cloruro de sodio NaCl_(s) (sal de cocina), es un sólido a temperatura ambiente, funde a 801 °C, y hierve a 1413 °C bajo 1 atm de presión. Por otra parte, el N₂O_(g) Oxido de dinitrógeno que es un gas a temperatura ambiente, licua a -88.5 °C (es decir pasa al estado líquido) y solidifica a -90.8 °C, bajo 1 atm de presión. Cuando la **temperatura** de un gas **desciende**, la **energía cinética promedio** de sus partículas **también descende**, lo que permite que las **atracciones** entre las partículas sean mayores y se forme un líquido. Por otro lado, al aumentar la presión de un gas se fuerza a las moléculas a mantenerse juntas, lo cual, a su vez, aumenta la intensidad de las **interacciones intermoleculares**.

Según la lectura anterior, completa la **tabla 1** con las siguientes palabras:

– escaso(a) – regular – muy grande

Tabla 1

Interacciones (o fuerzas) características de las moléculas en diferentes estados de agregación

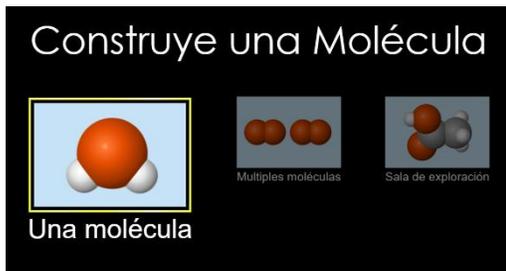
Características de las partículas	estado sólido	estado líquido	estado gaseoso
ordenamiento entre ellas			
distancia entre ellas			
movilidad entre ellas			
fuerzas de atracción entre ellas			

4. Experiencia

En los siguientes enlaces por tus conocimientos a prueba, interacciona con estas simulaciones creando moléculas (enlace 1), en el segundo enlace descubren los estados de la materia (enlace 2).

!!!Ingresa a los siguientes enlaces y juega!!!

1. https://phet.colorado.edu/sims/html/build-a-molecule/latest/build-a-molecule_es.html



2. <https://teachchemistry.org/classroom-resources/states-of-matter-and-phase-changes-simulation>

STATES OF MATTER AND PHASE CHANGES

SCORE: 0

QUESTION 1 / 10

Mercury (Hg)

Freezing/Melting Point

-38°C

Boiling Point

356°C

5. Experiencia

- d. ¿Qué preguntas te surgieron durante y después de la lectura?
- e. ¿Qué palabras nuevas encontró?
- f. ¿Qué sugerencias tienes para este documento?

Anexo 5. Experiencia en la sala de sistemas

 UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA Facultad de Educación	LE CONCEJO DE MEDELLÍN		
	Proyecto de investigación: <i>Estrategia pedagógica sobre mezclas acuosas con un enfoque de química verde y sustentable para favorecer el aprendizaje significativo crítico en estudiantes de grado once.</i>		
Docente en formación: Laura María Corrales Franco		Área: Ciencias Naturales y Educación Ambiental	
Asignatura: química	Grado: 11	Grupo: 2	Fecha:

Analizamos la solubilidad y la concentración con Phet

Como con todos los problemas cuantitativos en la química, asegúrese de no “perderse en las matemáticas” 😊

Nombre: _____

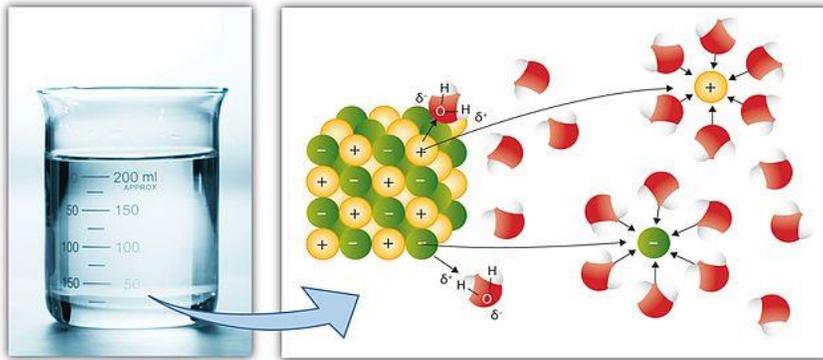
Objetivos de aprendizaje:

- Identificar los avances de tus conocimientos con respecto a la representación del modelo molecular y el lenguaje químico.
- Identificar los componentes de una solución acuosa.
- Describir como afectan la cantidad de soluto y solvente en una solución acuosa.
- Calcular la concentración de las soluciones en unidades de molaridad (mol de soluto/L de solución), Molalidad (mol de soluto/kg de solución), % p/p, % v/v, % p/v, ppm y ppb.
- Analizar la toxicidad de uno de los compuestos presentados en el simulador.

EXPERIENCIAS:

1. En la siguiente simulación encontraras un proceso de disolución acuosa del soluto Cloruro de sodio sólido $\text{NaCl}_{(s)}$ y del solvente agua líquida $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$ interacciona con la simulación, y **explica lo que está sucediendo**, ingresa al siguiente enlace y utiliza también la imagen para poder explicar.

<https://www.acs.org/content/acs/en/education/resources/k-8/inquirvination/fifth-grade/water-dissolving-salt.html>



Esta foto de Autor desconocido está bajo licencia [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

Recuerda que una mezcla homogénea acuosa es llamada también ***Solución acuosa o disolución acuosa***

Ahora vamos a trabajar con los siguientes simuladores de Phet ingresando a los enlaces que se presentan a continuación:

1. Ingresa al simulador por medio del siguiente enlace.

https://phet.colorado.edu/sims/html/concentration/latest/concentration_es.html

Explora el simulador



Utilizando el simulador responde las siguientes preguntas, recuerda elegir un soluto de la lista.

Soluto seleccionado: _____

Nombre químico: _____

Formula química: _____

De acuerdo con el soluto seleccionado responde las siguientes preguntas:

- ¿Qué sucede con la concentración a medida que agregas más soluto?
- ¿Qué unidades de concentración hay en el medidor? A partir de las unidades ¿podrías inferir una fórmula matemática?
- Ahora agregue agua $H_2O_{(l)}$. ¿Qué sucede con la concentración a medida que aumentas la cantidad de agua $H_2O_{(l)}$? Explique ¿por qué?
- Ahora evapore agua $H_2O_{(g)}$ ¿Qué pasa con el soluto cuando evaporas todo el solvente?
- Según la simulación, ¿qué puede inferir cuando la solución está saturada? ¿Qué pasa con la concentración?

- f) Ahora retire el agua $H_2O_{(l)}$ con la válvula en la parte inferior derecha. ¿Qué sucede con la concentración a medida que disminuye la cantidad de agua $H_2O_{(l)}$?
- g) Escribe una fórmula química y una ecuación química, para representar tu mezcla homogénea acuosa (con la tabla 1 te puedes ayudar).
- h) Selecciona una situación (volumen y concentración) de la mezcla homogénea acuosa, del soluto seleccionado y dibuja una representación molecular corpuscular (recuerda que el modelo molecular corpuscular es la representación de las moléculas y los iones como esferas, con la tabla 1 te puedes ayudar).

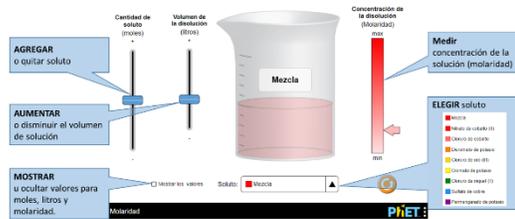
2. CONCENTRACIONES

En esta sesión aprenderás a calcular las concentraciones recuerda tener a la mano tu calculadora científica

Ingresar al siguiente simulador

https://phet.colorado.edu/sims/html/molarity/latest/molarity_es.html

Todos los cálculos se realizan a 1 (atm) de presión atmosférica y a una temperatura de 25°C.



Explora la simulación

La simulación de esta práctica muestra la cantidad de soluto, el volumen de la disolución y la concentración (molaridad) de la solución acuosa.

Tabla 1

Datos de los diferentes solutos del simulador

Nota. Recuerda que la densidad del agua a 25 °C es aproximadamente 1 g/cm³ = 1 g/mL, también que 1L=1000mL y 1kg = 1000g y 1g = 1000mg

Recuerda que la **solución** acuosa representa la interacción entre el soluto y el solvente. A continuación, encontraras las fórmulas para determinar las concentraciones de la tabla 1.

$$\text{molaridad} = M = \frac{\text{moles de soluto disuelto}}{L \text{ de solución}} = \frac{\text{mol}}{L}$$

$$\text{Molalidad} = \frac{\text{moles de soluto disuelto}}{\text{Kilogramos de solución (sumamos la masa del soluto y el solvente)}}$$

$$\begin{aligned} \text{Porcentaje en masa} \left(\% \frac{p}{p} \right) \\ = \frac{\text{Masa del soluto}}{\text{masa de solución (sumamos la masa del soluto y el solvente)}} * 100\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Porcentaje en volumen} \left(\% \frac{V}{V} \right) \\ = \frac{\text{Volumen del soluto}}{\text{Volumen de solución (sumamos el volumen del soluto y el solvente)}} * 100\% \end{aligned}$$

$$\text{Porcentaje en} \frac{\text{masa}}{\text{volumen}} \left(\% \frac{m}{V} \right) = \frac{\text{Masa del soluto, g}}{\text{volumen de solución, mL}} * 100\%$$

4. **Hasta ahora has avanzado muy bien, ahora vamos a jugar, ingresa al siguiente enlace, pon un pantallazo cuando termines la actividad.**

Preparación de soluciones acuosas.

<https://teachchemistry.org/classroom-resources/preparing-solutions-simulation>

5. Evalúa tu aprendizaje
- ¿Qué aprendiste en la experiencia de hoy?
 - ¿Harías algún cambio a la actividad realizada?, explica.

Autoevaluación.

Responde el siguiente cuestionario marcando con una X en los casilleros en función a la actividad realizada

Indicador	Puntaje
No lo se	1
Lo sé un poco	2
Lo sé bien	3
Soy capaz de explicarlo	4

Indicadores	1	2	3	4
Reconozco los componentes de una solución acuosa.				
Puedo preparar diferentes soluciones acuosas según las concentraciones que me pidan.				
Puedo nombrar y escribir el nombre químico y la fórmula química de los solutos reconocidos en las actividades realizadas.				
Puedo representar mediante modelo molecular corpuscular una solución acuosa de los solutos reconocidos en las actividades realizadas.				

Tarea: Con tu equipo de trabajo investiga ¿Cómo hacer un cristal? Trae tu propuesta el lunes 26 de septiembre.

Anexo 6. Vamos al laboratorio de química

¡¡¡Vamos al laboratorio de química!!!

Objetivos de aprendizaje:

- Reconocer los espacios del laboratorio de química y la dotación de instrumentos y materiales.
- Abordar las normativas de seguridad en el laboratorio y el Sistema Globalmente Armonizado SGA, e identificar los riesgos en él.

Por equipos de trabajo (máximo de 3 personas) responder las siguientes preguntas:

1. En la siguiente imagen identifique comportamientos seguros e inseguros en el laboratorio de química. Enciérrelos en un círculo de diferente color y argumenten sus decisiones.



Imagen tomada de: <https://edu.rsc.org/resources/coshh-resource/1116.article>

2. ¿Cuáles normas de seguridad consideran ustedes que debe haber en el laboratorio de química?
3. ¿En qué situaciones estas prácticas de seguridad son útiles en casa?

Antes de preparar tu mezcla acuosa (designada en el tablero) responde las siguientes preguntas:

4. Antes de iniciar un experimento debes saber cómo disponer de los residuos producidos en tu práctica, menciona cuál será su disposición (observa la hoja de seguridad de la sustancia, para saber si es seguro descartarlo por el desagüe)
5. Identifiquen los problemas de seguridad que se pueden presentar durante la práctica, considere posibles emergencias y planifique cómo las manejará en caso de que ocurran.
6. ¿Cuáles son los resultados que espera, según la mezcla que va a preparar? (observe los datos que se le piden en el tablero)
7. Propone un método de separación de las sustancias presentes en la mezcla acuosa que preparo.

Anexo 7. Indagando los resultados de laboratorio

Experiencia Práctica

Objetivos:

- Indagar acerca de los resultados encontrados en el laboratorio
- Planificar y diseñar una práctica experimental para hacer un cristal

La siguiente **tabla 1** presenta los datos de la práctica de laboratorio realizada el miércoles 21 de septiembre, analiza con tus compañeras y compañeros la tabla y **discute** las siguientes preguntas (tiempo 15 min):

Tabla 1. Datos de la práctica de laboratorio del miércoles 21 de septiembre de 2022.

Grupo	Solutos Cloruro de sodio - sólido		Solvente Agua líquida		Temperatura	Clase de mezcla ¿homogénea o heterogénea?	Cantidad de mezcla	Tipo de solución acuosa (saturada o insaturada)	Sistema globalmente armonizado SGA
	Formulación química	Cantidad	Formulación química	Cantidad					
	Solubilidad del NaCl _(ac) S _{NaCl} = 35,9g/100mL								
1	NaCl	1 g	H ₂ O	100 g	28 °C	Homogénea	101 g	Insaturada	 Corrosión
2	NaCl	5 g	H ₂ O	100 g	19 °C	Homogénea	105 g	Insaturada	 peligroso para el medio ambiente
3	NaCl	10 g	H ₂ O	100 g	22 °C	Homogénea	110 g	Insaturada	 Irritante
4	NaCl	15 g	H ₂ O	100 g	21,5 °C	Homogénea	104,9 g	Insaturada	 Gas comprimido
5	NaH	20 g	H ₂ O	100 g	29 °C	Homogénea	120 g	Insaturada	 tóxico
6	NaCl	25 g	H ₂ O	100 g	22 °C	Heterogénea	125 g	Saturada	 Peligro para la salud
7	NaCl	30 g	H ₂ O	100 g	18 °C	Homogénea	130 g	Insaturada	 Explosivo
8	NaCl	35 g	H ₂ O	100 g	22 °C	Heterogénea	75,4 g	Saturada	 Inflamable
9	NaCl	40 g	H ₂ O	100 g	21 °C	Heterogénea	140 g	sobresaturada	 Oxidante

Discute con tus compañeros las siguientes preguntas:

- Analiza los datos de cada columna ¿harías algún cambio?
- ¿Por qué en la tabla 1 se presentan mezclas homogéneas y heterogéneas?
- ¿Se puede determinar la concentración de todas las mezclas? Si_ No_ ¿Por qué?
- ¿Por qué el cloruro de sodio sólido NaCl_(s) se disuelve en agua H₂O_(l)?
- ¿Cómo clasificarías la mezcla acuosa de cloruro de sodio y agua [NaCl_(ac)] según el Sistema globalmente armonizado SGA?
- ¿Cómo separarías las sustancias compuestas de tu mezcla acuosa?

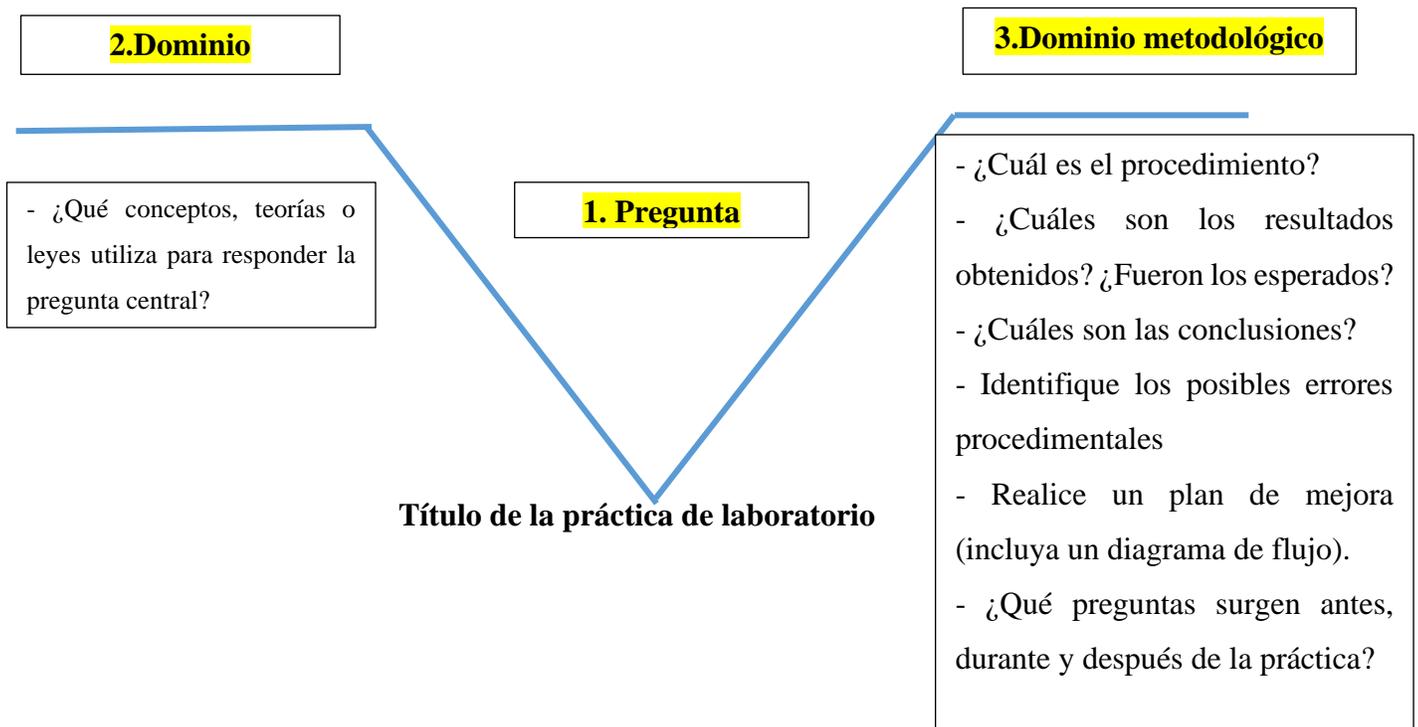
Anexo 8. V de Gowin – Evaluación

 UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA Facultad de Educación	LE CONCEJO DE MEDELLÍN		
	Proyecto de investigación: <i>Estrategia pedagógica sobre mezclas acuosas con un enfoque de química verde y sustentable para favorecer el aprendizaje significativo crítico en estudiantes de grado once.</i>		
Docente en formación: Laura Maria Corrales Franco	Área: Ciencias Naturales y Educación Ambiental		
Asignatura: química	Grado: 11	Grupo: 2	Fecha:

¿Cómo se hace una V de Gowin?

Para elaborar una V de Gowin es importante primero reconocer su estructura (figura 1), ten presente que el **primer paso** es resolver el centro, es decir, plantear la pregunta de la investigación, ya que esto determinará y guiará el trabajo de investigación, lo que queremos saber (dominio conceptual) y hacer (dominio metodológico). **El segundo paso**, es pensar en aquellos conceptos necesarios para resolver la pregunta central. También, los conceptos o conocimientos que tuvo en cuenta para el diseño de su práctica de laboratorio (la recrystalización). **El tercer paso** es plantear la metodología, organizar los datos, las observaciones realizadas y los resultados. También, las conclusiones a las cuales llegaron, el nuevo conocimiento adquirido, los errores procedimentales llevados a cabo y el plan de mejora con relación a como se haría nuevamente la práctica. Por último, plantee algunas preguntas que surgieron, antes, durante o después de la práctica.

Figura 1. Estructura de la V de Gowin



RÚBRICA PARA EVALUAR LA V DE GOWIN

Autores de la V de Gowin:

Fecha de revisión:

Instrucción:

- Lea atentamente los criterios de evaluación.
- En la última casilla **colocar su calificación** de acuerdo con la V DE GOWIN, observe que cada ítem tiene unos puntos, sume estos puntos y ponga el total de estos puntos en su autoevaluación.

CRITERIOS	SATISFACTORIO	REGULAR	POR MEJORAR	VALORACIÓN DE LA V DE GOWIN POR EL GRUPO (ATUOEVALUACIÓN)	VALORACIÓN DE LA V DE GOWIN POR EL DOCENTE
CONTIENE TODOS LOS ELEMENTOS SOLICITADOS	Se diferencian claramente los 4 elementos: –Tema de estudio o título –Pregunta central –Dominio conceptual –Dominio metodológico (1 punto)	Se diferencian tres de los 4 elementos solicitados. (0.5 puntos)	No hay diferencia. Se requiere la diferenciación de los 4 elementos con su respectivo subtítulo (0 puntos)		
PREGUNTA CENTRAL	Se incluye una pregunta central que tiene relación con el dominio conceptual y metodológico (1 punto)	Se incluye una pregunta, pero solo tiene relación con un solo dominio (0.5 puntos)	No se incluye pregunta (0 puntos)		

<p>DOMINIO CONCEPTUAL</p>	<p>Se identifica de manera clara los conceptos o teorías o leyes relacionados con el tema expuesto y se explican de forma clara.</p> <p>(1 punto)</p>	<p>Los conceptos solo se mencionan y no están desarrollados.</p> <p>(0.5 puntos)</p>	<p>No se incluyen conceptos, teorías o leyes.</p> <p>(0 puntos)</p>		
<p>DOMINIO METODOLÓGICO</p>	<p>Se identifica de manera clara los procedimientos llevados a cabo, las observaciones, los resultados, los errores y el plan de mejora de la práctica de laboratorio y se detallan las preguntas.</p> <p>(1 punto)</p>	<p>La metodología se encuentra incompleta.</p> <p>(0.5 puntos)</p>	<p>No se incluye la metodología</p> <p>(0 puntos)</p>		
<p>CONCLUSIONES</p>	<p>Se identifica claramente las conclusiones</p> <p>(1 punto)</p>	<p>Las conclusiones no tienen relación con el tema</p> <p>(0.5 puntos)</p>	<p>No se incluyen conclusiones</p> <p>(0 puntos)</p>		

OBSERVACIONES:

Calificación:

Anexo 9. Lecturas sobre contaminación hídrica

Fuente: <https://www.elespectador.com/ciencia/la-orina-y-otros-contaminantes-emergentes-article-695269/#:~:text=La%20orina%20y%20otros%20contaminantes%20emergentes%20Los%20residuos,de%20esta%20categor%C3%ADa%20que%20preocupa%20a%20los%20cient%C3%ADficos.>

24 may 2017 - 9:58 a. m. Carlos Urrego Zuluaga

La orina y otros contaminantes emergentes

¿Y qué pensaría si esa ‘agüita amarilla’ de la que hablan los Toreros Muertos afectara las fuentes hídricas, los suelos, los animales y la salud de los seres humanos?, la forma en la que se trata el agua en países como Colombia nunca tuvo en cuenta lo que se conoce hoy en día como contaminantes emergentes, por ejemplo, los residuos de antibióticos que expulsamos y que terminan en el medio ambiente.

Elementos que están en el champú o en productos de higiene y limpieza, los minerales con los que se hacen los celulares y tabletas de última generación, plaguicidas, herbicidas, entre otros, también hacen parte de esta categoría.

La orina cargada de medicamentos que no logran ser eliminados por los procesos de filtración o decantación en las plantas de tratamiento terminan en los suelos, en el aire y allí las bacterias se adaptan, lo que hace que los antibióticos tengan menor efectividad; incluso hace cerca de dos meses la Organización Mundial de la Salud (OMS) publicó una lista de 12 ‘super bacterias’.

“Es un tema que tiene muy poca publicidad, y es bastante serio. Estamos haciendo un estudio con colegas de España y la Universidad de Antioquia y hemos encontrado en aguas residuales bacterias resistentes a antibióticos betalactámicos como las cefalosporinas, es decir, en Colombia están”, explicó el tumaqueño Ricardo Antonio Torres, posdoctor en Química e Ingeniería Ambiental y docente de la Universidad de Antioquia.

El Grupo de Investigación en Remediación Ambiental y Biocatálisis -Girab- de la Universidad de Antioquia, dirigido por Torres, ha encontrado estos microorganismos en aguas que vienen de hospitales de ciudades como Medellín, Bogotá y Tumaco en Nariño; de igual forma Milton Rosero Moreno, presidente del Comité Organizador del XII Simposio Latinoamericano de Química Analítica y Ambiental y profesor de la Universidad de Caldas comenta que

elementos como el **triclosán** – que fue prohibido en la Unión Europea en el 2016 para uso en productos de higiene – están en el medio ambiente y pueden generar “problemas como los disruptores endocrinos (...) sabemos que están en fuentes hídricas que terminan afectando al ser humano y a los animales”.

Para poder entender qué ocurre con los contaminantes emergentes es necesario desarrollar métodos que puedan identificarlos en las muestras que analizan los científicos. En general se usan equipos parecidos a los del anti-doping deportivo.

Renato Zanella, presidente de la Red para el Análisis de la Calidad Ambiental en América Latina (Racal), doctor en química analítica, explica que algunos países latinoamericanos conocen esta situación y por tal motivo han aplicado análisis más rigurosos a los productos que exportan como la leche o carne, allí se debe cumplir con estándares internacionales sobre niveles de plaguicidas, herbicidas, medicamentos utilizados, entre otros.

Racal actualmente desarrolla proyectos de análisis en alimentos de producción orgánica, algunos tipos de frutas y verduras, en los cuales la interacción consumidor-vendedor se basa en la confianza, “de 20 productores, uno o dos en la noche aplica un plaguicida y la única forma de saberlo es con monitoreo”, dijo Zanella.

Aunque para los productos que se exportan los controles son cada vez más, en el mercado interno la situación es distinta. Según Zanella no se realiza un monitoreo suficiente, la industria de plaguicidas y herbicidas tiene un gran músculo financiero por lo que estos elementos se utilizan en mayor cantidad y con más frecuencia.

Esta situación genera otro círculo vicioso, el uso indiscriminado de plaguicidas hace que las bacterias sean resistentes, lo que genera una necesidad de aumentar la cantidad de herbicida o de cambiar por uno más fuerte, lo que aumenta dramáticamente el riesgo de contaminar los suelos, alimentos y animales que finalmente el ser humano utilizará. “Hay que hacer más presión por parte de la comunidad, lo que pasa es que la gran mayoría no conoce este tipo de situaciones”, dijo Zanella.

Entre los contaminantes emergentes también se encuentran elementos como el tantalio, niobio, galio o coltán, comunes desde los años 90 en los

nocivos o no para el medio, se han convertido en un nuevo punto de estudio para los científicos.

“Su uso lleva a que finalmente los encontraremos en el agua, en la comida. No podemos decir ahora ‘oh, nos vamos a morir por el tantalio’, no. Estamos en una fase en la que debemos adquirir conocimientos sobre sus posibles efectos. No tenemos cómo analizarlos y estamos desarrollando dichos métodos”, dijo la docente de la Universidad de Ginebra (Suiza), Monserrat Filella.

Estos minerales vienen en su mayoría de minas de China o de la República Democrática del Congo, por tal motivo, hoy por hoy la comunidad internacional está interesada en asegurar su provisión, un tema netamente geopolítico pero que los expertos han utilizado para solicitar recursos para investigar los posibles efectos de su uso.

Las soluciones

En el XII Simposio Latinoamericano de Química Analítica y Ambiental que se realizó en Manizales y congregó cerca de 200 asistentes de varios países a inicios de este mes, se analizaron varias alternativas para desarrollar métodos químicos con el fin de mitigar los contaminantes emergentes y recuperar zonas afectadas por la minería ilegal, la producción petrolera, erosión, entre otras.

Una de éstas fue la que presentó Ricardo Antonio Torres de la Universidad de Antioquia. El método se basa en la ruptura de moléculas de agua (H_2O) o de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) para generar el radical hidroxilo $\cdot OH$, una especie química inestable y altamente reactiva que tiene una vida muy corta (algunos nanosegundos) mediante la acción de la luz ultravioleta, ultrasonido o electricidad. Ellos utilizaron la oxidación electroquímica del agua, lo que genera (con la ayuda de algunas gotas de limón) este radical libre que es más oxidante que el cloro o que el ozono.

“Le permite destruir cualquier tipo de elemento y bacterias, nos interesa porque tenemos contaminación química y biológica que viene de empresas, fármacos, hospitales, nuestras orinas y las bacterias que nos generan enfermedades. Este método puede atacar ambos”, explicó el científico. Espera iniciar un modelo piloto en plantas de tratamiento de varias ciudades del país.

Otra de las alternativas, que de paso ‘mata dos pájaros de un solo tiro’ porque no solo le da un nuevo uso a la orina sino que disminuye la

contaminación vehicular, fue la del profesor de la Universidad de Nariño, Juan José Lozada Castro, doctor en química analítica, quien presentó en su Ford Mercury modelo 1978 con un motor de 3.300 centímetros cúbicos a Mioil, un reactor que convierte la orina en combustible.

Durante dos años ha trabajado en un reactor que toma este desecho humano o animal y lo convierte en combustible limpio; esto gracias a la electrolisis, que en palabras sencillas es dividir los elementos gracias a una corriente eléctrica continua para obtener hidrógeno. Inicialmente oxidan los elementos que no necesitan como la urea, el ácido nítrico, la creatinina, entre otros. El resultado es hidrógeno de una pureza de hasta el 92%.

“El hidrógeno es aproximadamente 3 veces más energético que la gasolina. Ya lo tenemos funcionando en un carro de prueba, vinimos desde Pasto con él hasta acá a Manizales y no tuvimos ningún problema”, dijo Lozada Castro.

Mientras que en un proceso de combustión normal se genera óxido de carbono, este produce vapor de agua, lo que reduce de manera drástica los niveles de contaminación. Incluso empezará un modelo piloto en un colegio de Cali para utilizar los desechos que allí se producen como fuente de energía dentro de la institución.

Aunque en general los científicos aseguraron que la normatividad en Colombia ha cambiado lentamente en pro de enfocarse en estas problemáticas, aún está lejos de convertirse en un tema importante para la opinión pública. Aún más en un país en posacuerdo que debe recuperar sus fuentes hídricas y suelos para construir la sostenibilidad social.

Fuente: <https://www.metropol.gov.co/Paginas/Noticias/el-rio-aburra-medellin-del-olvido-a-un-cuerpo-vivo-fundamental-para-nuestro-valle.aspx>

La domesticación del Río Aburrá - Medellín

El Río Aburrá-Medellín, que atraviesa toda el área metropolitana y que nace en el Alto de San Miguel en el municipio de Caldas, desembocando en el Río Grande, no es una fuente de abastecimiento para los 10 municipios que recorre, por la carga de contaminación que aún tiene, es más bien una corriente natural que salta a la vista cuando sube su cauce, cuando cambia de color o cuando arrastra electrodomésticos y muebles viejos ya sin dueño.

Antes de que el río se convirtiera en el eje central de la que sería la gran metrópoli, hoy la segunda zona más poblada de Colombia, fue el escenario de mujeres lavanderas, de mineros artesanales, campesinos, pescadores, de bañistas y de pequeñas balsas, fue un espacio de socialización y de sustento para muchos de sus habitantes aledaños. Pero, cuando se apostó por hacer de Medellín una ciudad industrial, se hizo necesario **dominar el río** para evitar que este afectara a las nacientes edificaciones.

Según narra Preciado en su libro, la idea de canalizar o rectificar el río, respondía también a un contexto regional y mundial, ya que entre el siglo XIX y la primera mitad del siglo XX esta era la tendencia: "(...) la domesticación de los ríos se concibió como una condición necesaria para su incorporación a las ciudades, mediante el empleo de conocimientos de ingeniería".

Pero, este proceso no fue fácil para Medellín, pese al optimismo de la clase dirigente y la élite del momento, estas obras se enfrentaron con lo que Preciado llama tres factores de resistencia: "Las dinámicas propias del río y el régimen de lluvias, las divergencias entre los conceptos de los ingenieros sobre dónde y cómo canalizar, y los pleitos e indemnizaciones que debió enfrentar el municipio por los daños causados en propiedades ribereñas".

Pese a esto, el proceso siguió y se logró la construcción de carreteras, avenidas y del metro, en un amplio tramo de las orillas del río y aunque en algunas zonas no se logró domesticar del todo, la urbe se construyó y el río Aburrá-Medellín pasó a un segundo plano, así como los usos que

inicialmente se le daban a este, que se fueron extinguiendo con el paso del tiempo, entre ellos se descartó la idea de que se convirtiera en una fuente de abastecimiento hídrico para la ciudad.

"Esta mutación de los años cuarenta hizo que el río fuera el eje de circulación vial y de ordenamiento urbano de la ciudad, así como uno de los principales núcleos industriales del Valle de Aburrá, desplazando a la quebrada Santa Elena, eje configurador de la ciudad colonial. Una consecuencia directa de esta transición fue la contaminación del río, como pudo apreciarse en 1931 cuando se descartó la posibilidad de usarlo como fuente de suministro hídrico para la ciudad. El vertimiento de residuos industriales y domésticos, agravado por el crecimiento urbano y demográfico y el aumento de la actividad fabril en la zona, convirtieron a la principal corriente de agua del Valle de Aburrá en una cloaca", señala Preciado en su publicación.

¿Por qué cuidar lo que no consumimos?

Como vimos anteriormente nuestro río no es una fuente de abastecimiento para el Valle de Aburrá, ya que la mayor parte del agua que consumimos viene de territorios aledaños y viaja cientos de kilómetros por complejas redes de tubería hasta nuestros hogares. En este sentido, podríamos preguntarnos ¿para qué cuidar el río si no nos sirve para consumo ni para bañarnos en él?, ¿por qué no le podemos echar desechos industriales ni electrodomésticos ni basuras si al fin de cuentas el río parece ser de todos y de nadie a la vez?, **¡porque el río es un cuerpo vivo!**, a su alrededor, aunque ya no tan vigoroso, hay un ecosistema, hay seres vivos que pese a la contaminación hacen del río su hogar y porque aguas abajo hay otros municipios, otros habitantes que reciben las aguas que por aquí pasan.

"No solo es pensar en los antropocentrismos, sino también en que hay animalitos. A quién no le gusta ver pajaritos, pececitos, o animales al rededor del río, eso es muy bonito. Cuando hay mortandad de peces se debe a que las condiciones de oxígeno bajan, los pececitos respiran oxígeno debajo del agua y si hay poquito oxígeno no pueden vivir. Además, estamos en la cuenca del río Cauca y aguas abajo hay gente, muchas personas. No solo el agua es importante para tomar", aclara el ingeniero Camilo Duque Duque, integrante de la Unidad de Gestión Ambiental del AMVA.

Los estudios que se han hecho le han permitido al AMVA consolidar información útil para los municipios, con el fin de que puedan tomar medidas acertadas según las dinámicas del río, para la planeación de sus territorios, por ejemplo: como no otorgar permisos de construcción en zonas de riesgo alto. También, la Entidad busca que esta apropiación involucre un interés de inversión económica para cubrir los \$115.000 millones del costo restante de las intervenciones que faltan por hacer.

“El río es un cuerpo vivo, que hoy está corriendo por acá, mañana puede correr por allá, o sea que en cualquier momento se puede meter en un edificio que se haya construido a menos de 30 metros de distancia. Eso es parte de la sensibilización que le hacemos a los municipios. En cuanto a los estudios, ya firmamos un contrato con la Universidad Nacional por \$ 2.239 millones para definir qué riesgos y amenazas por inundación haya en la zona sur del Valle de Aburrá. Pero, sí es clara la necesidad de que cada municipio se apersona de la parte del Río que pasa por su territorio para así lograr un trabajo mancomunado sobre el principal recurso hídrico que tenemos”, concluye Gil.

Después de estudiar y recorrer el río por más de 17 años, los profesionales del AMVA en conjunto con las universidades que la han acompañado indican que la idea no es seguir canalizando el río, sino antes bien hacerles seguimiento a los vertimientos de desechos industriales, de construcción y al impacto que generan las extracciones mineras a la orilla del río, así como continuar con los mantenimientos a la zona ya canalizada.

Evitar construir cerca a la orilla; buscar la conexión a las redes de acueducto y alcantarillado cuando se hagan construcciones para uso residencial y comercial; abstenerse de botar basura, escombros y electrodomésticos a las fuentes hídricas y optar por alternativas para el depósito adecuado de estos desechos; así como visitar Parques del Río para conectarse con el sonido y su memoria, es caminar hacia un #FuturoSostenible, en el que nuestro Río también sea protagonista.

Fuente: <https://www.radionacional.co/actualidad/medio-ambiente/la-moda-actual-un-traje-poco-recomendable-para-el-medio-ambiente>

Miércoles, 29 Junio , 2022 - 17:55

Los efectos de la ‘moda rápida’ en el medio ambiente, la economía y el consumismo

La ropa con la que nos vestimos todos los días se fabrica de una forma tan poco sustentable, que es la segunda industria más contaminante en todo el mundo, después del petróleo, esto lo señala la Conferencia de la Organización de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (CNUCYD), una realidad de la que se ha venido hablando en los últimos años con la llegada de SHEIN como una de las marcas que revolucionó este mercado.

La industria de la moda maneja cuatro modelos de producción, sin embargo, los más famosos son los de alta costura, los cuales demoran hasta seis meses para crear una colección; y los de fast fashion o moda rápida, que ha sido una revolución para la moda ya que logró acortar esos seis meses en dos semanas por promedio, logrando aventajarse en la venta de prendas “oportunistas”, aquellas que siguen las tendencias del momento.

La popularidad de este comercio comenzó a crecer en ventas entre los años 2000 y 2015, según la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (UNECE), la cual afirma que un 40% de las prendas compradas en todo el mundo no llegan a utilizarse nunca. Un dato alarmante, teniendo en cuenta que, en estos 15 años, se duplicó la producción de prendas en todo el mundo, pasando de 50 mil a 100 mil millones en promedio.

El fast fashion se basa en ganancias financieras a corto plazo, pero esto ha traído varias consecuencias como la creación de colecciones de ropa y accesorios a niveles descomunales de acuerdo a las tendencias, la sobreproducción que baja los precios, el consumismo que genera grandes cantidades de desechos y la explotación de mano de obra barata con condiciones de trabajo inhumanas.

El fenómeno SHEIN

Lo primero que hay que entender es el fenómeno producido por SHEIN, una empresa creada en Nanjing, China, que al inicio pasó desapercibida; sin embargo, desde hace unos

años comenzó a llamar la atención de todo el mundo al ser la única empresa que lograba elaborar más de 500 modelos diferentes de prendas al día. De allí se deriva el problema real, ya que, con la llegada de la pandemia, las ventas en internet llegaron a su pico más alto y SHEIN no desaprovechó esta oportunidad.

Sus variadas campañas de cupones, envíos gratis y regalos para influenciadores dieron su fruto y comenzó a rebasar en ventas a marcas posicionadas, haciendo que estas empezaran a plantearse la idea de retirarse lentamente de este mercado. De esta manera el fenómeno SHEIN se hizo realidad, con millones de compradores de todo el mundo y con una mínima competencia, que en realidad solo buscaba sobrevivir a su impacto.

La contaminación de la moda rápida

La Organización de las Naciones Unidas (ONU) estima que la industria de la moda es responsable de entre un 2% y un 8% de las emisiones de efecto invernadero, pero no solo la atmósfera se ve dañada: un 9% de los plásticos empleados para hacer prendas de vestir acaban en los océanos, y 215 trillones de litros de agua son utilizados al año para cumplir con la alta demanda de todos los que quieren comprar este tipo de prendas.

Sin embargo, el problema no radica solo en la forma de producción, sino también en el consumismo, ya que las personas no están comprando para cubrir una necesidad, sino que han desarrollado una necesidad por comprar. De esto se han aprovechado las grandes marcas, quienes han decidido crear miles de colecciones cada mes para generarles a sus compradores la necesidad de estar a la moda cada semana y así obtener grandes ventas.

Ropa barata = Mano de obra barata

Según los datos de Eurostat hasta 2020, la ropa consumida en el mundo proviene principalmente de China, Bangladesh y Turquía, países con la mano de obra más barata del mundo. Este fenómeno se produce porque allí

no hay un control sobre las empresas extranjeras, mientras el dinero entra al país no se vigilan las problemáticas que este conlleva. Por ejemplo, muchos de los trabajadores de estas fábricas laboran más de 10 horas al día e incluso, aunque su horario no esté establecido, se quedan porque les pagan por hora, unos 2 dólares como mucho.

En este tipo de industrias su mano de obra se suele consolidar por mujeres o niños que tienen la necesidad de trabajar para no morir de hambre, por lo que no luchan por sus derechos y se permiten continuar ante las situaciones tan precarias en las que trabajan.

¿La solución?

Desde el 2021 se creó la Alianza de las Naciones Unidas para la Moda Sostenible como una iniciativa de los organismos de las Naciones Unidas y organizaciones aliadas, diseñada para apoyar las políticas de moda sostenible en todos los países y regular las emisiones negativas en varios aspectos que conlleva esta industria en el mundo. Por otro lado, las tiendas de segunda mano se han convertido en un fuerte aliado porque, a pesar de que ya existían, son una nueva alternativa con dos puntos a su favor: precios bajos y sostenibilidad.

Por el momento, varias empresas han escuchado las quejas entorno a la contaminación que han generado y han optado por crear prendas que consuman mucha menos agua, telas que no necesiten de un gran proceso industrial y la reutilización de retazos de telas sobrantes para la creación de nuevos productos.

Sin embargo, la responsabilidad para disminuir el impacto de esta industria en el mundo no recae solo en las empresas que buscan generar ganancias para ellos mismos, sino también en los compradores, quienes compran por mantenerse a la moda, dejan de lado la conciencia ambiental y quedan atrapados en la cultura consumista.

Sin embargo, los jóvenes ya pueden empezar a dar sus primeros pasos hacia un armario más sostenible: evitar caer en la trampa de comprar en exceso es un buen comienzo, pero si de verdad es necesario, las tiendas de segunda mano ofrecen una alternativa que alarga la vida de las prendas que ya están en el ciclo. Por último, evitar materiales puramente sintéticos no solo ayuda a encontrar prendas más biodegradables, sino que también ayudará a que estas tengan mayor vida útil.

Anexo 10. Consentimiento informado

Consentimiento informado, padres o acudientes



Institución Educativa



Concejo de Medellín NIT: 811 034 110 - 0

Consentimiento para la participación en sesiones, actividades y uso de producción textual de estudiantes del grupo once-dos, durante algunas clases de química, en el marco de trabajo de grado *Estrategia pedagógica sobre mezclas acuosas con un enfoque de química verde y sustentable para favorecer el aprendizaje significativo crítico en estudiantes de grado once* del pregrado de Química, con énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Facultad de Educación y Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Antioquia.

De conformidad con lo previsto en la Ley 1581 de 2012 “Por la cual se dictan disposiciones generales para la protección de datos personales” y el Decreto 1377 de 2013 que la reglamenta parcialmente, manifiesto que otorgo mi autorización expresa y clara a la facultad de Educación, y Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Antioquia, para el tratamiento y uso de mis datos personales en el siguiente formato de consentimiento informado.

Lo invitamos a que lea detenidamente el consentimiento informado, y si está de acuerdo con su contenido exprese su aprobación firmando al final de este documento:

Yo

_____ identificado con cédula _____ doy mi consentimiento como madre/padre o acudiente, para que los registros del proceso formativo en el área de Química, obtenidos en los procesos de formación de mi hija(o) _____ de la I. E. Concejo de Medellín **puedan ser utilizados solo con propósitos pedagógicos y didácticos**, en el desarrollo del proyecto: *Estrategia pedagógica sobre mezclas acuosas con un enfoque de química verde y sustentable para favorecer el aprendizaje significativo crítico en estudiantes de grado once*, propuesto por la estudiante Laura María Corrales Franco con CC. 1039459424, el cual se llevará a cabo durante el semestre 2022-2, dentro de las clases de química, la sala de sistemas y el laboratorio de química de la institución.

Como madre/padre de familia o acudiente entiendo que durante el proceso de formación e investigación los registros del proceso formativo de mi hijo o hija en el área de química pueden ser: Grabados – audio y video- o fotografiados como parte de su proceso de enseñanza por parte de la docente en formación Laura María Corrales Franco, la cual **garantizará la confidencialidad y el anonimato** según lo estipulado en la Ley 1581 de 2012 y su decreto reglamentario 1377 de 2013

Entiendo que firmando esta autorización estoy autorizando la divulgación de las imágenes, los datos y resultados relacionados con las actividades académicas de mi hija(o) en el marco de la investigación: *Estrategia pedagógica sobre mezclas acuosas con un enfoque de química verde y sustentable para favorecer el aprendizaje significativo crítico en estudiantes de grado once con fines estrictamente académicos.*

En constancia, manifiesto que he leído y entendido el presente documento.

Nombre, firma y cedula de la madre/padre de familia o acudiente:

Fecha:

Nombre, firma y tarjeta de identidad del estudiante:

Fecha: