

**CARACTERIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DISPERSOS DESDE UNA PERSPECTIVA  
FENOMENOLÓGICA**

**Vyany Alejandra Pinzón Franco**

**Asesores:**

**José Francisco Malagón Sánchez**

**Sandra Sandoval Osorio**

**Línea de investigación:**

**Enseñanza de las ciencias desde una perspectiva fenomenológica**

**Grupo de investigación:**

**Grupo de estudios histórico-críticos y enseñanza de las Ciencias**

**Universidad Pedagógica Nacional**

**Facultad de Ciencia y Tecnología**

**Departamento de Física**

**Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales**

**Bogotá, D.C. 2020**

## **AGRADECIMIENTOS**

*A mi madre, a quien dedico cada uno de mis sueños y mis triunfos, quien ha sido mi apoyo, mi fuerza y mi inspiración. A mi padre y a mi hermana, quienes me motivan con sus palabras y sus sonrisas. A mi gran amor, quien me ha apoyado desde siempre y este trabajo no fue la excepción. A mis asesores, Sandra Sandoval y Francisco Malagón quienes se convirtieron en un modelo a seguir de compromiso y éxito. A la maestría, que transformó mis días en el aula y María José, quien es mi más preciada luz para cumplir mis metas.*

“Para todos los efectos, declaro que el presente trabajo es original y de mi total autoría: en aquellos casos en los cuales he requerido del trabajo de otros autores o investigadores, he dado los respectivos créditos”.

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN AL DOCUMENTO.....	6
CONTEXTO PROBLEMÁTICO: LAS REPRESENTACIONES Y CONCEPTOS PARA LA ENSEÑANZA DE LOS SISTEMAS DISPERSOS .....	8
INTRODUCCIÓN: EL RETO DE ASUMIR LA ENSEÑANZA DE LOS SISTEMAS DISPERSOS .....	8
DEFINICIÓN DE LA PROBLEMÁTICA: LA COMPRENSIÓN DE LA COMBINACIÓN DE LAS SUSTANCIAS .....	10
PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN .....	14
OBJETIVOS .....	14
JUSTIFICACIÓN .....	15
UNA MIRADA HISTÓRICA A LA COMPRENSIÓN DE LAS MEZCLAS .....	18
EL ORO, MÁS QUE UN METAL PRECIOSO, UN COLOIDE .....	19
COMBINACIÓN Y SEPARACIÓN EN LOS SISTEMAS DISPERSOS.....	24
NUEVAS PROPIEDADES ÓPTICAS DE LOS COLOIDES .....	28
UN ANÁLISIS EXPERIMENTAL A PARTIR DE LA HISTORICIDAD DE LOS COLOIDES .....	38
LA ENSEÑANZA DE LAS MEZCLAS EN EL AULA DESDE UNA PERSPECTIVA FENOMENOLÓGICA .....	60
LA COMPRENSIÓN DE LA INTERACCIÓN DE LAS SUSTANCIAS EN LOS SISTEMAS DISPERSOS DESDE UNA PERSPECTIVA FENOMENOLÓGICA .....	62
EL PAPEL DEL LENGUAJE EN LA COMPRENSIÓN DE LA SOLUBILIDAD COMO FENÓMENO DE ESTUDIO.....	68
EL PAPEL DE LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL EN LA CONSTRUCCIÓN DEL FENÓMENO DE LA SOLUBILIDAD .....	71
CONSTRUCCIÓN DE EXPLICACIONES DEL FENÓMENO DE LA SOLUBILIDAD.....	73
PROPUESTA DE AULA: EXPERIENCIA, DIÁLOGOS Y MEZCLAS .....	79
FASES PARA LA CONSOLIDACIÓN DE LA PROPUESTA DE AULA.....	79
DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA.....	80
MIRADAS Y DIÁLOGOS SOBRE MEZCLAS.....	93
CONSIDERACIONES FINALES.....	102
ACTIVIDAD EXPERIMENTAL, CRITERIOS DE DIFERENCIACIÓN Y ORGANIZACIÓN EN EL ESTUDIO DE LAS MEZCLAS .....	103
EL PAPEL DE LA TEORIZACIÓN VS EL PAPEL DE LA EXPERIENCIA EN LA COMPRENSIÓN DEL FENÓMENO DE LA SOLUBILIDAD .....	104
LA EVALUACIÓN DE LOS PROPÓSITOS DE LA PROPUESTA.....	106
TRABAJOS CITADOS.....	107

## LISTA DE TABLAS

TABLA 1. DBA CIENCIAS NATURALES GRADO 6° Y 9°. TOMADO DE MEN (2016) .....	11
TABLA 2. MUESTRAS EMPLEADAS PARA EL ANÁLISIS EXPERIMENTAL.....	39
TABLA 3. COMPARACIÓN DE RESULTADOS DEL ENSAYO DE TURBIDEZ. ....	40
TABLA 4. COMPARACIÓN DE RESULTADO DEL ENSAYO DE VISCOSIDAD.....	42
TABLA 5. COMPARACIÓN DE RESULTADOS ENSAYO FORMACIÓN DE FASES POR AGITACIÓN (CONCENTRACIÓN AL 3,33%) .....	43
TABLA 6. COMPARACIÓN DE RESULTADOS ENSAYO FORMACIÓN DE FASES POR AGITACIÓN (CONCENTRACIÓN AL 50%) .....	44
TABLA 7. COMPARACIÓN DE RESULTADOS ENSAYO FORMACIÓN DE FASES POR AGITACIÓN (CONCENTRACIÓN AL 50%) .....	45
TABLA 8. COMPARACIÓN DE RESULTADOS ENSAYO FORMACIÓN DE FASES EN REPOSO (CONCENTRACIÓN AL 3,33%) .....	46
TABLA 9. COMPARACIÓN DE RESULTADOS ENSAYO FORMACIÓN DE FASES EN REPOSO (CONCENTRACIÓN AL 50%) .....	47
TABLA 10. COMPARACIÓN DE RESULTADOS ENSAYO FORMACIÓN DE FASES EN REPOSO (CONCENTRACIÓN AL 100%) .....	48
TABLA 11. COMPARACIÓN DE RESULTADOS ENSAYO VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA (CONCENTRACIÓN AL 3,33%).....	49
TABLA 12. COMPARACIÓN DE RESULTADOS ENSAYO VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA (CONCENTRACIÓN AL 50%).....	50
TABLA 13. COMPARACIÓN DE RESULTADOS ENSAYO VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA (CONCENTRACIÓN AL 100%).....	51
TABLA 14. COMPARACIÓN DE RESULTADOS ENSAYO INTERACCIÓN LUZ BLANCA-MEZCLAS (CONCENTRACIÓN AL 3,33%) .....	53
TABLA 15. COMPARACIÓN DE RESULTADOS ENSAYO INTERACCIÓN LUZ LÁSER-MEZCLAS (CONCENTRACIÓN AL 3,33%) .....	54
TABLA 16. MOMENTOS DEFINIDOS PARA EL DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....	79
TABLA 17. OBSERVACIONES ESCRITAS PARA LA SECCIÓN 1.....	95
TABLA 18. ASPECTOS POSITIVOS Y POR MEJORAR DESDE LAS OBSERVACIONES ESCRITAS .....	96
TABLA 19. OBSERVACIONES ESCRITAS PARA LA SECCIÓN 3.....	98
TABLA 20. OBSERVACIONES ORALES POR LOS PARTICIPANTES DE LA SOCIALIZACIÓN DE LA PROPUESTA (ASPECTOS POSITIVOS).....	99
TABLA 21. OBSERVACIONES ORALES POR LOS PARTICIPANTES DE LA SOCIALIZACIÓN DE LA PROPUESTA (ASPECTOS POR MEJORAR).....	100
TABLA 22. OBSERVACIONES ORALES POR LOS PARTICIPANTES DE LA SOCIALIZACIÓN DE LA PROPUESTA (INQUIETUDES QUE SE GENERAN).....	101

## LISTA DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1. REPRESENTACIÓN DEL TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS DE LA FASE DISPERSA. TOMADA DE GOOGLE IMÁGENES: ARVENSIS ( <a href="https://www.arvensis.com/blog/aclaracion-de-conceptos-coloide-suspension-flow-y-gel/">HTTPS://WWW.ARVENSIS.COM/BLOG/ACLARACION-DE-CONCEPTOS-COLOIDE-SUSPENSION-FLOW-Y-GEL/</a> ) .....	16
ILUSTRACIÓN 2. USO DE LA CINTA MÉTRICA PARA DIFERENCIAR EL TAMAÑO DE LAS ROCAS Y CLASIFICARLAS SEGÚN SU TAMAÑO.....	16
ILUSTRACIÓN 3. PRESTIOSA MARGARITA NOVELLA. EN EL PATIO SE REPRESENTA EL AZUFRE Y EL MERCURIO (ELEMENTOS BÁSICOS DE LA MATERIA), LAS 3 MUJERES REPRESENTAN LAS FASES DE LA OBRA: 1. PRIMAVERA BAJO EL SIGNO ARIES CON UN CUERPO EN DESCOMPOSICIÓN. 2. VERANO BAJO EL SIGNO LEO, SE UNEN ESPÍRITU Y ALMA Y 3. DICIEMBRE BAJO SAGITARIO, CUANDO EMERGE EL NUEVO CUERPO ESPIRITUAL ROJO, “EL ORO POTABLE”, ELIXIR DE LA INMORTALIDAD (SEÑALADO CON EL CÍRCULO) (IÑIGO, 2010).....	20
ILUSTRACIÓN 4. COLORES Y REPRESENTACIONES DEL ORO COLOIDAL. DE IZQUIERDA A DERECHA SE AUMENTA EL TAMAÑO LUEGO DE LA REDUCCIÓN DE ORO. ESTA IMAGEN HACE ALUSIÓN A LOS EXPERIMENTOS REALIZADOS POR FARADAY.....	23
ILUSTRACIÓN 5. DIFUSIÓN DE UN COLOIDE Y DE UNA DISOLUCIÓN EN GELATINA AL 5%, PROPIEDAD PRESENTADA POR GRAHAM Y POR OSWALD PARA EXPLICAR LA DIFUSIBILIDAD DE LAS SUSTANCIAS. ....	25
ILUSTRACIÓN 6. DISEÑO DE UN MONTAJE EXPERIMENTAL EMPLEANDO BOLSAS DE DIÁLISIS PARA DAR CUENTA DEL PASO DE LAS SUSTANCIAS A TRAVÉS DE UNA MEMBRANA. EN SU INTERIOR SE TIENE UNA MEZCLA ENTRE UNA DISOLUCIÓN Y UN COLOIDE.....	26
ILUSTRACIÓN 7. REPRESENTACIÓN TRADICIONAL DE LA ORGANIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DISPERSOS PARA EXPLICAR LA ACCIÓN DE LA LUZ (ONDAS) SOBRE EL SISTEMA (PARTÍCULAS) PROPONIENDO LO ANTERIOR COMO LA CAUSA DE LA DIFUSIÓN DE LA LUZ EN EL SISTEMA. DE IZQUIERDA A DERECHA SE PRESENTA UNA DISOLUCIÓN, UNA MEZCLA COLOIDAL DILUIDA Y UNA CONCENTRADA. EN LOS COLOIDES SE IDENTIFICA EL PASO DE LA LUZ Y LA ABSORCIÓN DE ESTA CORRESPONDIENTEMENTE.....	29
ILUSTRACIÓN 8. DISEÑO EXPERIMENTAL PROPUESTO POR TYNDALL PARA EXPLICAR EL PROCESO DE DIFUSIÓN DE LA LUZ EN EL FIRMAMENTO.....	29
ILUSTRACIÓN 9. FORMACIÓN DEL CONO TYNDALL-FARADAY POR ACCIÓN DE LA LUZ BLANCA EN UN SISTEMA COLOIDAL.....	31
ILUSTRACIÓN 10. OBSERVACIÓN DE UN COLOIDE POR ULTRAMICROSCOPIO EN AUMENTO DE 10X .....	32
ILUSTRACIÓN 11. IMAGEN OBTENIDA DE LA WEB EN LA CUAL SE PRESENTAN REPRESENTACIONES SOBRE EL PASO DE LA LUZ A TRAVÉS DE UNA DISOLUCIÓN Y DE UN COLOIDE, RECURRIENDO A ESQUEMAS DE "BOLAS" PARA REPRESENTAR LA DIFUSIÓN DE LA LUZ.....	103

## INTRODUCCIÓN AL DOCUMENTO

En la clase de ciencias se considera relevante la enseñanza de la “clasificación de la materia” como mezclas y sustancias puras para la comprensión de contenidos propios de la disciplina, para ello se recurre a definiciones y representaciones de un mundo “micro” que parece dar razón a la mayor parte de los interrogantes de la naturaleza, un mundo abstracto explicado a partir de la constitución de átomos, iones y moléculas, lo cual suscita dificultad en el estudiantado y, ocasionalmente, en el profesorado. Por ello, en el presente documento se expone el estudio de los sistemas dispersos, centrado en los coloides como una problemática en el aprendizaje de la química desde el cual es posible construir explicaciones a partir de un mundo sensible desde la experiencia que es puesto a consideración desde la formulación de interrogantes, el enriquecimiento de esta a través de la actividad experimental y la discusión con otros.

Para abordar esta postura se presenta un contexto problemático dado por *las representaciones y conceptos para la enseñanza de los sistemas dispersos* donde se propone que su enseñanza se asume como un reto en el aula pues requiere comprender la combinación de las sustancias, más allá de la replicación de esquemas presentados por los textos académicos. Por lo cual se recurre a *una mirada histórica a la comprensión de las mezclas* desde la lectura de los textos históricos originales realizados por los científicos que contribuyeron a la construcción de los coloides como un objeto de estudio, complementado desde un análisis experimental a partir de la historicidad de los coloides mediante el desarrollo de experimentos pensados en la participación en el aula.

Una vez se determina lo anterior, se propone *la enseñanza de las mezclas desde una perspectiva fenomenológica* como una necesidad construida por la revisión de los textos originales sobre la comprensión de la interacción de las sustancias en los sistemas dispersos; en la cual el lenguaje cumple un papel estructurante en la comprensión de la solubilidad como fenómeno de estudio además de la actividad experimental guiada por el docente y mediada por la revisión histórica. Para ello se construye una *propuesta de aula* que considera la importancia de la actividad experimental desde la percepción y las construcciones abstractas que surgen desde el uso de instrumentos y a su vez, desde los diálogos en el estudio de las mezclas. La cual es analizada desde las *miradas y diálogos* que exponen los participantes de la socialización de la propuesta.

## **CONTEXTO PROBLEMÁTICO: LAS REPRESENTACIONES Y CONCEPTOS PARA LA ENSEÑANZA DE LOS SISTEMAS DISPERSOS**

### **EL RETO DE ASUMIR LA ENSEÑANZA DE LOS SISTEMAS DISPERSOS**

La enseñanza de las ciencias, en las primeras dos décadas del siglo XXI en el contexto colombiano, se enfrenta a nuevos retos y desafíos frente a las nuevas dinámicas culturales que se desarrollan diariamente. La formulación de nuevas estrategias en el aula da cuenta de ello en pro de los procesos de enseñanza-aprendizaje. Por ello, se consideran las concepciones que se tengan frente a la ciencia y su enseñanza, el papel de la historia de la ciencia en la construcción de conocimiento y la organización de la experiencia en los procesos de aprendizaje de la ciencia, particularmente, en la enseñanza tradicional de las disoluciones, la cual se fundamenta en la apropiación de cálculos estequiométricos ignorando las propiedades del sistema y propiamente de la solubilidad de las sustancias y cómo ésta es un criterio que permite la diferenciación entre otros sistemas y se promueve la repetibilidad de representaciones presentadas por los libros de texto.

El presente trabajo surge como una preocupación particular en la enseñanza de las ciencias desde la formación de la autora como licenciada en química. Se ha identificado una necesidad para el estudiante y para el docente por comprender “¿cómo se clasifican las sustancias?” con ello, “¿Cómo lucen? ¿Cómo se organizan? Estos cuestionamientos parecen estar resueltos al revisar textos académicos, donde la clasificación se establece como mezclas y como sustancias puras. Este tipo de clasificación remite a esquemas estructurados por formas, letras y signos; que pasan a ser replicados en los textos, en la práctica docente y que “deben” ser adaptados por el estudiante. En la enseñanza de la química se prioriza en esta clasificación y en el estudio de las sustancias puras, que son poco comunes en el contexto del estudiante, que también deben ser comprendidas, clasificadas y organizadas bajo criterios complejos y abstractos para la población.

Por ello, se considera que la atención debe centrarse en la enseñanza de las mezclas, particularmente de los sistemas dispersos, entre los que se ubican las disoluciones y los coloides. Las cuales son comunes en los distintos contextos tanto del estudiante y del docente y bajo los cuales los planteamientos y cuestionamientos que se construyen se hacen entorno a sus propiedades.



Se considera que la concepción que se tenga de la actividad científica conlleva a la construcción de prácticas docentes y a la construcción de explicaciones a fenómenos en la enseñanza de la ciencia. Por ende, es importante precisar que, a criterio de la autora, la concepción que se tiene sobre la ciencia es de una forma de conocimiento basada en la construcción de explicaciones de la naturaleza. Bajo esta mirada, se propone que las actividades que se lleven al aula se construyan bajo un sentido coherente y justificado para los estudiantes. Lo anterior conduce a una visión de ciencia rígida y sin aplicabilidad en el contexto, cuyo lugar de ejecución es el laboratorio. Además de ello, se exige directa o indirectamente sobre el estudiante una mecanización de la idea de átomo y formación de moléculas que se dispersan en un espacio definido, dejando de lado las construcciones y las actividades que conllevan al estudiante a apropiarse de dichas ideas o de construir otras que le permitan explicar su entorno.

Además, se resalta el papel de la historia de la ciencia, no como criterio de introducción al contenido, sino como una herramienta que permite identificar las preguntas, paradigmas, técnicas y experimentos que posibilitaron la visión actual de la ciencia. Visto desde su enseñanza, se considera como una herramienta que posibilita la construcción fenomenológica. La cual modifica la imagen de ciencia que se promueve en el aula, pues da lugar a la consideración de anterioridades históricas y lógicas para la construcción de conocimiento.

Con ello, como punto de organización y definición de la propuesta de estudio, se recurre a los textos originales de científicos que realizaron aportes al campo de estudio de los sistemas dispersos, propiamente de los sistemas coloidales, en búsqueda de explicaciones construidas a partir de la actividad experimental y que fueron definidas en determinados contextos sociales para ser aprobadas y organizadas en la actividad científica. Entre ellos, se retoma el estudio de las propiedades del oro coloidal que se reflejaba desde la antigua alquimia y que orientó a un interés particular a Berzelius, Faraday y Zsigmondi en el púrpura de Cassius, para la comprensión de la organización y combinación del oro que reflejaba propiedades ópticas distintas a los sistemas conocidos por la comunidad. Así mismo, se retoman los textos de Tyndall quien propuso la dispersión de la luz que se presenta en los coloides, la cual, desde una mirada docente, busca comprender los cuestionamientos, las organizaciones conceptuales y experimentales que conllevaron a dicha afirmación. Con ello, los escritos de Oswald, Zsigmondi y Svedberg permitieron definir algunas propiedades en las cuales centrar la atención, como lo es la acción de la energía sobre los sistemas y las propiedades ópticas de los sistemas. Por último, al recurrir al texto original de la difusión de sustancias de Graham, se toman algunos elementos que permiten organizar la imagen “molecular” de las sustancias, ya que se considera que no se

requiere de una predisposición representativa de las sustancias y una caracterización desde el “tamaño de partícula” para comprender la difusión de las sustancias.

Por último, desde una perspectiva usual el papel del experimento se considera como demostrativo en su mayor parte, es por ello, que se contempla desde una perspectiva fenomenológica, en la cual se propone la construcción y organización de la experiencia como una posibilidad para la estructuración de modelos que permitan la comprensión del comportamiento y propiedades de las mezclas homogéneas. Por lo tanto, la pertinencia de recurrir a los textos originales fue indispensable, pues es desde la creatividad del docente que se diseñan nuevas experiencias de aula, que son intencionadas y direccionadas para las construcciones de los estudiantes, para este caso, de la solubilidad de las sustancias en los sistemas dispersos.

## **DEFINICIÓN DE LA PROBLEMÁTICA: LA COMPRESIÓN DE LA COMBINACIÓN DE LAS SUSTANCIAS**

Dentro de los desafíos que se asumen en las primeras décadas del siglo XXI en la enseñanza de la química, se identifican las dificultades de comprensión en torno a la naturaleza de las sustancias y al establecimiento de propiedades que permiten la diferenciación de la materia. Podría pensarse que, la enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales cobra el sentido cuando el docente y el estudiante toman distancia de los libros de texto y lo apropian a su contexto.

La enseñanza tradicional basada en contenidos y temáticas expuestas que expresan una “verdad absoluta” muestra una imagen de ciencia ajena a sí mismos; una ciencia que solo es llevada a cabo por un grupo de genios, en un lugar llamado laboratorio, en el cual se demuestran las ideas expuestas por un grupo de científicos en el pasado. Las dinámicas sociales y culturales del contexto colombiano demuestran que se debe transformar esa percepción de la ciencia, ya que se debe fomentar la formación de estudiantes conscientes de su entorno, críticos y participativos en comunidad con argumentos contruidos y fundamentados para mejorar su calidad de vida y su desarrollo social. Para realizar dicho análisis se parte de: la carencia de prácticas experimentales que permitan la construcción de explicaciones del comportamiento de las disoluciones y los coloides, la dificultad interpretativa de la idea de “tamaño de partícula” para explicar la configuración de sistemas coloidales, la cual es una expresión común de los textos

académicos para explicar la diferenciación y el uso indiscriminado de representaciones para explicar la organización de estos sistemas.

En primer lugar, el diseño de prácticas experimentales para abordar el comportamiento de los coloides implica, en primera medida, identificar situaciones que promuevan el estudio de estos sistemas, que usualmente son ignorados o no se sugieren como un objeto de conocimiento. El estado en el que se encuentran sustancias como algunos alimentos (gelatina, huevo, leche, jaleas), materiales (gomas de pegar), cosméticos (champú, tratamientos capilares, geles), o en la misma naturaleza (nubes, niebla) son un ejemplo de ello. La explicación que se atribuye a estas situaciones surge de los planteamientos propuestos a nivel histórico de los coloides.

Además de lo anterior, es posible identificar dentro de los Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA) que propone el Ministerio de Educación Nacional (MEN, 2016) para los siguientes grados se debe dar cuenta de las mezclas de la siguiente manera:

Tabla 1. DBA Ciencias Naturales grado 6° y 9°. Tomado de MEN (2016)

GRADO	DBA	EVIDENCIAS
6°	Comprende la clasificación de los materiales a partir de grupos de sustancias (elementos y compuestos) y mezclas (homogéneas y heterogéneas)	Diferencia sustancias puras (elementos y compuestos) de mezclas (homogéneas y heterogéneas) en ejemplos de uso cotidiano.
		Identifica sustancias de uso cotidiano (Sal de cocina, agua, cobre, entre otros) con sus símbolos químicos (NaCl, H <sub>2</sub> O, Cu).
		Explica la importancia de las propiedades del agua como solvente para ecosistemas y los organismos vivos, dando ejemplos de distintas soluciones acuosas.
9°	"Analiza las relaciones cuantitativas entre solutos y solventes, así como los factores que afectan la formación de soluciones"	Reconoce la importancia de los coloides (como ejemplo de mezcla heterogénea) en los procesos industriales (pinturas, lacas) y biomédicos (alimentos y medicinas).
		Explica qué factores afectan la formación de soluciones a partir de resultados obtenidos en procedimientos de preparación de soluciones de distinto tipo (insaturadas, saturadas y sobresaturadas) en los que modifica variables (temperatura, presión, cantidad de soluto y disolvente).
		Predice qué ocurrirá con una solución si se modifica una variable como la temperatura, la presión o las cantidades de soluto y solvente. Identifica los componentes de una solución y representa cuantitativamente el grado de concentración utilizando algunas expresiones matemáticas: % en volumen, % en masa, molaridad (M), molalidad (m).

---

Explica a partir de las fuerzas intermoleculares (Puentes de hidrógeno, fuerzas de Van der Waals) propiedades físicas (solubilidad, densidad, punto de fusión y la tensión superficial) de sustancias líquidas.

---

Desde donde se incluye la enseñanza de coloides y disoluciones tras un proceso de comprensión de la diferenciación y el propósito de conocer estos sistemas.

Por otra parte, tras realizar una revisión en libros de texto, se hace alusión a las técnicas y ejemplos convencionales de mezclas, pero no se propone el análisis de sustancias disueltas, sino hasta grados escolares posteriores, como una forma de complejizar el fenómeno, presentando así una discontinuidad en el abordaje de las mezclas. Pues se prioriza en el estudio de las disoluciones desde cálculos estequiométricos, sin detenerse y distinguir el estudio de coloides. El estudio de disoluciones se fundamenta, ocasionalmente, en reemplazar valores en una ecuación ya establecida, más no en el comportamiento e interacción de las sustancias donde no ocurre una reacción química. Es por ello por lo que, partiendo del estudio de los coloides, se parte de una recategorización y reformulación de la comprensión de mezclas, extendiéndose a la comprensión de la naturaleza de las sustancias que intervienen en la formación de una disolución o de una dispersión coloidal.

Es por ello, que se requiere de una reconstrucción de experiencias para los estudiantes desde su entorno y proyectar su estudio a la clase de ciencias, siendo el análisis histórico una herramienta que permite identificar por qué surge la necesidad de diferenciar disoluciones de coloides y por qué se hace necesaria la cuantificación de la relación soluto-solvente para el análisis de las soluciones.

En segundo lugar, con respecto a la dificultad interpretativa de la idea de “tamaño de partícula” para explicar la configuración de sistemas coloidales se establece la diferenciación de las mezclas (disoluciones, dispersiones y suspensiones) a partir del tamaño de la partícula de la fase dispersa. Dicha diferenciación se establece en nanómetros, una escala que representa dificultad en su manipulación con instrumentación convencional y aún más, en su comprensión. A través de esta expresión, se determina una magnitud que aparentemente es un criterio para clasificar un sistema como homogéneo o heterogéneo, pero no se relaciona directamente con el sujeto por medio de experiencias o de instrumentos que le permitan denominarlo como tal, no es perceptible para sí mismo, ya que no conlleva un significado exacto del término sin un patrón de

referencia, pues se considera “invisible” ante el sujeto. (Serena, Giraldo, & Takeuchi, 2014, pág. 26).

Frente a ello, se hace necesario remontarse a la caracterización y las explicaciones construidas históricamente para explicar la composición de este tipo de mezclas. Los experimentos, las técnicas, las preguntas que se suscitaron en determinados contextos para dar cuenta de un fenómeno y así construir modelos, explicaciones, un lenguaje que permitirá exponer los hallazgos.

En tercer lugar, se ha identificado un uso indiscriminado de representaciones para explicar la organización de estos sistemas. Generalmente, la enseñanza de conceptos se respalda por el uso de modelos, los cuales son replicados e impuestos por el docente, incentivando a su vez la imagen de ciencia ya criticada, pues carecen de sentido para el estudiante y se presentan como verídicos, sin oportunidad de refutar porque son demostrables por medio del experimento.

Con respecto a la química, Johnstone (1982) plantea que conceptualmente se estructura en conceptos y modelos a 3 niveles, a partir de sucesos del mundo externo percibidos como fenómenos, definiendo el macroscópico, microscópico y submicroscópico. El macroscópico, como aquellos percibidos por los sentidos. El microscópico como un nivel intermedio, en el cual intervienen explicaciones a nivel multiatómico, multimolecular o multiiónico, y submicroscópico haciendo énfasis en explicaciones a nivel atómico, molecular o iónico de una sustancia. Los denominados fenómenos, recurren a su interpretación desde el uso de expresiones verbales, simbólicas, matemáticas, icónicas y gráficas (Caamaño, 2014).

Por consiguiente, se define como problemática el abordaje de los sistemas dispersos en el aula debido a que: dada la carencia de prácticas experimentales que permitan la construcción de explicaciones del comportamiento de las disoluciones y los coloides se continúa reiterando en la idea expuesta por los textos sobre el tamaño de partícula, siendo una imposición del docente al estudiante, pues no permite su ampliación más allá de la demostración de algunas experiencias y modelos carentes de sentido para los estudiantes y en algunos casos, para el docente; además, la dificultad interpretativa de la idea de “tamaño de partícula” para explicar la configuración de sistemas coloidales como una expresión típica de los textos para explicar la diferenciación de los sistemas es una muestra de la dificultad de comprensión que sugiere la idea de nanopartícula y la ampliación del mundo visible al “invisible” supondrá la necesidad de recurrir a modelos que permitan su explicación y hablar de su percepción y con ello, finalmente, el uso indiscriminado de representaciones para explicar la organización de estos sistemas es una muestra de lo

presentado anteriormente, pues no se debe repercutir en la imposición de modelos y teorizaciones de los textos, si lo que se espera es que el estudiante construya su propio conocimiento.

## **PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

A partir de lo expuesto anteriormente, cabe preguntarse *¿Cómo construir una base fenomenológica para estudiar el fenómeno de la solubilidad de las sustancias para caracterizarlas como disoluciones o coloides?* El abordaje de este cuestionamiento surge a partir de otras preguntas tales como: *¿qué criterios se formulan a partir de la actividad experimental para la caracterización de estos sistemas? ¿qué papel toma la teorización propuesta por los textos para dar cuenta del fenómeno de la solubilidad de las mezclas?*

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Construir una base fenomenológica para la comprensión de los sistemas dispersos (disoluciones y coloides) basada en el análisis histórico del estudio de los criterios que aportan a la diferenciación y comprensión del fenómeno de la solubilidad.

### **Objetivos específicos**

- ◇ Realizar una revisión histórica de la diferenciación entre las disoluciones y los coloides para su caracterización como objeto de investigación e identificar los componentes que permiten una formalización del fenómeno de la solubilidad.
- ◇ Diseñar una propuesta para la construcción de explicaciones a partir de los criterios que se formulan desde la actividad experimental para la caracterización de los sistemas dispersos desde una perspectiva fenomenológica.
- ◇ Socializar la propuesta de aula para considerar los aspectos experimentales, teóricos y disciplinares que se desarrollan a través de esta para la construcción de explicaciones mediante el dialogo entre pares.

## JUSTIFICACIÓN

Ante la diversidad de escenarios en el campo educativo, es clara la dificultad que sugiere para los docentes adaptar sus ideas, conocimientos y prácticas a las necesidades de cada estudiante, considerando los contextos económicos, sociales y culturales en los que se desarrolla cada institución educativa. Ello supone uno de los retos de la enseñanza de las ciencias. En consecuencia, se propone la transformación de las prácticas educativas para que sean orientadas a la transformación de la realidad de cada estudiante para su beneficio particular y general y así contribuir con su comunidad. Para justificar el desarrollo del presente trabajo, se presentan las necesidades particulares en la formación docente desde el sentido de la enseñanza de las ciencias, la crítica a la enseñanza tradicional de las mezclas y el papel de la historia en la enseñanza de las ciencias.

Primero, con respecto a la formación docente desde el sentido que da el docente a la enseñanza de las ciencias, cabe preguntarse cuál es el fin de esta, ya bien sea la memorización de contenidos, el desarrollo de habilidades y la manipulación correcta del material de laboratorio o la participación ciudadana desde problemáticas ambientales, entre otras posibilidades. Estas se verán reflejadas desde las concepciones que tenga el docente de su disciplina y sus propósitos de enseñanza. Con ello, se ve expuesta la imagen de ciencia que ha sido construida por cada docente, la cual es consecuente con las prácticas que se llevan al aula: material, talleres, guías, cuestionarios, experimentos.

Lo anterior, plantea una preocupación particular ante la formación recibida en los programas de formación inicial en química y de las dinámicas de las instituciones educativas. Los contenidos suelen ser orientados a la repetición de algoritmos y los experimentos, a la demostración de las ideas constituidas por científicos de los siglos XVIII y XIX careciendo totalmente de la significación que se le atribuye a un fenómeno y cómo este se desliga en la construcción de ideas y modelos que son puestos a prueba bajo un lenguaje que dará cuenta de la construcción de las explicaciones en torno a este. Dificultad estrechamente relacionada en la enseñanza de las mezclas, pues se recurre al uso de imágenes, de representaciones distribuidas por los textos o por las redes, y del desarrollo de talleres que fomentan la transcripción de información y que, en su mayor parte, obstaculizan los procesos de pensamiento en los estudiantes desde la asociación, proposición y organización esquemática, conceptual y procedimental de los fenómenos naturales.

Es sabido que existe una dificultad particular en la enseñanza de la química, pues se parte de la idea de átomo y molécula (de un mundo micro) para justificar el comportamiento de

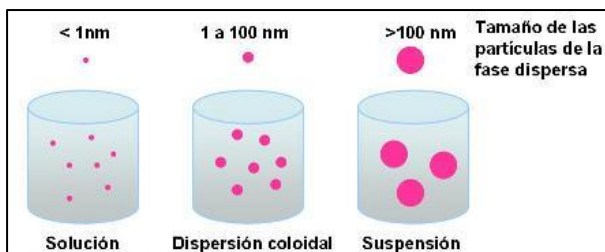


Ilustración 1. Representación del tamaño de las partículas de la fase dispersa. Tomada de Google Imágenes: Arvensis (<https://www.arvensis.com/blog/aclaracion-de-conceptos-coloide-suspension-flow-y-gel/>)

las sustancias y se impone sobre el estudiante sin permitir que se cuestione sobre ese mundo; convirtiéndolo en un mundo ajeno al de él, desconocido y carente de sentido, del cual no podrá hablar ni sobre el que podrá actuar. Como se presenta en la ilustración 1, donde se recurre a modelos de bolas de distintos tamaños para argumentar el cambio en las propiedades de los sistemas, sin embargo, no se suscita a una

ampliación de lo presentado *¿son todos los átomos y moléculas “bolas” de distintos tamaños en el espacio? ¿Cómo diferenciarlos entonces? ¿Existe una tonalidad o un perímetro en ellos? Cuando cambian las propiedades por acción de la energía, como la variación de la viscosidad por el calor ¿Qué ocurre con las “bolas” de la fase dispersa? ¿Qué comportamiento tienen?* Este tipo de cuestiones, que surgen de manera personal por y para la autora son las que permiten dar cuenta de la carencia de construcción de significado en la enseñanza de las mezclas.

En ese sentido, se propone mediante la presente propuesta que las observaciones y las caracterizaciones organolépticas le permitan al estudiante elaborar sus propias construcciones, preguntas e inferencias sobre un mundo cercano a él, sobre el que puede modificar variables y



Ilustración 2. Uso de la cinta métrica para diferenciar el tamaño de las rocas y clasificarlas según su tamaño.

elaborar instrumentos, escalas o diseñar unidades que le permita definir nuevas propiedades y nuevos comportamientos para ampliar el estudio de este. Como se expone en la imagen 2, se organizan 3 montones de rocas, cada uno de ellos, a partir de las características similares entre sí: el tamaño que fue definido por la acción de la cinta métrica como una extensión del sentido de la vista, para así definir un criterio común para cada clasificación, el tamaño.

Segundo, al considerar las necesidades de la formación docente al enfrentarse a la enseñanza tradicional de las mezclas, es claro identificar lo mencionado anteriormente: un modelo de educación centrado en la acumulación de contenidos y temáticas cada vez más complejas y en su mayor parte desligadas entre sí, memorizados para la presentación de cuestionarios y olvidados para el quehacer diario y la toma de decisiones personales y comunales. Se ignora por completo la/s razón/es de origen que consideran una situación en un fenómeno y este, como un objeto de estudio. Particularmente en la enseñanza de las



disoluciones, se da razón de relaciones matemáticas, pero no del fenómeno en sí y de cómo las propiedades de las sustancias permiten su diferenciación de la naturaleza de sí mismas por la relación con otras sustancias.

Con respecto a la enseñanza de las mezclas homogéneas, se expone en la mayor parte de textos académicos que la diferenciación radica en el *tamaño de partícula* de las sustancias y con ello varía su comportamiento ante la temperatura, presión y relaciones con la luz, pero no se constituyen herramientas que permitan dar cuenta de una escala nanométrica como la que presentan dichos sistemas, que en su mayor parte es inconcebible por el docente y sus estudiantes. Por ende, a través de la propuesta se presenta un interés en reconocer las características que refleja lo macroscópico, lo observable, lo tangible, para empezar a construir ideas y articularlas entre sí para empezar a caracterizar un mundo micro que permita explicar la variedad de propiedades en los sistemas y atribuir criterios, definidos que le permitan formalizar el fenómeno de la solubilidad de las sustancias.

Tercero, al reflexionar sobre el papel que cobra la historia en la enseñanza de las ciencias, es importante pensar en las relaciones históricas que permitieron la diferenciación de sistemas como suspensiones, coloides y disoluciones a partir de la relación entre la fase dispersa y dispersante, que brindaron elementos para la asignación de características desde las propiedades organolépticas de estos y luego, la necesidad de la extensión de los sentidos mediante la construcción de instrumentos para dar cuenta de las propiedades de los sistemas.

El reflexionar en torno a estas ideas, experimentos y discusiones que se exponen, se piensan las disoluciones y las dispersiones coloidales como dos sistemas con características similares como mezclas homogéneas, pero con propiedades particulares que suscitan preguntas que fueron respondidas a partir de las construcciones históricas, permitiendo que sea posible la constitución de una propuesta de construcción de explicaciones desde una perspectiva fenomenológica.

En conclusión, el presente trabajo pretende hacer explícitas las necesidades particulares en la formación docente desde el sentido de la enseñanza de las ciencias en la enseñanza de las mezclas homogéneas, realizando una crítica a la enseñanza tradicional de las disoluciones que reiteran en la idea de tamaño de partícula como un criterio diferenciador que proponen los libros de texto, para así orientar las prácticas a la identificación de las propiedades de las disoluciones y coloides que permiten establecer una caracterización como objetos

independientes de estudio y el papel de la historia en la enseñanza de las ciencias en la construcción de explicaciones desde una perspectiva fenomenológica.

### **BIBLIOGRAFÍA ABORDADA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ESTE CAPÍTULO**

Caamaño, A. (2014). La estructura conceptual de la química: realidad, conceptos y representaciones simbólicas. *Alambique: didáctica de las ciencias experimentales*, 7-20.

Johnstone, A. (1982). Macro and micro chemistry. *School Science Review*, 377-379.

MEN. (2016). *Derechos Básicos de Aprendizaje*. Bogotá: Panamericana Formas E Impresos S.A.

Serena, P., Giraldo, J., & Takeuchi, N. (2014). *Guía didáctica para la enseñanza de la nanotecnología en educación secundaria*. Madrid, España: Red "José Roberto Leite".

### **UNA MIRADA HISTÓRICA A LA COMPRESIÓN DE LAS MEZCLAS**

Al realizar una revisión histórica de las ciencias, es posible identificar los momentos, preguntas, técnicas, procedimientos e instrumentos que conllevan a la construcción de explicaciones de la naturaleza. Para la visión fenomenológica que se construyó, se realizó la revisión de los documentos originales que proporcionan elementos y explicaciones sobre las propiedades y características de los coloides que permiten establecer diferenciaciones con otros sistemas como las disoluciones. Para comprender esta idea, es necesario cuestionarse sobre la relación entre las sustancias, ya sea por su capacidad de mezclarse, de reaccionar o de no manifestar relación entre sí.

Al centrar la atención en aquellas que son capaces de mezclarse, como una forma de comprender la interacción de las sustancias, surgen preguntas con respecto a la *variación* de las propiedades físicas, como las propiedades ópticas, la manifestación de un comportamiento distinto al variar las condiciones de temperatura, al someterse a un campo eléctrico o al ser evaluadas bajo efectos de la luz. Este tipo de elementos han sido recopilados a partir de un análisis histórico contrastado con la idea de tamaño de partícula que exponen textos académicos como un criterio diferenciador entre los sistemas coloidales y las disoluciones, criterio que se pone a prueba al carecer de una construcción en la experiencia que permita constituir en la mente

del sujeto un mundo “nanoscópico” imperceptible para sí y para la constitución de sus explicaciones.

A partir de este estudio se logra diseñar una ruta metodológica que permita construir a partir de las observaciones y apreciaciones macroscópicas una visión “nano” de la materia, sin recurrir a la idea de átomo o molécula que sesga el pensamiento de los estudiantes a la replicación de modelos, pues es a partir de los cuestionamientos y de los diseños experimentales que se recopilan y estudian que se procede al diseño de una propuesta desde el interés de la autora, hacia la *ampliación y extensión* de los sentidos a través de instrumentación que permita modelizar y cuestionar el comportamiento de los coloides.

## **EL ORO, MÁS QUE UN METAL PRECIOSO, UN COLOIDE**

Al reflexionar sobre cómo la humanidad se ha relacionado con las características de las mezclas y cómo establece criterios que le permitan clasificar y asociar los tipos de estas, ya sea como disoluciones o coloides, es válido remitirse a cuestiones como *¿qué características lo permiten constituirse como un sistema de estudio? ¿Qué aspectos experienciales permiten la constitución de un campo investigativo de las mezclas?* Para abordar lo anterior, se remite en un comienzo a abordar el texto Zsigmondy (1926), quien permite dar cuenta de que el conocimiento de los coloides surge como una familiarización con sus propiedades y sus cambios desde prácticas tradicionales evidenciables en el cuajo de la leche, la clara del huevo o la coagulación de la sangre.

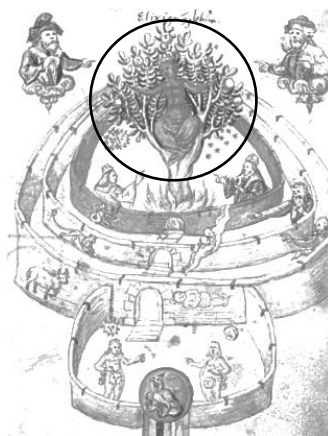
De hecho, desde tiempo de la alquimia, la iatroquímica y la química clásica se manipulan coloides, como en el caso del *oro potable*. Dentro de este periodo es característico el afán que se manifestaba por el descubrimiento de la piedra filosofal o del elixir de la vida (*aurum potable*). Comprender este tipo de ideas remite a la comprensión de las prácticas realizadas por los alquimistas, no solo como un conjunto de técnicas experimentales, sino también, como una cosmovisión (Iñigo, 2010).

La asignación de simbolismos, propiedades y cualidades a las sustancias constituían los principios filosóficos que simbolizaban algunas propiedades de la materia, por ejemplo, *“el azufre sería una calidad masculina, cálida, seca, activa y fija de la materia; y el mercurio se correspondería con la calidad femenina fría, húmeda, pasiva y cambiante; entonces la sal actuaría como un equilibrio entre ambos principios”* (Iñigo, 2010). De esta manera las relaciones entre los elementos (tierra, agua, aire y fuego) pretendían demostrar las propiedades características de cualquier sustancia, explicables como consecuencia de la relación existente

entre estos y de la relación entre los dos principios húmedo-seco o cálido-frío. Esta afirmación era válida para comprender las relaciones entre los cuerpos terrestres, pero con relación a los celestes se proponía la existencia de un quinto elemento denominado éter (propuesto por Aristóteles como la sustancia más pura y primigenia corrompida en los cuerpos terrestres).

A partir de esa lógica podría pensarse que es posible transformar un cuerpo en otro. Se tendría que alterar la proporción de los principios existentes en un cuerpo hasta lograr los propios del segundo, modificando con ello sus propiedades en el sentido deseado. Pero para los alquimistas en vez de trabajar sobre una sustancia para convertirla en otra, se toma como punto de partida establecer procedimientos para extraer de ella los principios que la constituyen y reunirlos de nuevo, ahora, en perfecto equilibrio para obtener así la materia primigenia de la cual luego podrán obtener la sustancia que se desee.

Desde esta visión, se piensa que debería obtenerse un polvo rojizo denominado “polvo de proyección”, el “león rojo” o la ya conocida, “piedra filosofal”; que expone una característica de transformar cualquier metal en un oro conocido como el oro alquímico u oro de los filósofos. Entre sus propiedades es que es una especie de sal que al disolverla en vino u otra bebida alcohólica adquiere un color amarillo llamada por esta razón *oro potable* que resulta útil para curar enfermedades y prolongar la vida, la cual poseía partículas de polvo de oro finamente dividido (Iñigo, 2010).



*Ilustración 3. Prestiosa Margarita Novella. En el patio se representa el azufre y el mercurio (elementos básicos de la materia), las 3 mujeres representan las fases de la obra: 1. Primavera bajo el signo aries con un cuerpo en descomposición. 2. Verano bajo el signo Leo, se unen espíritu y alma y 3. Diciembre bajo sagitario, cuando emerge el nuevo cuerpo espiritual rojo, “el oro potable”, elixir de la inmortalidad (señalado con el círculo) (Iñigo, 2010).*

No es sino hasta mediados del siglo XVII que, Andreas Cassius con su padre retoman y registran estudios sobre el oro y realizan descripciones, sobre el “oro púrpura” (después denominado como *púrpura de Cassius*), presentadas en su obra “*De Auro (1685)*”, formado por

la reacción de sales de oro con cloruro de estaño (II) utilizado para impartir al vidrio con una coloración roja. Para su preparación es necesario que el oro se disuelva en agua regia (solución de  $\text{HNO}_3$  y  $\text{HCl}$ ) y que luego se haga reaccionar con una solución de cloruro de estaño (II). Tras este procedimiento, se forma una coloración púrpura. Hasta ese entonces, ignorando su naturaleza coloidal (Petrucci, 1972) (Zsigmondy, 1926). Dicho descubrimiento abrió las puertas a un nuevo campo investigativo referente a las propiedades ópticas del oro.

Berzelius, hacia 1831, trabajaba con otras mezclas en la caracterización de polímeros (identificando el almidón, la celulosa, proteínas y caucho dentro de este grupo), ignorando su naturaleza coloidal hasta entonces, pero también retoma las experiencias de Cassius manifestando que esta preparación es realmente un *compuesto de oro* que ha frustrado todos los esfuerzos para identificar su composición exacta. Pese a la investigación de Buisson y Robiquet, no se establece una determinación exacta de las proporciones de: partes de oro, agua regia y cloruro de estaño, aunque fue gracias al análisis propuesto por Berzelius de la sustancia en la retorta que se obtuvo el agua como un componente esencial para reflejar el color rojo ladrillo característico. De este análisis, Berzelius concluye que, el púrpura de Cassius es entonces un compuesto de oro metálico púrpura que conserva su solubilidad en amoníaco, haciendo que su color desaparezca a medida que avanza en el agua y el color se transfiere al oro reducido finamente dividido. Debido a la riqueza en el campo orgánico, no se profundiza en el estudio de estos sistemas, pero fueron realmente, los problemas biológicos los que llevaron al cuestionamiento de la naturaleza de los coloides.

Las propiedades de la púrpura de Cassius y otros pigmentos como el azul de Prusia se convirtieron en foco de estudio durante los siglos XIX y XX, dentro de estos, en 1843, Selmi evaluó las propiedades de los coloides de azufre, del azul de Prusia (empleado como pigmento para pinturas) y de la caseína, así como varios *soles* (coloides formados por un sólido en un líquido) y mezclas de azufre para ello realizó estudios desde el comportamiento de estas mezclas al interferir la presencia de una sal en ella, caracterizando por primera vez las propiedades eléctricas de los coloides, así mismo, buscó realizar una primera identificación de la apariencia al microscopio y determinó pequeños glóbulos esféricos dispersos, hasta ese entonces, no se consideraba una diferenciación en cuanto al comportamiento de las disoluciones (Hauser, 1939).

A partir de lo anterior, se propone un interés general en la necesidad que suscita la ampliación visual de la organización de las sustancias en una mezcla *¿qué se logra observar? ¿qué puede decirse de lo que se observa sin y con la participación de un instrumento?* A partir de esto, la idea de “glóbulos” dispersos como un *algo* observable, brinda elementos en la

construcción de ideas sobre la materia, pues se promueve en los participantes la búsqueda de una ampliación cada vez mayor de lo observable e invita a cuestionarse por aquellos sistemas en los que se sabe que hay una mezcla, pero no es perceptible por medio de los mismos instrumentos, por ejemplo: la sal disuelta en agua.

A partir de ello, se remite a los escritos de Faraday (1857), quien, en sus experimentos, propone que la luz tiene una relación con la materia con la que se encuentra en su curso, y se ve afectada por ella, siendo reflejada, desviada, transmitida, refractada, absorbida, etc., por partículas muy diminutas, en sus dimensiones. Aún sin proponer la organización de la materia como átomos o moléculas dispersas, supone la presencia de partículas que se ven alteradas por la acción de la luz. Su teoría supone que la luz consiste en ondulaciones progresivas y transversales; y el color se identificaría por el número de ondas y la relación con la extensión de la vibración lateral, o si dependen en parte de alguna acción física de un medio desconocido.

Concibiendo que es muy posible que alguna evidencia experimental pueda resultar de la introducción de un rayo de luz sobre de partículas separadas, Faraday propone que las partículas tuvieran que ser al mismo tiempo muy pequeñas en comparación con las longitudes de onda que buscaba entre los metales, así, el oro parecía especialmente adecuado para experimentos de esta naturaleza, debido a su opacidad y a su transparencia. Además, las ondas de luz son tan grandes en comparación con las dimensiones de las partículas de oro, que parecía probable que las partículas pudieran tener relaciones efectivas con las vibraciones, mucho más pequeñas que las partículas del éter. De esta manera, era de esperarse que, al sustituir partículas de oro de diferentes tamaños por otras, también se afectarían las relaciones que establecían con la luz (Faraday, 1857).

Para desarrollar estas experiencias empleó láminas de pan de oro, el cual es una lámina finísima de este metal, su grosor puede variar entre una milésima de milímetro y una ochomilésima de milímetro. Estas son extremadamente delgadas y al examinarlas al microscopio, aparece como algo irregular, las porciones diminutas que están cerca de otras partes son cuatro o cinco veces más gruesas que la última. Al someter la lámina de oro en dimensiones de  $1/282.000$  de una pulgada de grosor, son translúcidas, transmiten luz verde, reflejan amarillo y absorben una porción de luz.

Cuando se examina el oro reducido a pequeñas dimensiones por simples medios mecánicos con una lente o un microscopio ordinario (aumento 4-100X) transmiten luz, presentan



*Ilustración 4. Colores y representaciones del oro coloidal. De izquierda a derecha se aumenta el tamaño luego de la reducción de oro. Esta imagen hace alusión a los experimentos realizados por Faraday.*

la apariencia de partes rojas. Entonces, el oro en cierto estado de división puede transmitir una luz rubí, cuando se ha eliminado el efecto de la presión en una dirección particular, las películas de oro preparadas son tan delgadas como para que su poder reflexivo se redujera considerablemente. Esto concuerda con la transmisión de todos los rayos, pero parece implicar que es necesario un cierto grosor para una reflexión completa.

Al evaluar las emisiones de luz del oro en distintas zonas de la lámina, transmitía coloraciones características: el oro depositado en el lugar central era metálico y dorado por la luz reflejada, y de un fino color rubí por la luz transmitida, otras zonas, algo desgastadas tenían un color oscuro, pero cuando se examinaba particularmente daba una fuerte reflexión metálica dorada y, por transmisión, un fino color violeta, que compartía verde y rubí en diferentes partes, y a veces pasaba completamente a verde. Más allá de esto, en cada lado, donde los tintes se volvieron más pálidos y donde las partículas parecían estar más finas, el tinte transmitido se convirtió en rubí o violeta-rubí, esto se observa fácilmente limpiando una línea afilada a través del depósito en el vidrio en la parte más débil, y luego haciendo que los rayos del sol recogidos en el foco de una pequeña lente viajen hacia adelante y atrás a través de ese borde. La presencia del oro metálico en la parte no doblada es evidente a la vez por la alta iluminación producida allí. Es evidente que todos los colores descritos son producidos por una misma sustancia, *el oro*, la única diferencia aparente es el estado de división.

Pero para lograr una correcta reducción de oro es necesario recurrir también a técnicas especializadas como la reducción de oro por fósforo. Si se agregan quince o veinte gotas de una solución fuerte de oro, aproximadamente 1 grano de metal a 1,1-1,7 Litros de agua, contenidas en una cápsula o plato grande, y se dispersan partículas de fósforo de cuatro o cinco mililitros sobre la superficie, y se cubre durante veinticuatro o treinta y seis horas, se observará que la superficie se encontrará cubierta con una película de oro, más gruesa en las partes cercanas a las piezas de fósforo, y que posee allí todo el metal el poder reflectante dorado de este.

Este tipo de experiencias, se contrastaron con las realizadas por Zsigmondi, quien retoma estos mismos procedimientos para analizar y ampliar las investigaciones frente al púrpura de Cassius. Zsigmondy, en 1926, expone sus trabajos con oropimente (antiguamente, se pensaba que contenía oro y se hacía alusión por su color característico, pero son minerales de sulfuro de

arsénico) y tintes de cerámica basados en divisiones de oro extremadamente finas. Los resultados obtenidos, no se relacionaban con la “experiencia en química” y era necesario descubrir la razón del fenómeno. Para ello, se pretendía sintetizar el púrpura de Cassius a partir de oro metálico finamente dividido y ácido estánico. El éxito o fracaso de los experimentos se contemplaría desde la *inercia química* del oro, esto es su baja afinidad en la síntesis de compuestos, siempre y cuando fuera posible prepararlo en una división fina y libre de otros compuestos e impurezas.

Al lograr la preparación de este, mediante la reducción de cloruro de oro con formaldehído en solución débilmente alcalina, escuchó de los trabajos de Faraday para la preparación de divisiones extremadamente finas a partir de la reducción de sales de oro con fósforo como agente reductor, llegando a obtener divisiones de oro casi de tamaño molecular como las empleadas por Svedberg en sus experimentos de división, denominándolas *hidrosoles de oro rojo*.

El éxito de esta experiencia comprueba que es en realidad una *mezcla* de oro finamente dividido con ácido estánico; pero que también, se comporta como un compuesto químico, como planteó Berzelius, por lo que se considera importante evaluar los precipitados para también evaluar los sistemas coloidales (Zsigmondy, 1926).

## **COMBINACIÓN Y SEPARACIÓN EN LOS SISTEMAS DISPERSOS**

Hacia 1827 surgen luces que posteriormente permitirán construir explicaciones para las dispersiones coloidales. Robert Brown propuso en 1827 una explicación frente al comportamiento de las partículas extremadamente pequeñas inmersas en un fluido, las cuales indicaba, presentan un movimiento aleatorio. Este fue caracterizado hasta 1927 como movimiento browniano. Sus ideas surgen a partir del uso de microscopio como instrumento para apreciar el movimiento de las partículas de polen y de otras sustancias inorgánicas, las cuales manifestaron un movimiento característico en “zig-zag”.

En el siglo XIX Thomas Graham manifestó un interés particular en la difusión de las sustancias (la forma en que las moléculas de 2 sustancias que han entrado en contacto se entremezclan). Inicialmente estudió la velocidad de difusión de los gases a través de agujeros pequeños o en tubos delgados y fue en 1831 que logró demostrar que: “*la velocidad de difusión de un gas era inversamente proporcional a la raíz cuadrada de su peso molecular*” (conocida como la ley de Graham). A partir de estos resultados, pasó a estudiar la difusión de sustancias



disueltas y descubrió que las mezclas de sustancias como la sal, el azúcar o el sulfato de cobre en agua eran capaces de atravesar una hoja de pergamino; mientras que otros materiales disueltos como la goma arábiga, la cola o la gelatina no presentaban dicha propiedad.

Es así como concluye que las moléculas grandes desde último grupo de sustancias no pueden atravesar los orificios del pergamino. Así, a los materiales que podían y que también presentaban una facilidad para formar cristales, Graham los denominó *cristaloides* y aquellos que no podían atravesarla, los denominó *coloides* (a partir del término griego Kollá, “que forma coágulos, que pega”), sentando así los orígenes de la química coloidal (Asimov, 1965).



Ilustración 5. Difusión de un coloide y de una disolución en gelatina al 5%, propiedad presentada por Graham y por Oswald para explicar la difusibilidad de las sustancias.

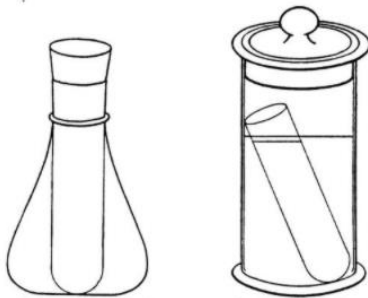
Para determinar lo anterior, Graham parte de la volatilidad como una propiedad que permite la constitución y el poder difusor de las sustancias líquidas y ello permite o no el uso de métodos de separación. Con respecto a la difusión, la diferenciación está dada por el poder de cristalizar, que en algunos casos es extremadamente lenta, como es el caso del ácido silícico hidratado, de la alúmina hidratada y otros peróxidos metálicos de la clase de aluminio, cuando existen en forma soluble; así como el almidón, la dextrina, gomas, caramelo, taninos, albúmina, gelatina y extractos vegetales y animales. La baja difusibilidad no es la única propiedad de estas sustancias, también se distinguen por el carácter gelatinoso de sus hidratos, aunque a menudo son en gran parte solubles en agua, se mantienen en solución con una fuerza muy débil (Graham, 1861).

Estas sustancias, generalmente tienen un carácter inerte ante ácidos y bases, pero también su peculiar agregación física con la indiferencia química mencionada parece ser necesaria en sustancias que pueden intervenir en los procesos orgánicos de la vida, como sustancias del cuerpo animal. Como la gelatina parece ser su tipo, se propone designar y hablar de su forma peculiar de agregación como la *condición coloidal* de la materia. Opuesto a este estado, se encuentra la condición cristalina, denominándose cristaloides. La distinción es sin duda alguna de constitución molecular (Ostwald, 1915).

A pesar de su condición inerte, también poseen variaciones en sus propiedades físicas, mientras que la rigidez de la estructura cristalina se presenta en determinadas sustancias, la suavidad del coloide gelatinoso participa de la fluidez y permite que el coloide se convierta en un medio para la difusión de líquidos, como el agua misma. Es evidente la precipitación de los

coloides que pueden existir a altas temperaturas, de allí una amplia sensibilidad frente a los agentes externos, denominándose a esas propiedades como “mutabilidad”. Este tipo de características son las que Ostwald formaliza y expone como propias en el estudio de los coloides: propiedades ópticas como la turbidez, la viscosidad, la dispersión de la luz, así como sus propiedades eléctricas y térmicas. Ostwald con relación a ello propone la existencia de un estado dinámico de la materia, *el estado coloidal*, cuyo opositor sería el estado “cristaloidal” propio de las sustancias capaces de formar cristales. Este estado coloidal se relaciona con gran parte de las sustancias biológicas como pueden ser: los coágulos, proteínas de la leche, glucógeno, entre otras.

Para establecer métodos para efectuar una separación difusiva, se propone colocar la sustancia mezclada debajo de una columna de agua, el coloide puede tener una profundidad de varias pulgadas. La solución mixta se puede conducir al fondo del frasco mediante el uso de una pipeta fina, sin que se produzca ninguna mezcla sensible. Se permite que la difusión espontánea, que comienza inmediatamente, continúe durante varios días. Luego se interrumpe extrayendo el agua de la superficie en estratos sucesivos, desde la parte superior hasta la parte inferior de la columna. La sustancia de difusión más rápida se aísla cada vez más a medida que asciende. Cuanto más alta es la columna de agua, siempre se le da el tiempo suficiente para permitir que la sustancia difusiva alcance la cumbre, más completamente se libera una porción de esa sustancia de otras sustancias menos difusivas que originalmente se asociaron con ella.



*Ilustración 6. Diseño de un montaje experimental empleando bolsas de diálisis para dar cuenta del paso de las sustancias a través de una membrana. En su interior se tiene una mezcla entre una disolución y un coloide.*

Para demostrar lo anterior, Graham propone el siguiente experimento: Una hoja de papel de carta muy delgada y de buen tamaño, de fabricación francesa, sin porosidad, se humedece completamente y luego se cubre con una superficie sobre el agua. El líquido colocado sobre el papel era una solución mixta de azúcar de caña y goma arábiga, que contenía un 5 por ciento de cada sustancia, por lo tanto, el agua pura de abajo y la solución mixta de arriba estaban separadas solo por el grosor del papel. Después de veinticuatro horas, el líquido superior parecía haber aumentado sensiblemente en volumen, a través de la urgencia de la ósmosis.

Luego de que el agua fue evaporada en la mezcla con el azúcar formó un cristal, de hecho, el líquido de la cuenca solo se vio alterado en lo más mínimo por acetato de plomo, lo que demuestra la ausencia de todos menos un rastro de goma. El papel usado se dimensiona por

medio de almidón. La película de almidón gelatinoso en el papel humedecido no presentó ningún obstáculo para el paso del azúcar cristaloides, pero se ha resistido a la presión de la goma coloidal. El papel de tamaño no tiene poder para actuar como filtro. Es mecánicamente impenetrable y niega un paso al fluido mezclado en su conjunto. Las moléculas solo impregnan este tabique, y no las masas. Las moléculas también se mueven por la  *fuerza de difusión*.

Pero el agua del almidón gelatinoso no está directamente disponible como medio para la difusión del azúcar o la goma, estando en un estado de verdadera combinación química, débil, aunque la unión del agua con el almidón puede estarlo. El compuesto hidratado en sí mismo es sólido y también insoluble. Sin embargo, el azúcar, junto con todos los demás cristaloides, puede separar el agua, molécula tras molécula, de cualquier coloide hidratado, como el almidón. El azúcar obtiene así el medio líquido requerido para la difusión, y se abre paso a través del tabique gelatinoso. La goma arábica, por otro lado, que posee como coloide una afinidad por el agua de manera más débil, es incapaz de separar ese líquido del almidón gelatinoso y, por lo tanto, logra abrir la puerta para su propio paso hacia afuera por difusión.

Desarrollando lo anterior, se considera conveniente emplear el término “diálisis” al método de separación por difusión a través de un tabique de materia gelatinosa, el material más adecuado para este es el pergamino vegetal, empleando ácido sulfúrico o cloruro de zinc ajustado para formar un recipiente como un tamiz, este no debe ser poroso. El fluido mezclado que se va a dializar se vierte en el aro sobre la superficie del papel pergamino a una profundidad pequeña, como media pulgada. El recipiente descrito (dializador) se coloca en un recipiente que contiene un volumen considerable de agua, para inducir la salida de los componentes difusivos de la mezcla, para permitir que continúe la difusión; los experimentos se realizan siempre en un entorno de temperatura constante o casi constante.

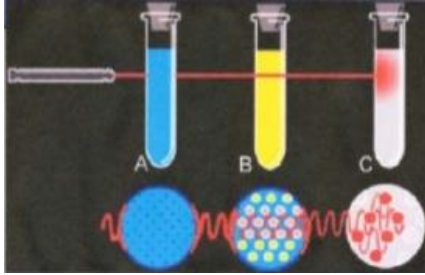
Los experimentos no exhiben las difusibilidades relativas exactas, aunque pueden obtenerse procediendo a determinar, mediante un ensayo repetido, los diversos tiempos requeridos para lograr una distribución similar y una cantidad igual de difusión en todas las sales. La difusión de un cristaloides parece proceder a través de una gelatina firme con poca o ninguna disminución de la velocidad. Con un cristaloides de color, como el dicromato de potasio, la elevación gradual de la sal a la parte superior del frasco se ilustra maravillosamente. Por otro lado, la difusión de un coloide de color, como el caramelo a través de la gelatina, parece haber comenzado apenas después de ocho días. La difusión de una sal en la gelatina sólida puede considerarse como cementación en su forma más activa.

De hecho, se encontró que un coloide insoluble, como la goma de tragacanto (colocado dentro del osmómetro, indicaba la entrada rápida de agua para convertir la goma en un hidrato gelatinoso voluminoso. Aquí no es posible ningún movimiento exterior. El grado de hidratación en polvo de cualquier cuerpo gelatinoso se ve muy afectado por el medio líquido en el que se coloca. Esto es muy obvio en la fibrina y la membrana animal. Colocados en agua pura, tales coloides se hidratan en mayor grado que en soluciones salinas neutras. Por lo tanto, el equilibrio de hidratación es diferente en los dos lados de la membrana de un osmómetro (Graham, 1861).

En este punto ya se consideraba de manera formal una relación entre el tamaño de las moléculas de un coloide y un cristaloides (posteriormente denominado disolución) y de la fase dispersante, lo que conlleva a la ampliación de un nuevo campo investigativo, donde se ha demostrado que el papel de la luz y del microscopio como instrumento que permite extender el sentido de la vista para comprender la organización de estos sistemas, constituyen también una necesidad instrumental que se manifiesta con la posterior invención del ultramicroscopio o de elementos más especializados como la ultracentrífuga que parten del principio del tamaño molecular para explicar su comportamiento.

## **NUEVAS PROPIEDADES ÓPTICAS DE LOS COLOIDES**

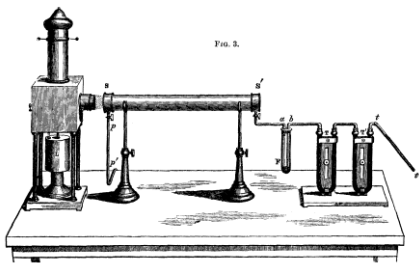
Tyndall (1873) con relación a los elementos que permitieron conformar el estudio de los coloides como un estudio de interacción entre la materia y la luz, parte de su experiencia con el prisma de Nicol (2 turmalinas unidas) para dar cuenta de la polarización de la luz, como un proceso de confinación de las ondas de la luz en una dirección, y para dar cuenta del poder de la teoría ondulante como solucionador de las dificultades de la óptica, por lo que se refiere a un fenómeno cromático en particular como lo es la variación de tonalidad de azul a rojiza y amarilla del cielo. Propone que la luz del firmamento que llega a través de la dirección de los rayos solares, e incluso en contra de la dirección de los rayos solares; y la variación del movimiento de onda sólo puede deberse al rebote de las olas del aire en sí, o de *algo* suspendido en el aire.



*Ilustración 7. Representación tradicional de la organización de los sistemas dispersos para explicar la acción de la luz (ondas) sobre el sistema (partículas) proponiendo lo anterior como la causa de la difusión de la luz en el sistema. De izquierda a derecha se presenta una disolución, una mezcla coloidal diluida y una concentrada. En los coloides se identifica el paso de la luz y la absorción de esta correspondientemente.*

Tyndall exhibe el informe de Banard como el único ensayo sobre la teoría ondulatoria, cuya hipótesis era que el aire es azul, considerando dicha idea como insostenible, lo que propone es que la luz que es reflejada es de color azul, la transmitida es naranja o roja, por lo que existe una diferencia entonces en lo observable por la reflexión de la luz del cielo y la coloración que emana una nube ordinaria. La nube debe poseer partículas más grandes que las partículas de éter como para dispersarlas todas indiferentemente, esta noción de “más grande” o “más pequeño” está comparado desde el tamaño de las ondas.

Si se supone que las partículas reflectantes son muy pequeñas en comparación con el tamaño de las ondas, en una ola de luz lanzada, una pequeña porción se verá obstaculizada, si ahora se supone que minúsculas partículas se difunden en la atmósfera, las ondas de todos los tamaños que afectan a ellos, en cada colisión un parte de la onda se estará golpeando. La relación de la coloración de la luz blanca y las porciones dispersas de esta está dada por la relación: en cuanto más pequeña sea la onda, mayor será el tamaño relativo de cualquier partícula en la que la onda se impida su paso y mayor será la reflexión de esta.



*Ilustración 8. Diseño experimental propuesto por Tyndall para explicar el proceso de difusión de la luz en el firmamento.*

Por esta razón, Tyndall determina técnicas para la construcción de un cielo artificial que permita demostrar sus planteamientos sobre la coloración azulada del cielo. El gran número de casos que demuestran que las ondas de éter que emiten desde una fuente fuerte, como el sol o la luz eléctrica, son competentes para agitar partículas gaseosas. El aparato utilizado para ilustrar esto consiste en un tubo de vidrio de hasta 3 pulgadas de diámetro interno. El gas o vapor para examinar se introduce en este tubo, y sobre él se permite que el haz de luz condensado de la lámpara eléctrica actúe. El

vapor se elige de tal manera que uno al menos de sus productos de descomposición, tan pronto como se forma, se precipitará a una especie de nube. Al graduar la cantidad del vapor, esta precipitación puede ser emitida, formando partículas distinguibles por el ojo, o partículas que probablemente están mucho más allá del alcance de instrumentos microscópicos.

Ahora, en todos estos casos cuando los vapores adecuados se emplean en un estado suficientemente atenuado, no importa cuál sea el vapor, la acción visible comienza con la formación de una nube azul. La nube azul a la que se hace referencia aquí es totalmente invisible a la luz del día ordinaria. Es posible hacer que las partículas de esta nube actínica crezcan de un tamaño infinitesimal y totalmente ultramicroscópico a partículas de magnitud sensible; y a través de ellos, en una determinada etapa de su crecimiento, se produce un color azul. Introduciendo en el tubo una cantidad de aire mezclado y nitrito de butilo suficiente para deprimir la columna mercurial de una bomba de aire una vigésima parte de la pulgada del recipiente y añadiendo una cantidad de aire y ácido clorhídrico suficiente para deprimir el mercurio media pulgada más, a través de este compuesto y la atmósfera altamente atenuada se envían el haz de la luz. Poco a poco dentro del tubo surge un espléndido azul, que se fortalece por un tiempo, alcanza un máximo de profundidad y pureza, y luego, a medida que las partículas crecen pasa al azul blanquecino.

Pero hay otro tema relacionado con el firmamento, la polarización de la luz del cielo. Mirando varios puntos del firmamento azul a través del prisma de un Nicol, y girando el prisma alrededor de su eje, se notan variaciones de brillo. En ciertas posiciones del prisma, y desde ciertos puntos del firmamento, la luz parece ser transmitida en su totalidad, mientras que sólo es necesario girar el prisma alrededor de su eje a través de un ángulo de noventa grados para disminuir materialmente la intensidad de la luz. Experimentos de este tipo demuestran que la luz azul que envía el firmamento está polarizada, y en su estudio también se encuentra que la dirección de la polarización más perfecta es perpendicular a los rayos solares. Si el azul celestial como la luz ordinaria del sol, el giro del prisma no tendría ningún efecto sobre él; se transmitiría por igual durante toda la rotación del prisma.

Las partículas de la nube azul son inconmensurablemente pequeñas, pero crecen gradualmente en tamaño, y en un cierto período de su crecimiento dejan de descargar la luz perfectamente polarizada. La luz que llega, a través del Nicol es de un magnífico azul, muy superior en profundidad y pureza que el del cielo más puro; por lo tanto, las ondas que primero sienten la influencia del tamaño en ambos límites de la polarización son las ondas más cortas del espectro. Estos son los primeros en aceptar la polarización, y son los primeros en escapar de ella.



Ilustración 9. Formación del cono Tyndall-Faraday por acción de la luz blanca en un sistema coloidal.

Faraday (1857) retoma los trabajos de Tyndall para determinar las propiedades del oro dividido, al dejar pasar un haz de luz y observar la dispersión de la misma en un cono perfectamente formado (conocido posteriormente como cono Tyndall-Faraday), luego de emplear métodos mecánicos como martillar o triturar partículas de oro y la reducción química con fósforo, para determinar sus coloraciones, concluyendo que los coloides son entonces ópticamente activos. Ya sabía gracias a los trabajos de Graham que los coloides poseían una incapacidad de difusión y lo descubierto brindaba una nueva herramienta para diferenciar estos sistemas.

En ese mismo sentido, Zsigmondy (1926), mediante la diálisis de Graham, determinó que las partículas de oro finamente dividido se comportaron como coloide, las partículas de oro no pasaron a través de una membrana de pergamino.

La primera publicación de soluciones de oro fue desaprobada, pues al repetir los experimentos por la comunidad, sin tener el cuidado necesario, se obtuvieron líquidos turbios y generalizaron experiencias y denominaron *suspensiones* a los líquidos obtenidos por Zsigmondi. Visión apoyada por la baja emisión de energía osmótica, la ausencia de reducción medible del punto de congelación y que las soluciones de oro mostraron un cono de luz Faraday-Tyndall y aparecieron como no homogéneas. Por esta razón, Zsigmondi determina que:

Si se hubiera aceptado como suspensiones no habría razón para preocuparse por las siguientes preguntas que se han vuelto extremadamente importantes para la química coloidal:

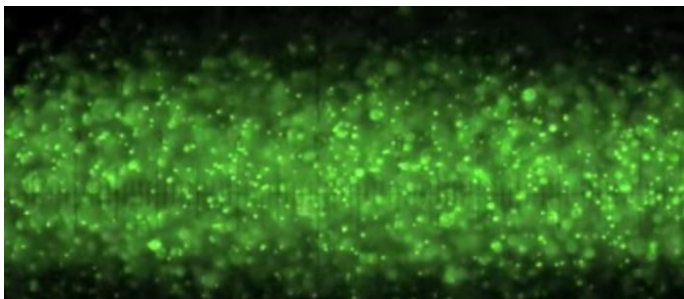
- ¿Qué tamaño de partícula tienen las partículas coloidales?
- ¿Son moléculas o agregados de moléculas?
- ¿Cuántos átomos contiene una partícula de oro?
- ¿Por qué la emisión de energía osmótica es tan baja con soluciones de oro?
- ¿Es el cono de luz Faraday-Tyndall una característica esencial de ellas o es incidental como para observarse en todas las soluciones coloidales?

Para dar respuesta a estos interrogantes, propone que es probable que las dispersiones coloidales tal vez no ejercen presión osmótica como se creía en ese momento, que las partículas de oro de las soluciones coloidales tienen una carga eléctrica negativa, al igual que las de

muchos otros coloides irreversibles. La carga eléctrica es muy importante con estos coloides, ya que es la causa principal de su estabilidad. Si se quita esta carga de las partículas, al agregar sales, la agregación de partículas ocurre inmediatamente y el sistema se coagula. Externamente, esto se nota con el oro coloidal por el cambio de color de rojo a azul. En el ultramicroscopio no solo un cambio de color de las partículas individuales se nota, pero también un cambio importante en el número de partículas.

Con estas exposiciones se presenta un campo interesante que se llama “cambios de estado de soluciones coloidales”. La mayoría de estos cambios se debe a la unificación o separación de las partículas, como lo son: la unificación de partículas por agregación y cristalización. Los cambios de estado son particularmente notables en la formación de una gelatina. Son accesibles para la observación directa en el ultramicroscopio (Zsigmondy, 1926).

Hace más de veinte años, a veces se afirmaba que la conductividad de las soluciones coloidales se debía solo a las impurezas de los electrolitos disueltos con cristaloides. Esto parecía a priori improbable porque las partículas coloidales cargadas eléctricamente que se mueven en una corriente eléctrica tendrían que participar en el transporte de electricidad de la misma manera que los iones ordinarios; solo quedaba la cuestión de qué parte tienen las partículas coloidales en el transporte de electricidad. Fue, por lo tanto, primero necesario separar las soluciones coloidales de los electrolitos mezclados. Esto se hizo por ultrafiltración, un método que ya había sido utilizado por Duclaux, determinando que la partícula coloidal con los iones de carga



*Ilustración 10. Observación de un coloide por ultramicroscopio en aumento de 10X*

adheridos a su superficie y los iones disociados de ella que compensan la carga de la partícula externamente. El concepto "micela" ha demostrado ser extremadamente fructífero al evaluar la composición y el comportamiento eléctrico de las partículas coloidales (Ostwald, 1915) (Zsigmondy, 1926).

Zsigmondy, propone entonces que una posible imagen que se obtiene de los coloides sería entonces:

- En estado gaseoso y en solución cristaloidal, las sustancias siempre se subdividen en sus moléculas, se mueven libre e independientemente unas de otras y obedecen las leyes de los gases.



- El hecho de que el peso molecular de los compuestos químicos pueda calcularse a partir de la presión de vapor y las mediciones osmóticas se debe al hecho de que las moléculas de un compuesto químico dado son todas iguales entre sí, como propone Wilhelm Pfeffer en 1877.
- Las peculiaridades de las soluciones electrolíticas encontraron su explicación en la teoría de la disociación de Svante Arrhenius.
- Las partículas de las soluciones coloidales son más grandes que las moléculas y con frecuencia deben considerarse como agregados de moléculas; pueden ser de diferente tamaño incluso cuando se trata de soluciones de la misma sustancia. Sin embargo, se les aplican las mismas leyes que la teoría molecular estableció para las moléculas. Sin embargo, debido a la diferencia en su masa, no es posible determinar exactamente el peso molecular de la sustancia disuelta a partir de mediciones osmóticas, pero, por otro lado, las partículas a menudo tienen la ventaja de ser directamente visibles. De esta manera, obtenemos una idea de su tamaño absoluto de otra manera.

Por último, la ampliación de este campo durante el siglo XX presenta el auge del estudio de la teoría coloidal de las proteínas en la cual se pensaba que el Estado coloidal era producto no de macromoléculas sino de pequeñas moléculas agrupadas de manera desorganizada punto hasta ese entonces los estudios son moléculas inorgánicas coloidales de mostraban un comportamiento similar con la celulosa caucho algunas proteínas y otras moléculas orgánicas. La insolubilidad en agua de las moléculas grandes permitía determinar que las proteínas podrían presentar este estado coloidal por qué se disolvieron en agua y se conlleva la idea de que las moléculas pequeñas. Fisher era un seguidor de la teoría coloidal de las proteínas y se oponía a la idea de que las moléculas estaban constituidas por largas moléculas de aminoácidos; ideas que surgen ante el fracaso que presentaba el tratar de sintetizar polímeros de proteínas, aunque algunos estudios como la hidrólisis de la caseína demostraban que podrían seguir sucesivos procesos de hidrólisis por lo tanto dicha molécula podría presentar un tamaño molecular mucho mayor. A su vez Graham proponía que los coloides deben ser agregados de cristaloides incapaces de cristalizar y con tendencia a variar sus propiedades físicas, esta cuestión ponía en duda la consideración de las proteínas como coloides ya que se había demostrado en el pasado que se cristalizaban (Valpuesta, 2008).

El análisis histórico permite entonces reflexionar sobre la disciplina desde el estudio de los coloides, su estructura, los objetos de estudio, los problemas sobre los que se indaga, los

procederes que se consolidan, los lenguajes que se construyen. Este tipo de análisis no corresponde con retomar hechos, ideas, relaciones y consideraciones previas o cuestiones anecdóticas de la historia de la ciencia, pues este consiste en establecer un diálogo con los autores a través de sus escritos, con miras a la estructuración particular de los fenómenos abordados. Este diálogo es intencionado ya pretende establecer nexos con el conocimiento común.

En ese sentido, cuando se contemplan los escritos realizados por científicos que exhiben los resultados de sus cuestionamientos y su actividad experimental para el estudio de los coloides, se identifica un lenguaje específico y un interés particular en dar razón de cómo proceder para explicar el comportamiento de las sustancias al interactuar con otras. Como expuso Faraday al retomar la experiencia de Tyndall para poder explicar el cambio de coloración del oro (de amarillo a rojo violeta al tritularlo finamente), concluyendo que dicho fenómeno ocurre debido a la dispersión de la luz en las partículas de oro. Como también expuso Graham por su parte para explicar el paso de sustancias a través de una membrana, para poder establecer una diferenciación como *cristaloides* y *coloides*. Y lo anterior, propuesto y discutido por Zsigmondi para la obtención de su premio nobel desde la necesidad instrumental expuesta en la construcción de ultramicroscopio para explicar su naturaleza.

Al abordar un fenómeno de interés para la enseñanza de las ciencias, se encuentra que este ha sido tratado previamente, cuyos aportes conllevan a la mirada actual. Por ello, no se debe considerar que exista un acumulado con el tiempo, se debe más bien considerar una coincidencia entre planteamientos de algunas preocupaciones o preguntas. Por ello, la labor del educador en ciencias supone un ejercicio de vinculación de la actividad de comprender los fenómenos que se estudian y que luego se convierten en objetos de estudio para otros.

Al relacionarse con los autores de los textos originales desde preguntas propias que formula el educador desde su práctica en aula, que no toman forma de manera inmediata y casi nunca anteceden a la lectura original, permite que se modifiquen y se creen nuevas intenciones sobre la lectura. La lectura original de los científicos se orienta por inquietudes iniciales que se modifican en la medida en que son puesta a prueba y cuestionadas en el diálogo (Malagón, Ayala, & Sandoval, 2013). Entre estos cuestionamientos surge un interés particular en el diseño de estrategias experimentales, que permitan establecer relaciones en el comportamiento de los sistemas dispersos, por lo cual se orienta la mirada a *¿qué características y criterios se atribuye al comportamiento de las sustancias al analizar su interacción con la energía y el uso de*

*instrumentos de medición para dar cuenta de la organización del fenómeno de la solubilidad de las sustancias?*

En ese sentido, se retoman y diseñan experimentos que permitan argumentar y dar un sentido a la actividad en aula desde el análisis histórico realizado. Desde la intención pedagógica orientada por el análisis histórico, se descartan y diferencian nuevas facetas sobre las formas que adopta el experimento y la relación que guarda con la teoría. De esta manera, el docente ubica espacial y temporalmente los gestores, descubrimientos y errores que se han dado a lo largo del devenir de las ciencias con el fin de presentar la dinámica del quehacer científico; no bajo el uso común en los textos por el uso de versiones cronológicas y anecdóticas; pues se pretende rescatar argumentos que estuvieron a la base de diferentes planteamientos científicos que se han gestado a lo largo de la historia, tratando con ello de reivindicar el carácter racional de las ciencias. De esta manera se busca transformar las imágenes que tienen los individuos acerca de la ciencia y del quehacer científico.

Es entonces el maestro quien determina y busca solución a los problemas vinculados a la dinamización de los procesos cognitivos en el aula, pues el docente como orientador del conocimiento posee preguntas por resolver y criterios para organizar el trabajo de exploración histórica según los intereses e interrogantes a partir de su actuación en el aula, por lo que le compete propiamente al educador, realizar el análisis histórico-crítico con propósitos pedagógicos. En ese sentido, la revisión histórica de los textos de Ostwald, Graham, Tyndall, Faraday y Zsigmondi sobre el estudio de los coloides ha brindado elementos tales como:

- Comprender que “el tamaño de partícula” es un proceso de construcción que no surge meramente de la observación ni de la lectura de los textos.
- Las propiedades nanoscópicas de la materia, como las presentadas en el análisis del oro de Cassius expuesto por Faraday y Zsigmondi se convierten en un punto clave para centrar la atención en la actividad experimental y en el establecimiento determinante de criterios como la dispersión, absorción y reflexión de la luz. Pues es a partir del cambio de coloración que exhibe el oro que se constituyen los pilares sobre la naturaleza coloidal de este.
- La recopilación organizada de la actividad experimental de Ostwald permite clarificar los experimentos propuestos por los científicos y exhibe propiedades en las cuales se puede centrar la atención (turbidez, electroforesis, formación de cono Tyndall-Faraday, viscosidad) y proponer que son las variaciones de concentración y temperatura puntos clave para la comprensión del fenómeno.

Este tipo de análisis histórico-crítico con fines pedagógicos aporta a los docentes formas de ver el mundo, de configurar esquemas de organización de la experiencia y de criterios para ampliar la experiencia de los estudiantes. Con ello, se brindan razones para privilegiar ciertas concepciones o ciertos elementos que permitan reconsiderar, privilegiar y seleccionar fenómenos o configurar situaciones para dinamizar la actividad cognitiva de los estudiantes y, además, identificar elementos sobre los procesos de formalización, matematización y construcción de magnitudes y formas de medida que les permita orientar su trabajo pedagógico.

Como se expuso en la revisión de los textos originales, existe una condición histórica dada por la caracterización de Graham en *crystaloides* y *coloides* lo que permite centrar la atención de la comunidad científica en el estudio de los sistemas dispersos y de la definición de sus propiedades. Desde donde se retoman elementos para explicar la naturaleza coloidal del oro, del que originalmente, carecía de explicación bajo la consideración de “mezcla”, pues como propuso Berzelius, podría considerarse como un nuevo compuesto de oro.

Con relación a la enseñanza de las ciencias, particularmente de la química, se identifican dificultades en la caracterización de las sustancias y su comportamiento a partir de la interacción entre ellas. Con ello, es posible establecer una categorización inicial a partir de su comportamiento: se forman mezclas o se producen reacciones químicas. Esto dependerá del tipo de afinidad que exista entre ellas. Para abordar lo anterior, se parte de la idea de que existe una dificultad generalizada en la caracterización de dicha “afinidad” y las explicaciones que se establecen en torno a ello. Por ello, al realizar una revisión histórica de los textos originales de los científicos que centran su atención en el comportamiento de los coloides, es posible identificar los momentos, preguntas, técnicas, procedimientos e instrumentos que conllevan a la construcción de explicaciones de la naturaleza de las mezclas, particularmente de los coloides, como un tipo de mezcla con propiedades particulares que permiten diferenciarse de las disoluciones, las cuales son propuestas como un foco de enseñanza de la química.

Para evaluar dicho análisis se consideran las ideas propuestas por Anna Estany (1990), enfocando el estudio de los coloides desde sus valoraciones de una unidad básica (ub) como la situación de un campo de científico en un tiempo determinado. Para este caso, se considera la química de disoluciones y coloides a partir de los planteamientos de Graham (1861) ante la diferenciación de coloides y cristaloides y Tyndall (Ostwald, 1915).

Para considerar esta ub, se determina como cuerpo teórico el conjunto de teorías, reglas, leyes y todo el conjunto de conocimiento sistematizado que se tiene sobre el campo de

caracterización de los coloides. Graham parte de la volatilidad como una propiedad que proporciona métodos de separación, así como el poder difusor de las sustancias líquidas. Con respecto a la difusión, la diferenciación está dada por el poder de cristalizar, que en algunos casos es extremadamente lenta. Así, la baja difusibilidad no es la única propiedad de estas sustancias, también se distinguen por el carácter gelatinoso, aunque son en gran parte solubles en agua, se mantienen en solución con una fuerza muy débil (Graham, 1861).

Por otra parte, estas sustancias, generalmente tienen un carácter inerte ante ácidos y bases, pero también su peculiar agregación física con la indiferencia química mencionada parece ser necesaria en sustancias que pueden intervenir en los procesos orgánicos de la vida, como sustancias del cuerpo animal. Dado que sus características físicas son similares a la gelatina, se propone designar y hablar de su forma peculiar de agregación como la condición coloidal de la materia. Opuesto a este estado, se encuentra la condición cristalina, denominándose cristaloides a aquellas sustancias que cumplen con dichas condiciones. La distinción es sin duda una de constitución molecular.

Siguiendo los planteamientos de Estany, se propone que este tipo de razonamientos cumplen con la estructura de concepto explicativo preferente, pues posee un elemento en su ontología que interviene en la explicación de todos los fenómenos a los que se aplica el cuerpo teórico. Además de ello, la idea actual de la diferenciación por el tamaño de partícula es otra estructura de concepto explicativo preferente.

De esta manera, se define la ontología del cuerpo teórico, constituida por los elementos sobre los que se teoriza la caracterización de disoluciones y coloides desde: la propiedad de difusión, establecida desde los experimentos de diálisis de Graham, donde existe un primer acercamiento a la idea de tamaño de partícula entre los coloides y los cristaloides por el paso a través de los poros de la membrana. Sumado a ello, las experiencias presentadas por Tyndall a partir del comportamiento de los coloides con la luz, da cuenta de un criterio diferenciador a partir de la difusión de la luz ante partículas dispersas que presentan un mayor tamaño de partícula.

Con respecto al campo de aplicación que propone Estany, como el conjunto de fenómenos que son explicados por el cuerpo teórico. Se ha permitido la ampliación de esta idea con relación a los autores presentados anteriormente desde la idea de formación de aglomerados debido a la elevada masa molecular que presentan este tipo de sustancias y la tendencia para formar atracciones entre sus moléculas para formar aglomerados. De allí la idea de "tamaño de partícula". Estas ideas, permiten explicar la formación de micelas en los coloides hidrofílicos y la

carga de las moléculas que pueden ser determinadas a partir de experiencias como la coagulación o la electroforesis. Así mismo, se amplía la visión del aspecto biológico debido a que la aglomeración de azúcares (como el almidón) o de proteínas llevan a cabo la estructuración de este tipo de mezclas.

Por lo anterior, es importante resaltar el papel que otorga Estany a los instrumentos y técnicas, como la interacción entre estos y el poder explicativo de las teorías. La identificación de un “tamaño de partícula” sigue siendo un concepto bastante complejo, debido a la carencia de experiencias a la mano que permitan dar cuenta de un tamaño específico. Es por ello, que al considerar las ideas de Zsigmondy, (1926) es evidente la necesidad que surge al interpretar las en el presente escrito recurriendo al desarrollo instrumental del ultramicroscopio, como herramienta que permite demostrar la propuesta establecida por el estudio de coloides y con ello se determinan sus propiedades y se atribuye el poder explicativo del mismo a las experiencias demostradas con relación a su comportamiento ante variaciones de temperatura (que favorecen el establecimiento de fuerzas intermoleculares) para modificar las propiedades físicas, así como su comportamiento con la luz (formación de cono Tyndall) y con la electricidad con la determinación de su elevada masa molecular por el paso que dejan en la matriz de estudio.

## **UN ANÁLISIS EXPERIMENTAL A PARTIR DE LA HISTORICIDAD DE LOS COLOIDES**

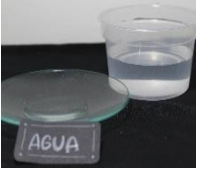


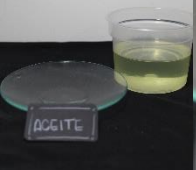



Dado el interés personal construido a partir de la revisión de los textos originales, se realizan experimentos que sean puestos a prueba por la autora desde el proceso creativo que suscita el quehacer docente y de las consideraciones históricas realizadas, para orientar la propuesta de aula a partir de las propiedades que exhiben los coloides. La distinción de los sistemas se encuentra entre las propiedades fundamentales y el comportamiento experimental de estos. Se habla de un “estado coloidal”, pues es independiente de la composición química. Todas las mezclas pueden comportarse como coloides en las condiciones de variaciones de concentración y temperatura apropiadas.

Para continuar, propuse un análisis experimental a partir de la historicidad de los coloides. La cual está basada en diversos experimentos analizados desde la percepción, la interacción materia-energía y el papel de la diálisis y difusión de las sustancias analizadas. Para ello se consideraron mezclas cuya fase dispersante fue el agua y como fase dispersa se empleó: sal, leche, gelatina, almidón, arcilla y aceite. Para ello, se tomó como referente el texto de Ostwald (1915) para orientar los experimentos. Se toman como variables las condiciones a las que se

expone la mezcla y la concentración de ellas. Ostwald propone que un aumento de la concentración refleja propiedades determinantes en la caracterización del estado coloidal.

Las sustancias más complejas, aquellas que presentan mayor masa molecular, son más susceptibles a la formación de coloide, entre más se aproxime a una solución verdadera, es menos probable que se considere como coloide (Ostwald, 1915). Para estas experiencias, se propone identificar la relación en mezclas líquido-líquido y líquido-sólido en un primer momento que pueden ser caracterizadas como homogéneas o heterogéneas. La relación que exista entre ellas y la variación de sus propiedades permitirá dar cuenta de los elementos que permiten la clasificación anterior. El agua se considera como “blanco”, es decir, como punto de comparación entre las mezclas. En la siguiente tabla se presentan las sustancias y mezclas empleadas:

Tabla 2. Muestras empleadas para el análisis experimental

		
<p><i>Agua (blanco)</i></p>	<p><i>Sal común</i></p>	<p><i>Leche</i></p>
		
<p><i>Aceite</i></p>	<p><i>Arcilla</i></p>	<p><i>Almidón</i></p>
		
<p><i>Gelatina</i></p>		

## DESCRIPCIONES A PARTIR DE LA PERCEPCIÓN DE LOS COLOIDES

Con relación a la percepción se analiza el color. Cuando se observa una mezcla se puede distinguir una o más tonalidades, lo que se convierte en un primer indicativo de si hay una o más sustancias en la mezcla. Por ello, el agua y el aceite se clasifican como no solubles, mientras que en las demás, las tonalidades que revelan aparentan corresponder a un mismo sistema, en el que una sustancia se mezcla en otra.




## PROPIEDADES DE LOS SISTEMAS DISPERSOS: LA TURBIDEZ

Retomando la idea sobre el “color” que reflejan las mezclas, también existe un indicativo: en el agua con sal permanece incolora y al aumentar la concentración, hay pequeños cristales de sal que no se mezclan, pero en el caso de la gelatina, el almidón y la arcilla cuando se adiciona un poco de cada polvo en el agua el color es levemente pastel o blancuzco, una propiedad que se intensifica al aumentar la cantidad de este en el agua. Por lo tanto, se analiza la turbidez, como un grado de transparencia que pierde el agua por la presencia de otra sustancia, que es evidente en las mezclas mencionadas. “Son más turbias”. Pero también considero que este tipo de polvo en el agua debe ser aún más grande que el de la sal, pues de alguna manera u otra, “se observa”, hace que el agua ya no luzca incolora. Ostwald (1915) propone que la prueba se realiza en un recipiente de vidrio de pared delgada, se coloca una capa gruesa del líquido en cuestión contra un fondo negro, este puede ser un papel negro o preferiblemente un terciopelo negro, para este caso, se empleó una cartulina negra.

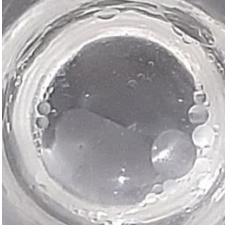

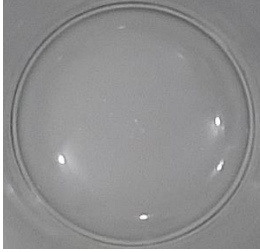

En caso de que la mezcla sea incolora, será posible observar una coloración blanca-grisácea con un leve brillo característico. Pero, si la sustancia es colorida, se debe diluir o dejar una capa muy delgada en el fondo del recipiente. Se observará una mezcla de colores y en menor cantidad un blanco opaco, lo que dará como resultado la formación de “colores lechosos”.

Los resultados obtenidos para las mezclas propuestas son los siguientes:

*Tabla 3. Comparación de resultados del ensayo de turbidez.*

		
<i>Agua (blanco)</i>	<i>Agua con sal común</i>	<i>Agua con leche</i>



		
<i>Agua con aceite</i>	<i>Agua con arcilla</i>	<i>Agua con almidón</i>
		
<i>Agua con gelatina</i>		

En ellos es evidente cómo la turbidez de los sistemas se ve afectado en los casos donde se emplean coloides (la fase dispersante es agua), en las que se perciben tonos blancuzcos y pasteles que obstaculizan la observación del fondo del recipiente o de sus paredes.




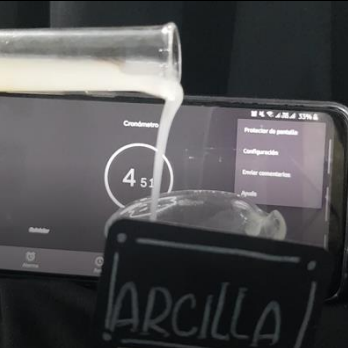


### **PROPIEDADES DE LOS SISTEMAS DISPERSOS: VISCOSIDAD**

Otra propiedad interesante en sus propiedades es la viscosidad. Oswald plantea que la viscosidad de los coloides es considerablemente mayor que la de las disoluciones. En algunas experiencias comunes como la preparación natillas, gelatinas o al calentar agua con sal, se observan cambios característicos con respecto a su textura y con ello, a su viscosidad, por lo que este tipo de experiencias se convirtieron en una forma de analizar las mezclas, lo cual se extiende al hablar de la interacción materia-energía.

Ostwald (1915) propone que los coloides en baja concentración presentan una viscosidad imperceptiblemente mayor que la del medio de dispersión puro. Atkins (1978) y Petrucci (1972) proponen que la viscosidad de los coloides aumentará con relación al aumento de la concentración de soluto. La viscosidad también será una variable a estudiar en el caso del aumento y disminución de la temperatura para el caso de los coloides. En las disoluciones, no es evidente una variación de la viscosidad a partir de la concentración que sí se presentan en los coloides, así como el aumento de la viscosidad en los coloides al aumentar la temperatura.

Para la prueba se emplea una pipeta volumétrica de 10 mL, se toma la muestra y se determina que el tiempo de salida. Ostwald (1915) plantea que, a volumen constante, la viscosidad será inversamente proporcional a la velocidad, es decir, a mayor velocidad de salida, menor viscosidad presenta la mezcla. Para considerar lo anterior, se emplea un cronómetro para establecer el tiempo como una magnitud relacionada con la velocidad de salida de las mezclas. Entre los resultados se resalta en almidón, arcilla y gelatina un aumento considerable de la viscosidad, en la gelatina es más evidente que al haber un aumento de la concentración, el estado líquido desaparece, acercándose más al sólido. Al dejar en reposo el almidón y la arcilla se sedimenta la fase sólida y se tiende a formar un aglomerado.

Tabla 4. Comparación de resultado del ensayo de viscosidad


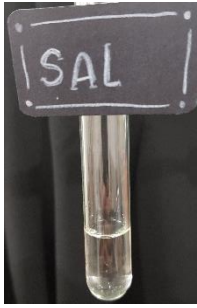

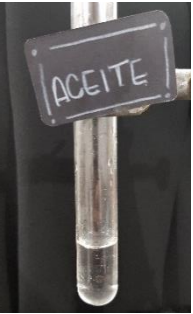



		
Agua con sal común, $t=13\text{ s} // 11\text{ s} // 11\text{ s}$	Agua con leche, $t= 15\text{ s} // 13\text{ s} // 18\text{ s}$	Agua con aceite, $t= 12\text{ s} // 18\text{ s} // 21\text{ s}$
		
Agua con arcilla, $t= 20\text{ s} // 26\text{ s} // 30\text{ s}$	Agua con almidón, $t= 10\text{ s} // 19\text{ s} // 34\text{ s}$	Agua con gelatina, $t= 9\text{ s} // - // -$

## PROPIEDADES DE LOS SISTEMAS DISPERSOS: FORMACIÓN DE FASES POR AGITACIÓN

Otra propiedad que se considera es la formación de fases, tanto en reposo como tras agitación. En la mezcla agua-sal se percibe una misma cualidad en ambos casos: solo se observa una fase, a menos que aumente la cantidad de sal en el agua, una parte, no se mezclará con el resto


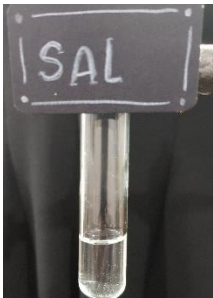




del agua. A diferencia de la gelatina, arcilla, leche y almidón tras el reposo (alrededor de 1 hora) se observan 2 fases y al agitar permanecen formando una sola fase. Lo cual lleva a pensar que debe existir una relación entre la masa de las sustancias presentes y la acción de la gravedad sobre estas, por lo que se pensaría que el almidón, la arcilla, leche y la gelatina serán más pesados que la sal.

Tabla 5. Comparación de resultados ensayo formación de fases por agitación (concentración al 3,33%)

Concentración 3,33% m/V		
		
<i>Agua (blanco)</i>	<i>Agua con sal común</i>	<i>Agua con leche</i>
		
<i>Agua con aceite</i>	<i>Agua con arcilla</i>	<i>Agua con almidón</i>
		
<i>Agua con gelatina</i>		

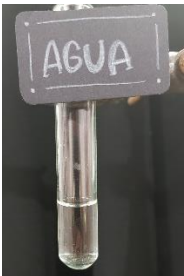






La determinación de las fases de agitación permite identificar la formación de soluciones homogéneas o dispersiones con dichas características y de esta manera permite excluir el aceite con el agua como una mezcla homogénea gracias a la formación de 2 fases inmiscibles. Asimismo, el color es un patrón de referencia para dar cuenta de la formación de una sola fase en mezclas como la leche, el agua con sal, la gelatina, el almidón y la arcilla cuando presentan una baja concentración en el agua. Al aumentar la cantidad de soluto se presenta la formación de un precipitado en el fondo del recipiente, lo que podría interpretarse como sustancias que son afectadas por acción de la gravedad; así pues, existirá una relación con la masa que poseen. Ostwald (1915) plantea que la variación de la concentración es una propiedad que revela algunas características de las sustancias como lo es la formación de precipitados en reposo (perceptible en la evidencia) y un aumento considerable de la viscosidad, como en el caso de la gelatina, el almidón y la arcilla que toma un aspecto más similar a una “masa” que a una mezcla líquida.

Tabla 6. Comparación de resultados ensayo formación de fases por agitación (concentración al 50%)

Concentración 50,0% m/V		
		
<i>Agua (blanco)</i>	<i>Agua con sal común</i>	<i>Agua con leche</i>
		
<i>Agua con aceite</i>	<i>Agua con arcilla</i>	<i>Agua con almidón</i>


<i>Agua con gelatina</i>


Tabla 7. Comparación de resultados ensayo formación de fases por agitación (concentración al 50%)

Concentración 100% m/V		
		
<i>Agua (blanco)</i>	<i>Agua con sal común</i>	<i>Leche</i>
		
<i>Aceite</i>	<i>Agua con arcilla</i>	<i>Agua con almidón</i>
		
<i>Agua con gelatina</i>		

## PROPIEDADES DE LOS SISTEMAS DISPERSOS: FORMACIÓN DE FASES EN REPOSO







Con respecto a las fases en reposo es posible identificar que dentro de las características de los coloides la precipitación al cabo de un tiempo cercano a una hora o 12 horas es notable, otorgando así leves propiedades de las mezclas homogéneas, pero así mismo se tiende a formar un aglomerado en el fondo del recipiente que da cuenta de la atracción entre el soluto y el solvente. Un aumento en la concentración evidencia mayor atracción que permite la combinación entre la sustancia que se disuelve en otra, por ejemplo, en el caso de la gelatina se acerca más al estado sólido perdiendo las características del líquido.

Tabla 8. Comparación de resultados ensayo formación de fases en reposo (concentración al 3,33%)

Concentración 3,33 % m/V		
		
<i>Agua (blanco)</i>	<i>Agua con sal común</i>	<i>Agua con leche</i>
		
<i>Agua con aceite</i>	<i>Agua con arcilla</i>	<i>Agua con almidón</i>


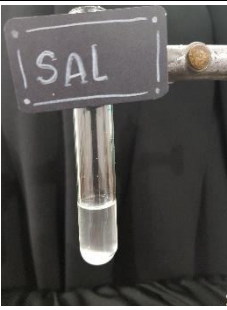






<i>Agua con gelatina</i>

Tabla 9. Comparación de resultados ensayo formación de fases en reposo (concentración al 50%)

Concentración 50,0% m/V		
		
<i>Agua (blanco)</i>	<i>Agua con sal común</i>	<i>Agua con leche</i>
		
<i>Agua con aceite</i>	<i>Agua con arcilla</i>	<i>Agua con almidón</i>


<i>Agua con gelatina</i>

Tabla 10. Comparación de resultados ensayo formación de fases en reposo (concentración al 100%)

Concentración 100% m/V		
		
<i>Agua (blanco)</i>	<i>Agua con sal común</i>	<i>Leche</i>
		
<i>Aceite</i>	<i>Agua con arcilla</i>	<i>Agua con almidón</i>
		
<i>Agua con gelatina</i>		








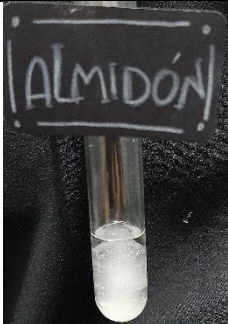
## INTERACCIÓN MATERIA-ENERGÍA

Con relación a la interacción materia-energía, analizo 3 aspectos a partir del análisis histórico propuesto desde Tyndall (1873) y Ostwald (1915) desde el calor, la luz y la electricidad.

### ENERGÍA EN FORMA DE CALOR: VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA

La disminución de la temperatura permite dar cuenta de que se favorece la precipitación de los coloides, así como una cristalización del agua, es claro que no hay una interacción directa entre la fase dispersa y dispersante tras la disminución de la temperatura mientras que en el caso de las disoluciones se da cuenta de una propiedad coligativa de estas que es el descenso crioscópico en la cual el agua no presenta un proceso de cristalización. En el aumento de la temperatura, se eleva la viscosidad de los coloides, como es el caso del almidón y la gelatina, en los que el cambio en sus propiedades es más evidente.




Tabla 11. Comparación de resultados ensayo variación de la temperatura (concentración al 3,33%)



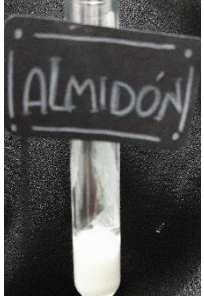

Concentración 3,33 % m/V		
		
<i>Agua (blanco)</i>	<i>Agua con sal común</i>	<i>Agua con leche</i>
		
<i>Agua con aceite</i>	<i>Agua con arcilla</i>	<i>Agua con almidón</i>



En algunas experiencias se aprecia que al calentar o al enfriar una sustancia puede cambiar su estado físico, esto sería: el agua se congela, el hielo se derrite o el agua se evapora, pero quizá no hemos prestado atención cuando ese estado físico se presenta como el estado coloidal, donde un aumento de la viscosidad al aumentar la temperatura es un indicio de su formación; o en su defecto, la formación de cristales, en el estado cristaloidal, como lo denominaría Graham (1861). Pero algo aún más interesante ocurre cuando se congelan estas sustancias: el agua se congela, parece obvio si ya hemos tenido esta experiencia, pero cuando se aumenta la concentración de la sal, ya no lo hace y cuando están presentes sustancias como el almidón o la arcilla, sí se congela, pero separa la mezcla, la arcilla se queda en la parte de abajo, mientras que el agua se congela arriba.


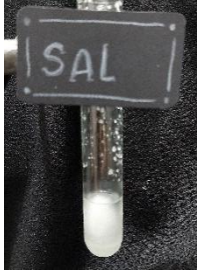

*Tabla 12. Comparación de resultados ensayo variación de la temperatura (concentración al 50%)*




Concentración 50,0% m/V		
		
<i>Agua (blanco)</i>	<i>Agua con sal común</i>	<i>Agua con leche</i>

		
<i>Agua con aceite</i>	<i>Agua con arcilla</i>	<i>Agua con almidón</i>
		
<i>Agua con gelatina</i>		

Esto conlleva a pensar en algunos contenidos que se exponen en la clase de química, cuando se habla sobre las propiedades coligativas, entre ellas, el “descenso crioscópico” (Petrucci, 1972), parece que no cobra sentido hasta que se observa “con sus propios ojos”, pero entonces ¿por qué se le atribuyen estas propiedades a mezclas como el agua con sal? ¿Qué ocurre con las otras?

*Tabla 13. Comparación de resultados ensayo variación de la temperatura (concentración al 100%)*

Concentración 100% m/V		
		
<i>Agua (blanco)</i>	<i>Agua con sal común</i>	<i>Leche</i>

		
<p><i>Aceite</i></p>	<p><i>Agua con arcilla</i></p>	<p><i>Agua con almidón</i></p>
		
<p><i>Agua con gelatina</i></p>		

Por otra parte, la variación de la temperatura exhibe propiedades que diferencian los sistemas dispersos, como lo es la formación de cristales tras la evaporación del agua en la mezcla agua-sal, cuestión no presentada en los coloides, de los cuales se puede afirmar que no cristalizan, tal y como propone Oswald en su clasificación *coloides* y *cristaloides*. Por otra parte, la disminución del punto de congelación es evidente en la disolución agua-sal, pues un aumento de su concentración impide la cristalización del agua, comparada con el agua, en el caso de los coloides, una disminución de la temperatura conlleva a una separación entre las fases que intervienen, según sea su concentración.




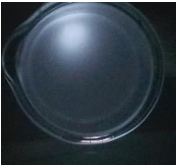


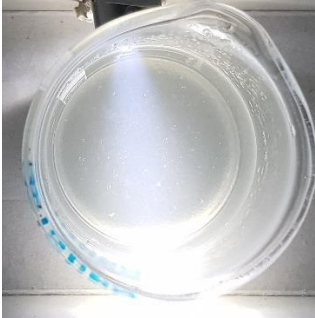
Por ello, continuando con las ideas que se consideraron sobre la acción de la gravedad sobre la masa de la sustancia en fase dispersa, y sobre el tamaño al mezclarse con el agua; se establece con ello una primera explicación. El almidón, la gelatina, la leche y la arcilla son más “grandes” y “pesadas” que el agua.

## **ENERGÍA EN FORMA DE LUZ: ACCIÓN DE LA LUZ BLANCA EN LOS SISTEMAS**

A partir de los experimentos de Tyndall y Faraday es evidente la formación del cono de luz gracias a la dispersión de esta por las partículas dispersas en la mezcla una disminución de la concentración favorece la visualización del cono mientras que un aumento en la concentración

lo dificulta. En las disoluciones no se percibe difusión de la luz, mientras que en los coloides se presentan 2 situaciones: a bajas concentraciones se dispersa la luz formando el cono característico y en otros se absorbe completamente la luz generando un destello “acumulado” sobre la emisión en la mezcla.

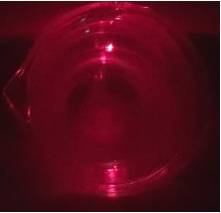

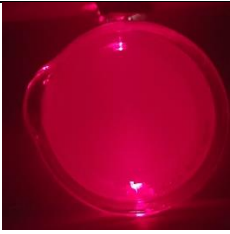



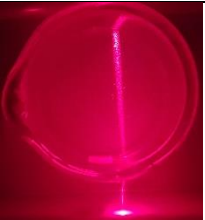
Tabla 14. Comparación de resultados ensayo interacción luz blanca-mezclas (concentración al 3,33%)

Concentración 3,33 % m/V		
		
<i>Agua (blanco)</i>	<i>Agua con sal común</i>	<i>Agua con leche</i>
		
<i>Agua con aceite</i>	<i>Agua con arcilla</i>	<i>Agua con almidón</i>
		
<i>Agua con gelatina</i>		

## ENERGÍA EN FORMA DE LUZ: ACCIÓN DE LA LUZ LÁSER EN LOS SISTEMAS

El recorrido que presenta la luz láser dará cuenta del fenómeno Tyndall con relación al trayecto visible en la superficie de cada 1 de los coloides en cuestión no relacionada en las disoluciones, pero se demuestra que el aumento de la concentración favorece a la formación de dicho fenómeno en la superficie de las mezclas.

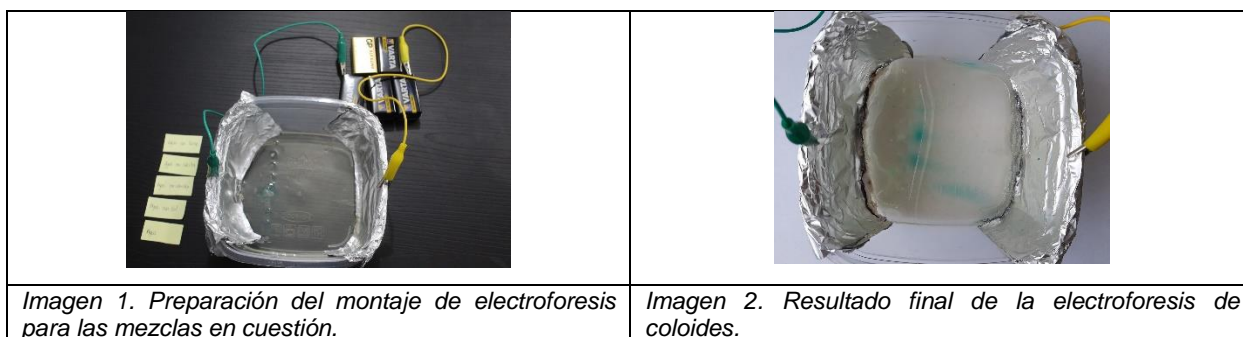
Tabla 15. Comparación de resultados ensayo interacción luz láser-mezclas (concentración al 3,33%)

Concentración 3,33 % m/V		
		
<i>Agua (blanco)</i>	<i>Agua con sal común</i>	<i>Agua con leche</i>
		
<i>Agua con aceite</i>	<i>Agua con arcilla</i>	<i>Agua con almidón</i>
		
<i>Agua con gelatina</i>		

Tyndall (1873) plantea que la luz interactúa con partículas dispersas y que estas reflejarán, absorberán o difundirán la luz, pero estas partículas necesariamente deberán relacionarse con la longitud de onda de la luz fuente. Por ello, el láser y la luz blanca con una longitud de onda entre 400 y 700 nanómetros se convierte en un punto de referencia y la fuente en un instrumento que permitirá determinar dicha relación. Al observar que la luz se difunde, lleva a pensar en algunas experiencias al emplear un láser. Pareciese la luz solo se observaba al “chocar” contra una pared, no se puede observar hacia dónde se dirige, necesariamente debe existir una “superficie” para verla, por ello pienso, este tipo de sustancias, como la gelatina o el almidón deben ser de un tamaño cercano al de esta longitud y así “chocar” entre ellas, para difundir la luz en varias direcciones y así formar el característico cono de Tyndall. Explicación que refuerza la explicación personal sobre el tamaño y la masa que tendrían estas sustancias. Así mismo se encontró que al estar disuelta la sustancia (a menor concentración) revelaba mejor esta característica, por ello, se consideraron las demás experiencias de esta manera.

## ENERGÍA EN FORMA DE ELECTRICIDAD: ELECTROFORESIS

En este experimento, se propone que al inducir el sistema con cargas eléctricas mediante un alto voltaje se puede determinar la dirección en la que se desplazan las sustancias y así determinar la carga del coloide. Para este experimento se puede emplear un tubo en u con corchos provistos de electrodos de platino que se sumergen en la disolución, se determinará como negativa si se dirige hacia en ánodo o positiva, si se dirige al cátodo. También se puede realizar un montaje simple en un recipiente plástico con gelatina sin sabor y una solución de bicarbonato de sodio (buffer) con aluminio a los laterales como electrodos, pinzas cocodrilo y 5 pilas en serio de 9 V cada una (45 V en total del montaje). En montaje realizado es el segundo que se propone, se evidencia un desplazamiento del pigmento empleado lo cual permite afirmar que existe una diferencia de cargas en los sistemas, que permite que sean atraídos por el polo opuesto de la fuente, de igual manera, se evidencia que la disolución estudiada: agua-sal, presenta un mayor desplazamiento, atribuyendo a esta la característica de presentar mayor diferenciación en sus cargas que con respecto a los coloides estudiados.



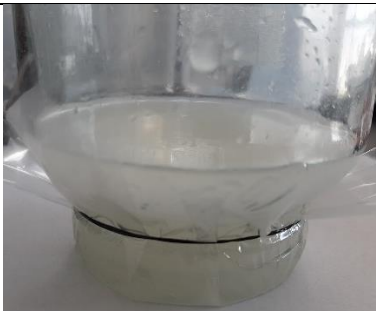
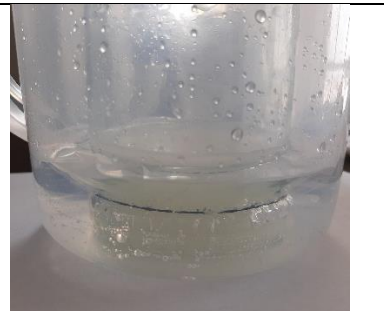

A partir de experiencias como la electroforesis, en la cual se propone que estas sustancias poseen además de masa, carga, y que la acción de un campo eléctrico dará cuenta de ello. Lleva a proponer que la fuerza eléctrica que se ejerce sobre la sustancia se relacionará con la masa que posee y por ello, al emplear un colorante se traza una trayectoria que se marca sobre el montaje, lo que indicará cuáles son las sustancias más “pesadas”, confirmándose con las hipótesis anteriores, el agua con sal sería la más liviana, mientras que las demás, no trazan un amplio camino como esta.

## DIÁLISIS – MEMBRANA ARTIFICIAL

Este consiste en el uso de membranas que permitan el paso de sustancias al interior de estas. Para ello se emplea una membrana artificial como el celofán. Al interior del envase se prepara

una mezcla del coloide con la disolución ideal blanco (NaCl) se cubre con el celofán y se emplean ligas para evitar la salida o ingreso de agua al interior. Luego se sumerge bocabajo en un recipiente con agua destilada por 1-2 horas.

Se espera que, desde las propiedades de los coloides, estos no pasen la membrana, mientras que la solución verdadera, sí lo haga. Dadas las propiedades de estos 2 compuestos se propone que: se realice una prueba de conductividad eléctrica para el agua destilada (previa al experimento) y otra al finalizar, para dar cuenta de la presencia de electrolitos que pasaron de la solución interna a la externa. Para el caso del almidón se puede aplicar la prueba del Lugol a la solución externa. Una coloración violeta indica el paso de este a través de la membrana.

		
<p><i>Imagen 3. Solución de almidón y cloruro de sodio al interior del envase cubierto por papel celofán.</i></p>	<p><i>Imagen 4. Solución de almidón y cloruro de sodio al interior del envase cubierto por papel celofán en envase exterior con agua destilada.</i></p>	<p><i>Imagen 5. Solución de almidón y cloruro de sodio al interior del envase cubierto por papel celofán.</i></p>






## **SOBRE EL PASO DE LAS SUSTANCIAS: DIFUSIÓN Y DIÁLISIS**

### **DIÁLISIS – MEMBRANA ANIMAL**





Para esta experiencia se hace uso de una membrana animal como la membrana testácea del huevo. Para ello, se requiere en un primer momento eliminar el carbonato de calcio exterior de la cáscara mediante una reacción con ácido acético en forma de vinagre. Esta reacción tarda alrededor de 12 horas en eliminar por completo el carbonato. Posterior a ello se debe lavar y se evidenciará la elasticidad de esta membrana.

Para la preparación de las disoluciones se emplean 5 g de cada soluto sólido en 50 mL de agua y en el caso de la leche se emplea de manera pura (debido a la presencia de agua ya existente). Se adiciona un colorante vegetal para que se evidencie el paso de las sustancias por la membrana. Se deja actuar durante 12 horas.



				
<i>Imagen 6. Huevo con cáscara en ácido acético en solución</i>	<i>Imagen 7. Etapas evidenciadas de la reacción del carbonato con el ácido acético</i>	<i>Imagen 8. Huevo sin cáscara posterior al lavado.</i>	<i>Imagen 9. Preparación de la disolución al 10%</i>	<i>Imagen 10. Disolución coloreada e ingreso del huevo.</i>

Posterior a las 12 horas se evidencia lo presentado en la siguiente tabla. Se recomienda emplear sustancias ya coloreadas para evitar que, en algunos coloides como el almidón, sea evidente la precipitación, mas no el paso por membrana (tergiversado por el paso del disolvente).

<b>SOLUCIÓN VERDADERA</b>	<b>DISPERSIÓN COLOIDAL</b>
	
<i>Imagen 11. Recipiente y solución coloreada de cloruro de sodio con huevo sin cáscara luego de 12 horas</i>	<i>Imagen 12. Recipiente y solución emulsión de leche con huevo sin cáscara luego de 12 horas</i>
	
<i>Imagen 13. Huevo al reventarse al estar en contacto con una solución coloreada de cloruro de sodio durante 12 horas.</i>	<i>Imagen 14. Huevo al reventarse al estar en contacto con una emulsión coloreada de leche durante 12 horas.</i>

Para concluir, a partir de los resultados obtenidos ha sido posible establecer algunos criterios que permiten establecer explicaciones para la autora y establecer criterios de diferenciación como:

- Las apreciaciones iniciales centradas en las propiedades organolépticas que suscita el estudio de las mezclas permiten dar cuenta de la presencia de 2 sustancias distintas en la combinación de estas. En el caso de los coloides, más perceptible, pues aumenta la turbidez del sistema.
- La acción del calor sobre las distintas mezclas permite ampliar los cuestionamientos frente al comportamiento de estas, pues en las disoluciones presentan propiedades características como la formación de cristales por evaporación de la fase dispersante, los coloides no presentan dicha característica.
- La disminución de la temperatura refleja la interpretación de las propiedades *coligativas* de las disoluciones, como lo es el aumento ebulloscópico y el descenso crioscópico, que no se manifiesta en los coloides, por el contrario, se presenta como un aumento de su viscosidad o conlleva a la definición de fases perceptibles al ojo humano.
- La acción de la luz sobre los sistemas considerando como punto de referencia la trayectoria de la luz de un punto A (inicial) a un punto B (final) demuestra que se requiere de superficies sobre las cuales “choca” para poder detectarlo. En el caso de un coloide, se construye una explicación considerando que las partículas de una de las fases se dispersan en la otra y que presentan una superficie tal, perceptible a los participantes, simulando un choque entre ellas para observar así su trayectoria.
- La comprensión del fenómeno Tyndall (cono Tyndall-Faraday) requiere de una apropiación primaria de la acción de la luz en un sistema, como se presenta en la consideración de la turbidez de las mezclas, así mismo, requiere de delimitaciones y orientaciones para poder interpretar su comportamiento en las mezclas. No es un punto de origen para explicar el fenómeno.
- La acción de la electricidad sobre los sistemas dispersos permite dar cuenta de la naturaleza eléctrica de la materia y ampliar las explicaciones de no considerar modelos “esféricos” o “de bolas” para explicar el movimiento de las partículas de la fase dispersa en la dispersante. Pues su complejidad aumenta al establecer un comportamiento similar entre las cargas, pero que en su desplazamiento en la electroforesis demuestran que no trazan un mismo camino, donde el término “peso” se convierte en una aproximación a la

idea de la masa de las partículas de un coloide, que impiden un desplazamiento similar al de las disoluciones.

- A partir de la acción de la electricidad en el sistema, surgen cuestionamientos sobre la separación de los componentes de la mezcla y a su vez, sobre la formación de la mezcla. Por ello, recurrir a instrumentos que permitan conducir a la idea de separación de los componentes de las mezclas amplía la visión microscópica que se elabora de las mezclas. Por ello, pensar en filtros, tamices y membranas como instrumentos que amplíen las observaciones, hace que sean necesarias construcciones individuales sobre la organización de las sustancias y su tamaño.
- La observación de los poros de las membranas y de las sustancias al microscopio permite que se construya una idea sobre cómo se organizan las sustancias, que como se ha expuesto desde los planteamientos de Ostwald y Zsigmondi, existe una organización particular en los coloides, los cuales, por su elevada masa molecular y la diferencia de cargas que presentan son capaces de formar aglomerados de moléculas, caracterizando así “el tamaño de partícula” cuestión que no se presenta en las disoluciones, pues el paso a través de los poros de las membranas, demuestra que su tamaño es menor, lo cual algunas fuentes denominan como “molecular”.
- La distinción entre los aglomerados de los coloides y las moléculas de las disoluciones se construye como un criterio diferenciador en los sistemas, que permite comprender por qué existe un estudio centrado en la cuantificación de las relaciones masa-moles-litros en las disoluciones.

### ***BIBLIOGRAFÍA ABORDADA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ESTE CAPÍTULO***

Asimov, I. (1965). Breve historia de la química. Madrid: Alianza Editorial S.A.

Berzelius, J. (1831). Ueber den Cassius'schen Glodpurpur von J. J. Berzelius. in Annalen der Physik, 306-308.

Faraday, M. (1857). Experimental relations of Gold (and other Metals) to Light. Paris: Acad. Sciences.

Graham, T. (1861). Liquid Diffusion applied to Analysis.

Hauser, E. (1939). Colloidal Phenomena. Nueva York: McGraw-Hill.

Iñigo, L. (2010). Breve historia de la alquimia. Madrid: Editorial Nowtilus.

Ostwald, W. (1915). A handbook of colloid chemistry. Leipzig: Philadelphia P. Blankiston's son & co.

Petrucci, R. (1972). Mezclas. En Química general (págs. 241-247). Wilmington: Fondo educativo interamericano.

Tyndall, J. (1873). Six lectures on light. Londres: Longmans, Green, And Co.

Zsigmondy, R. (1926). Properties of colloids. Nobel Lecture.

## **LA ENSEÑANZA DE LAS MEZCLAS EN EL AULA DESDE UNA PERSPECTIVA FENOMENOLÓGICA**

El campo de estudio de las mezclas suscita un interés en las formas en las que se organizan las sustancias para permitir su combinación con otras. Entre ellas, se centra la atención en los sistemas dispersos, entre los cuales se enfatiza en las disoluciones y en los coloides. Estos, aparentan propiedades similares desde la formación de una fase, pero sus propiedades son afectadas al variar las condiciones que rodean el sistema. Dentro de los criterios de clasificación y caracterización de estos sistemas se propone el “tamaño de partícula”, siendo lo micro una consecuencia de lo macro, sin permitir ampliar los razonamientos y cuestionamientos desde las construcciones a nivel macroscópico del mundo sensible para los estudiantes. Por ende, la presente propuesta, considera que existe un mundo macroscópico conocido sensorialmente por los sujetos, para el cual elaboran construcciones siendo la explicación de lo “micro” una manera de dar razón a sus cuestionamientos. Por ende, surge un interés para la autora en la manera en la que los docentes conciben la enseñanza de las mezclas y desde qué construcciones frente a la ciencia les permiten caracterizar los sistemas. A partir de ello se reconoce que la constitución de una imagen de ciencia en los docentes configura unas prácticas pedagógicas consecuentes con la misma. De esta manera Malagón, Ayala, y Sandoval (2013) proponen perspectivas de ciencia tales como:

- *Ciencia como producto*: En ella se reconoce que el conocimiento científico está articulado a lo largo de la historia y se desarrolla a través de planteamientos en torno al mundo, en esta surge cierto énfasis en lo que se podría denominar la lógica conceptual, donde el interés se centra en comprender cuáles son las concepciones y las formas de abordar el mundo que subyacen a las diferentes teorías estudiadas. Existe una pretensión de

mostrar cómo los diferentes conceptos, principios y leyes están relacionados y diferenciados a la luz de una concepción dada de mundo; se posibilita así ver por qué aparece un determinado principio y por qué se introducen ciertos conceptos para describir un fenómeno determinado.

- *Ciencia como proceso y actividad*: Esta perspectiva, desde la cual se orienta la presente propuesta, propone una intención directa en el ámbito pedagógico, pues se propicia el paso de una forma de ver el mundo a otra, en ella se inscriben vertientes constructivistas que se mueven con la preocupación de generar cambios conceptuales en los estudiantes. De esta manera, se permite comprender la actuación del maestro de ciencias pues existe una preocupación en la comprensión lograda por los estudiantes a partir de lo trabajado en clases y la articulación del conocimiento científico y el conocimiento que ya poseen los estudiantes. Surgiendo una preocupación por la dinamización de los procesos de conocimiento de los estudiantes, entendiéndose que no se trata de ejecutar en el aula de manera simplificada los diferentes pasos por donde ha podido circular o transitar la comunidad científica a lo largo de la historia, sino que se adopta como problema central el enriquecimiento del sentido común de los estudiantes.

Por dicha razón, se propone la generación de espacios en el aula para que sea posible la ampliación y organización de la experiencia, la construcción de explicaciones y la generación de preguntas e inquietudes por parte de los estudiantes, así como el fortalecimiento de sus formas de ver el mundo. De este modo, la preocupación central del docente está en generar condiciones para que los estudiantes en las clases de ciencias enriquezcan su sentido común a través de la interacción con los planteamientos científicos, el mundo cultural y el mundo físico al cual tienen acceso, dando lugar a una perspectiva de análisis de los fenómenos, denominada “perspectiva fenomenológica”.

Como herramienta para fundamentar lo anterior, se propone la orientación de la perspectiva fenomenológica y con ello, el papel del análisis histórico-crítico de textos científicos y sus aportes para la constitución de la dinámica de construcción de magnitudes que organizan los fenómenos a partir del establecimiento de relaciones entre cualidades. Así mismo, al analizar el papel del experimento en la construcción de conocimiento, se considera que permite el desarrollo de procesos de formalización y síntesis en la actividad que constituye el estudiante en el aula (Sandoval, Malagón, Garzón, Ayala, & Tarazona, 2018).

## LA COMPRESIÓN DE LA INTERACCIÓN DE LAS SUSTANCIAS EN LOS SISTEMAS DISPERSOS DESDE UNA PERSPECTIVA FENOMENOLÓGICA

La presente investigación orientada a la enseñanza de las mezclas parte de interrogantes como: ¿Por qué se combinan? ¿Cómo se organizan? En ese sentido, parte de 2 ideas ¿Cómo entiende la aurora “las mezclas”? esto es: ¿Cómo lo entiende el profesor? Y la perspectiva fenomenológica como una mirada que define el fenómeno de interés a estudiar y que orienta mi práctica de aula. De esta manera, se enfatiza en la ciencia como proceso y actividad, desde la que el análisis histórico permite comprender la ciencia como una actividad cultural, donde existe un interés por la comprensión de los fenómenos naturales y por ello defino como fenómeno de interés la solubilidad de las sustancias. A partir del cual se formulan interrogantes y se construyen nociones sobre un mundo macro que es sensible y perceptible para el sujeto. A partir de la percepción que se tenga se formulan experiencias-experimentos que definen cualidades e instrumentos que se hacen necesarios para comprenderlo. Por ejemplo, entre ellos se consideran las propiedades ópticas que se identifican y la acción de instrumentos como las membranas que permiten caracterizar las mezclas de estudio. Por otra parte, este mundo “macro” sensible ante el sujeto es susceptible de ser organizado y ello permite que sea formalizado; pero es necesario el lenguaje para dar cuenta de las formas de organizar y comprender el fenómeno. A través del lenguaje se exigen diálogos, cuestionamientos y descripciones que son puestas a prueba y a discusión con el otro a partir de sus maneras de comprenderlo y así construir explicaciones de un mundo micro, que originalmente fue desconocido, invisible o imperceptible.

Por ende, el presente trabajo se enmarca bajo una perspectiva fenomenológica, para la cual, se exponen los planteamientos de Sandoval, Malagón, Garzón, Ayala, y Tarazona (2018) en los que se identifica el papel del análisis histórico de textos científicos, el papel del experimento y la construcción de explicaciones. Debido a que la preocupación de la presente propuesta es la comprensión del fenómeno de la solubilidad de las sustancias a partir del estudio de los coloides, la perspectiva fenomenológica orienta el análisis y estructuración de los fenómenos; en la cual no existen esquemas conceptuales que no estén articulados con la experiencia, que se posibilita la comprensión de las variables, propiedades y comportamiento de las mezclas y no solo del establecimiento de relaciones matemáticas carentes de significado, por lo que se hace necesario ampliar la experiencia o dinamizar la teorización de la experiencia, para la construcción de fenómenos para los cuales se requiere identificar cualidades, construir magnitudes y formas de medida.

Dentro de los procesos de enseñanza de las ciencias, desde una perspectiva fenomenológica, es fundamental y necesaria la conexión con la experiencia o la “construcción de una base fenomenológica”. Para ello, se requiere generar acciones para vincular efectos para posteriormente organizarlos. Ello en busca de un reconocimiento o cimentación de vínculos con la experiencia útiles para construir campo de efectos, relaciones y lenguajes.

Se considera que para la construcción de una base fenomenológica el fenómeno no existe independiente del sujeto, pues una vez es cuestionado, se aprecia, modela y argumenta para conocerlo. Por ello, se debe partir de las vivencias, creencias, experiencias de los sujetos ante el fenómeno, pues lo puede hacer valoraciones a este sin necesidad que la construcción sea propia a la ciencia. En ese sentido, no existe entonces una experiencia primaria ausente de organización, pues esta se gana a medida que se formulan nuevos interrogantes sobre el fenómeno. Por tal razón, la escuela tiene como fin proponer interrogantes que “desubiquen” al sujeto o que lo inviten a hacer observaciones detalladas, que incentiven desarrollo de identificación de cualidades y actividades de construcción de formas de medirlo.

Para hablar de una experiencia organizada, primero se debe contemplar una experiencia primaria, aquella relacionada con las vivencias, creencias y experiencias del estudiante, la cual solo será útil en la medida que sea cuestionada, si suscita una reflexión y se le exige ser organizada. Es posible partir de la idea de que los estudiantes poseen una experiencia con algunos sistemas dispersos, como: al mezclar agua y sal, al preparar gelatina o fécula de maíz en caliente, así como el establecimiento de afirmaciones e interpretaciones sobre el *hacer* de luz, el calor y la electricidad sobre las sustancias. Para ello, se deben fomentar actividades que promuevan su descripción y análisis de cómo es comprendida, por lo cual, la manera en la cual los estudiantes expresan sus percepciones sobre las mezclas y las apreciaciones que exponen y discuten con el docente y entre sus compañeros son un punto de partida para orientar las reflexiones y los cuestionamientos que surgen entre las relaciones de las “fases” de una mezcla. Esta base fenomenológica, si es provocada, conllevará a efectos sensibles que antes no se contemplaban. La experiencia no está ausente de sujeto, esta no es “fuera de sí”, por lo tanto, para que tenga un sentido y consistencia se pasa por el lenguaje, en las maneras en que se representa, se discute y se comprende. Convirtiendo así el fenómeno en una íntima relación entre el sujeto-objeto.

Esta nueva forma de experiencia, la ordenada, permite hacer discriminaciones, delimitaciones, ordenaciones y agrupaciones; en ese sentido, la distinción entre mezclas homogéneas y heterogéneas toma una orientación desde la actividad experimental y en la

formulación de interrogantes que se espera sean discutidos como criterios de distinción entre los sistemas dispersos a partir de la solubilidad de las sustancias y evaluar si convergen con la idea de “tamaño de partícula” que se expone tradicionalmente para distinguirlos. Con respecto a ello, Malagón, Ayala, y Sandoval (2013) proponen que ello implica establecer un nexo entre el conocimiento científico y el conocimiento del estudiante, lo que supone elaborar un contexto de significación desde el cual los diversos planteamientos científicos puedan adquirir sentido para el maestro y los estudiantes. Por ende, no debe existir una ruptura entre el conocimiento común y el científico; será el docente quien proponga una secuencialidad entre estos a través de la consolidación de experiencias y el uso del lenguaje.

Lo anterior propone que el maestro debe encontrar la forma de elaborar ese contexto de significación en el aula, de manera que sea posible constituir marco heurístico desde el cual el estudiante tenga un espacio desde donde pueda pensar sobre los fenómenos, explorar y plantear preguntas sobre el campo fenoménico abordado. La generación de estos espacios comprende el diseño de estrategias donde los estudiantes puedan pensar el mundo físico o, específicamente, puedan pensar sobre los fenómenos físicos y articularlos a esos planteamientos de modo que puedan desarrollar y enriquecer su capacidad de actuar y reflexionar sobre su entorno. Para ello, desde el desarrollo de la presente propuesta, se busca fomentar en el estudiante que exprese lo que piensa mediante su hablar y actuar, por lo que el maestro también debe tener presente que en torno a los fenómenos a analizar hay una diversidad de concepciones y de formas de abordar el mundo; y que, por ende, hay diferentes problemas centrales y sistemas conceptuales articulados a su posible análisis.

Para la elaboración de dicho contexto, como se expone en la revisión de los textos históricos de carácter científico que fundamentan la presente investigación, es claro que el papel del lenguaje toma un carácter divisorio entre lo que se comprendía para el científico, para la cultura en la que se desarrolló y ahora, en la comprensión que le da el docente, pues se tiene una nueva perspectiva sobre la cual se leen los textos y se lleva al aula, pensándose en la articulación entre el conocimiento común (sobre el que se desenvuelve el docente y sus estudiantes) y el conocimiento científico, siendo el primero, el común, modificable al interrogar la experiencia pues se construirán nuevas maneras de llamar esa experiencia y de las formas en que se aprecia y por lo tanto, se modifica el fenómeno.

La relación que surge entre el sujeto (docente) y el conocimiento científico, al acudir en los textos de los científicos de otras épocas y acudir a la comprensión de los contextos en los que se dieron las discusiones, permite que se establezca una organización entre las relaciones que



tiene el sujeto (docente) con el conocimiento científico, relación que es permeada por la comprensión que los docentes ahora tienen sobre los contenidos en ciencias. Por lo tanto, se modifica, amplía o comprende una nueva visión sobre los coloides y en general, sobre los sistemas dispersos, pues se piensan a su vez elementos para el trabajo con los estudiantes. Lo anterior suscita una preocupación por comprender y por armar relaciones entre la experiencia (intencionalidades), por lo tanto, en esa búsqueda se reconoce el contexto de los estudiantes y del que se produjeron las ideas (remisión a los textos científicos) produciendo modificaciones en el pensar del fenómeno en el docente y en sus prácticas en el aula.

Al estudiar el comportamiento de las mezclas, ante variaciones de concentración, temperatura, acción de un campo eléctrico y su relación de la luz, se sensibiliza la atención que se tiene de estas, por lo que lo que solía ser aparente o quizá obvio para el sujeto empieza a ponerse en juego y a generar cuestionamientos que amplíen su comprensión de la relación que existe entre las fases de una mezcla. Para lograrlo se requiere organizar la experiencia con la cual se aproxima al estudiante para comprender la teorización de la idea de “tamaño de partícula” como un criterio que establecen los libros de texto para explicar la naturaleza homogénea o coloidal de las mezclas.

Este tipo de formalización constituye la construcción de relaciones, palabras, términos y cualidades que permiten hablar del fenómeno, mas no solo la formalización matemática, que ha sido criticada desde la presente investigación. Con respecto a ello, se espera fomentar actividades que promuevan el discurso del estudiante desde el establecimiento de las características y propiedades que hacen comprensible la formación de sistemas dispersos a partir de la solubilidad y cómo dicha relación puede dar cuenta posteriormente de una idea de disolución y con ello de “concentración”, pero no será este el punto de partida para la explicación de un contenido temático.

A partir de ello, se retoman características propuestas por Malagón, Ayala y Sandoval (2013) con respecto a que cualquier forma de conocimiento que se desarrolle tiene un origen en la organización de sensaciones que inicia desde procesos meramente biológicos y que se sigue reorganizando hasta generar las formas más abstractas de la ciencia. Por dicha razón, no existen ideas innatas, existen ideas que se elaboran mediante la acción del sujeto sobre los objetos, objetos que el sujeto organiza al tiempo que coordina sus propias acciones sobre ellos.

Por ende, se parte de las maneras en las que se conciben los sistemas dispersos, una vez que se verbalizan las ideas que se tienen y la manera en la que se perciben, se aprecian

propiedades como el color, la turbidez, la viscosidad y la formación de fases como un punto de inicio que centra la atención en el fenómeno, pues es mediante variables como la concentración y la temperatura que se exhiben nuevas propiedades que suscitan una explicación (propiedades como el aumento o disminución de viscosidad, la disminución del punto de congelación o la separación de fases).

Para explicar lo anterior se propone la distinción de etapas de organización mental de los fenómenos por parte del sujeto. Una primera etapa, propone la “formación de esquemas de acción”, en la cual se identifica el desarrollo de la necesidad lógica construida durante la coordinación de las acciones del sujeto y de las acciones sobre el objeto, en esta etapa no hay una completa toma de conciencia de las acciones. En la segunda etapa, se establecen relaciones de implicación entre significados de las acciones que le permiten consolidar inferencias primarias posibles de reproducir y que dan orden a la lógica de las acciones. Al actuar sobre los objetos, lo que se percibe son los efectos que ocurren resultado de la interacción entre las cosas y cuando se empieza a hablar de los efectos, se generan ideas que obligan a pensar en el criterio de organización.

Por ello, el diálogo entre los participantes de la propuesta se convierte en un punto clave para establecer y unificar los criterios que permiten comprender el comportamiento de las mezclas; y a su vez, la formulación de interrogantes orientan las observaciones y descripciones de las que se puede hablar al apreciar el cambio que manifiestan, por lo que aquello que inició siendo una condición biológica de observación y de apreciación, ahora se convierte en una asociación de características y propiedades para así consolidar inferencias para su comprensión.

En ese sentido, desde la perspectiva fenomenológica, Malagón, Ayala, & Sandoval (2013) plantean que *“conceptualizar se entiende como lo que se piensa de lo que se percibe. El carácter repetitivo de las acciones y su fijación en el tiempo permite llegar a coordinar acciones y ello implica una exigencia en volver a actuar sobre los mismos objetos, sobre los mismos procedimientos o sobre las mismas circunstancias, de modo que se provee de cierta permanencia en el tiempo, lo que permite inferir sobre las acciones cuando estas se repiten y cuando se repiten bajo diferentes condiciones. La inferencia y el encadenamiento de inferencias resultan ser el mecanismo que permite la construcción de ideas, conceptos, de la formalización y de la teorización. Las ideas que se conforman por lo que se piensa dependerán de cómo se percibe, lo cual está estrechamente relacionado con los elementos organizativos con los que se cuenta.”*

Al centrar la atención en las primeras propiedades que exhiben las mezclas de estudio, se establecen cuestionamientos que buscan “la generalización” para poder así organizar criterios para la comprensión del fenómeno de la solubilidad y de esta manera, no partir de la idea de “tamaño de partícula” como un criterio organizador, si no que sea la experiencia misma la que oriente a ello.

Es por lo anterior, por lo que la fenomenología cuestiona la pertinencia de las relaciones entre *sujeto-objeto*, *mundo de las ideas-mundo de lo sensible*, *cualitativo-cuantitativo*, ya que de esta manera se permite asumir al fenómeno y al sujeto como una unidad en tanto se constituyen y definen. Siendo necesaria una ampliación de la experiencia y organización de los efectos sensibles dentro de la actividad de formalización y construcción teórica lo que implica también romper con la dicotomía teoría-experimento (Malagón, Ayala, & Sandoval, 2013).

En ese sentido, es a partir de la interacción materia-energía (sistemas dispersos – energía en forma de calor, electricidad y luz) que se amplía la experiencia, pues como se ha identificado a partir de la revisión histórica, es en estos procesos donde se establecen conclusiones que afirman la formación de “partículas” en forma de aglomerados que dan la condición de disolución o de coloide, a los sistemas dispersos, pero este no es un razonamiento innato o lógico que surge desde una primera apreciación.

En cuanto a estos procesos de formalización, se evidencia que la formalización en el aula se suele centrar en definiciones, enunciados y algoritmos, la cual es una perspectiva que dificulta a los estudiantes para la elaboración de procesos de formalización que puedan articular la organización de su experiencia; ya que generalmente, estos algoritmos no aportan información sobre la organización de los fenómenos, siendo consecuente con una actividad experimental que se suele limitar a la verificación de relaciones entre variables y al reiteración de una serie de procedimientos de medición y de tratamiento de datos.

Con ello, cabe resaltar que la relación entre teoría-experimento es y ha sido un eje para el análisis del papel del experimento en la actividad científica, debido a que el papel asignado al experimento ha fluctuado entre dos posiciones: el experimento como un medio para validar el conocimiento que se tiene de los fenómenos naturales o el experimento como base para la elaboración del conocimiento sobre los mismos.

Por lo anterior, la preocupación de la presente propuesta surge del afán que presentan algunos currículos sobre la enseñanza de las relaciones estequiométricas para las disoluciones, donde ideas como “moles o equivalentes-gramo entre litros” se mantienen como ideas complejas

y carentes de sentido para construir una explicación sobre la solubilidad de una sustancia en otra y se deja de centrar la atención en la relación existente entre la fase dispersa y la dispersante que permite que luego pueda establecerse una relación matemática y un análisis comportamental de las disoluciones.

Desde la perspectiva a abordar, la fenomenológica, el experimento permite la organización de la experiencia y los procesos vinculados a la construcción de magnitudes y formas de medida, en ese sentido el experimento permite proponer problemas conceptuales en torno a la organización de los fenómenos. En ese sentido, el experimento corresponde a procesos cognitivos en los que se reconoce que formalizar no se limita a sobreponer una estructura matemática a un fenómeno para analizarlo y comprenderlo, sino que se requiere construir la posibilidad misma de formalizarlo y matematizarlo, es decir, de construir las magnitudes, relaciones, etc. con la que damos cuenta del fenómeno.

Es aquí donde el papel del tamaño de los filtros y las membranas permite constituir un criterio determinante para la explicación del paso de sustancias y el tamaño de los aglomerados de partículas, para así dar cuenta de las explicaciones para la dispersión de la luz, el desplazamiento de sustancias por acción del campo eléctrico y de la modificación de las propiedades al variar la concentración y someter a las mezclas a cambios de temperatura.

## **EL PAPEL DEL LENGUAJE EN LA COMPRESIÓN DE LA SOLUBILIDAD COMO FENÓMENO DE ESTUDIO**

La expresión de lo construido durante estos procesos de formalización no se basa en la intención misma, pues se requiere de la acción simbólica que se hace a través del lenguaje, la cual da forma a la comprensión del fenómeno y es un elemento constituyente (Sandoval, Malagón, Garzón, Ayala, & Tarazona, 2018). La relación que surge entonces entre la percepción de su realidad, la producción de efectos sensibles y el lenguaje es el fundamento para la comprensión de fenomenologías y la teorización.

El establecimiento del lenguaje desde el que se abordan las disciplinas en ciencias está estrechamente ligado a la percepción, lo cual implica que las teorías guardan una relación con la experiencia, pero no son la experiencia misma. No son los otros (ni docentes ni científicos) quienes determinan la veracidad de la realidad, de cómo ver el mundo, pues cada realidad es

construida a partir del diálogo con otros desde las cosmovisiones de la cultura, buscando entonces que el fenómeno y el sujeto constituyan una unidad, pues el fenómeno no existe en sí mismo, requiere de alguien ante quien aparecer. Es allí donde se problematiza la fenomenología como una perspectiva para estudiar la compleja organización de la conciencia sobre el conocer (Sandoval, Malagón, Garzón, Ayala, & Tarazona, 2018).

Estas demandas de la perspectiva fenomenológica que propenden las descripciones e interpretaciones exigen la organización de una serie de experiencias y observaciones intencionadas y una descripción detallada del fenómeno aplicada en la actividad experimental, que a su vez exige una comprensión conceptual que acompañe la intervención y disposición experimental. En ese orden de ideas, las explicaciones que se construyan no requieren de entes metafísicos o de entidades ocultas más allá de aquello que se percibe. Por ende, el fenómeno no oculta nada en sí mismo, solo la organización de cualidades, la construcción de escalas de intensidad de una cualidad, el establecimiento de magnitudes y de formas de medida son una forma de ir comprendiendo la complejidad de los fenómenos.

Por ejemplo, si se particulariza lo anterior al estudio de la interacción de las sustancias como mezclas o reacciones químicas, y si se fundamenta la explicación en la idea de la existencia e interacción entre los átomos o tamaños de partícula invisibles ante el estudiante (y en la mayor parte de ocasiones, también ante el docente) se acude a una idea metafísica de la que se parte sin evidencia de su existencia y deja de ser un motivo de interés para el sujeto.

Cuestión interesante cuando se aborda la idea de “tamaño” en el estudio de las mezclas. Aparentemente, si se considera un grano de sal común, parece ser *más grande* que el de un grano de almidón, pero al interactuar con el agua, ambas sustancias manifestarán propiedades distintas y el criterio “macro” de grande o pequeño se convierte en una ruptura en el conocimiento que se tiene sobre las sustancias. La exhibición de estas características mediante el lenguaje hará posible que se establezcan y se unifiquen las distintas ideas que se construyen desde lo que percibe cada sujeto en su experiencia.

Como se expuso previamente, el fenómeno aparecerá conforme exista una conciencia que lo aprecie, si la conciencia cambia a medida que se hacen organizaciones del fenómeno entonces este cambia, para el sujeto y para el sistema cultural en el que se desenvuelva. Si la experiencia y la percepción del fenómeno se transforma, también se transforma el lenguaje con el que se refiere a esa experiencia.

Malagón, Ayala y Sandoval (2013) proponen que el pensamiento y el conocimiento tanto individual como social se organiza a través del lenguaje como herramienta organizadora de todas aquellas connotaciones que puede tener una experiencia, tal organización es en sí misma una formalización, ya que da forma a estructuras subyacentes que han sufrido el mismo proceso de organización con anterioridad. Y al ser generado en las prácticas cotidianas de comunicación, se hacen clasificaciones, distinciones y selecciones sobre lo que se percibe.

La construcción de conocimiento de los sujetos se hará a partir de la comunicación y formulación de interrogantes sobre su relación con el mundo, desde la relación *sujeto-mundo* y *sujeto-sujeto*. La primera se relaciona en las preguntas científicas, el proceder de la actividad experimental que se fundamenta en ellas y en las relaciones conceptuales que establece el sujeto en su individualidad, pero no en su relación con el otro. Una vez estos esquemas se ponen en discusión con el otro, es donde se presenta la segunda relación (sujeto-sujeto), pero esta discusión debe hacerse por medio de un lenguaje (un sistema de símbolos y significados que son socialmente aceptados y comprendidos y que son lógicos).

Cuando un fenómeno es nuevo es necesario saber qué hay que ver y, por tanto, aprender a verlo. De allí la importancia de la orientación del maestro y del papel que este otorgue a las representaciones que se hacen necesarias para consolidar la actividad experimental (reconocer sus resultados). Por esta representación, se hace referencia a los modos lingüísticos de diferentes tipos verbales y no verbales (palabras, signos, dibujos, fórmulas algebraicas, procedimientos, gestos) con los cuales se comunican las experiencias y se caracterizan los comportamientos y fenómenos que se pretenden destacar. De esta manera, la actividad de representar corresponde con la actividad de aplicar una estructura formal a la descripción del fenómeno. Esta formulación de representaciones involucra la constitución de magnitudes y el establecimiento de relaciones funcionales entre las variables requeridas en la descripción del fenómeno. Todo lo anterior como un reflejo de la construcción de explicaciones.

Es entonces sobre surge un interés particular como docente en organizar y leer las formas en las cuales se manifiesta su comprensión. Márquez, Izquierdo & Espinet (2013) proponen que existen diversos modos en los que estas explicaciones se manifiestan, siendo ello, la comunicación multimodal, donde el texto, el esquema, el dibujo, los gestos, entre otros, adquieren sentido para el docente desde un panorama en el que buscar organizar y comprender lo que hacen sus estudiantes. Las autoras proponen que la construcción de significados en el aula se produce a través de las palabras, los diagramas, las fórmulas y los experimentos; como un proceso dinámico donde todas las acciones son compartidas y se exhibe una construcción

conjunta entre el docente y los estudiantes (las autoras lo definen como *semiótica social*), por ello surgirá un interés particular en los modos que emplean los estudiantes para explicar lo percibido y organizado en su hogar y discutido con sus compañeros al analizar su actividad experimental en el estudio de las mezclas.

## **EL PAPEL DE LA ACTIVIDAD EXPERIMENTAL EN LA CONSTRUCCIÓN DEL FENÓMENO DE LA SOLUBILIDAD**

Como ya se ha expuesto, para los procesos de la enseñanza de las ciencias la actividad experimental es estructurante en los procesos de conceptualización, es fundamental y necesaria la conexión con la experiencia o la construcción de una base fenomenológica. Este tipo de experiencia se reconfigura en cada relación que se establece con los objetos de estudio, pues la percepción y descripciones que se hagan sobre un fenómeno no son las mismas siempre, pues se ha cuestionado, se ha ampliado e incluso se han producido rectificaciones de este.

La organización del fenómeno se hace en torno a una cualidad, esta cualidad escogida proporciona criterios para establecer escalas de medida, permitiendo así una vinculación entre lo que se mide y el instrumento con el cual se mide. La actividad experimental como base fenomenológica propicia la detección de efectos sensibles y al estudio de las condiciones para producir y alterar los fenómenos de estudio; pues de esta manera se permite la selección de aspectos relevantes que permitan establecer relaciones de clasificación, ordenación y medición. Con ello, se permite el establecimiento de relaciones entre fenómenos de diferente clase y la constitución de nuevos campos fenomenológicos.

En ese caso, la cualidad escogida es construida a partir de una serie de experiencias-experimentos que establecen una escala de medida, inicialmente macroscópica, para luego pensarse en la nanoscópica. Se parte de la contemplación y organización de las propiedades que presentan las disoluciones y los coloides a nivel macroscópico para organizar los cuestionamientos en torno a su relación fase dispersa-dispersante para así, posteriormente pensar en la acción que ejerce la energía sobre estos sistemas, por ejemplo, la variación de la temperatura en los coloides aumenta su viscosidad, como expuso Ostwald, propiedad no evidenciada en las disoluciones, pues evidencia propiedades distintas como la disminución del punto de congelación o como el proceso de cristalización, lo cual atribuye un criterio organizador como propuso Graham en *cristaloides y coloides*.

Es claro que los sujetos tienen una experiencia organizada a partir de su relación con el mundo, pero generalmente, como se demuestra en el caso anterior, en la enseñanza de las ciencias, se requiere de la construcción de esa experiencia. La actividad experimental propicia la construcción o ampliación de una base fenomenológica o entramado de hechos de observación que serían estructurados a partir de una cierta organización conceptual (Sandoval, Malagón, Garzón, Ayala, & Tarazona, 2018)

Malagón, Ayala y Sandoval (2013) proponen que la actividad de organizar y explicar la experiencia es propia de los procesos de formalización de los fenómenos, a la vez que se reconoce una relación dinámica entre la actividad experimental y la teorización sobre los fenómenos naturales. Es por ello por lo que la actividad experimental juega un papel importante y determinante en la ordenación de cualidades, en el establecimiento de escalas de medida e instrumentos de medida, así como en la construcción de lenguajes para hablar de las fenomenologías estudiadas.

Por ende, no basta con determinar la idea de un tamaño de partícula, pues macroscópicamente es evidente que la formación de cristales determinarán un tamaño mayor que los del polvo de los coloides, cuestión no perceptible al momento de entrar en disolución donde se requiere el estudio de otras propiedades como su interacción con la energía (luz, calor y electricidad) y del paso a través de poros (filtros y membranas) para recurrir nuevamente al tamaño de partícula y con ello a las interacciones resultantes entre la fase dispersa y dispersante.

En ese sentido, la experiencia permite entablar un lenguaje que dé cuenta de la construcción del fenómeno en los sujetos, también se expone que esta experiencia estará dada por las formas de *ver* o de percibir el fenómeno a estudiar y la interacción que surja con otros. Hanson (2005), propone que existe una gran diferencia entre el estado físico de “ver” y la experiencia visual al “observar”. La percepción que se tenga estará dada por el contexto verbal en que aparezca, y no es una ilustración de algo determinado. Al proporcionar un contexto, este se convierte en parte de la misma ilustración. Desde la constitución del fenómeno físico, no se debe ignorar el hecho de la orientación de las observaciones, pues estas deben ser intencionadas al propósito mismo de lo que se quiere conocer del fenómeno, labor establecida por el docente, de lo que se pretende enseñar.

Por ello, se considera que la visión es una acción que lleva una "carga teórica", esto es que, la observación de X está moldeada por un conocimiento previo de X. Por lo que el lenguaje o las notaciones usados para expresar lo que conocemos, ejercen también influencias sobre las



observaciones. De esta manera, el docente debe comprender que tras la ejecución de un experimento se manifestarán maneras diversas de su percepción conforme exista una carga teórica o empírica tras lo que perciba cada sujeto en el aula. Un docente puede insistir en un experimento demostrativo como el efecto Tyndall para explicar coloides, pues desde su experiencia ha construido una idea de longitud de onda y partículas dispersas, mientras que un estudiante puede percibir esto solo como un experimento determinante para clasificar mezclas y ello como una idea que requiere ser memorizada para la futura presentación de cuestionarios, ignorando la idea en sí misma de la homogeneidad del sistema y las propiedades que ello sugiere.

## **CONSTRUCCIÓN DE EXPLICACIONES DEL FENÓMENO DE LA SOLUBILIDAD**

Continuando con la idea de la conformación de representaciones y de las diferentes formas de expresar cómo se comprende un fenómeno, Pedreros y Tarazona (2019) proponen la construcción de explicaciones desde una relación cultural y la construcción de significados, lo cual pasa por la preocupación por el análisis de cómo los humanos se hacen partícipes de la cultura y cómo desde ella se configuran los humanos en su naturaleza cultural.

Al pensar en la construcción de significados en la clase de ciencias, se piensa en la dinámica de construcción colectiva, en la interacción, la formulación de interrogantes, de contradicciones, en la construcción de acuerdos y la validación de formas de explicar y de comprender. Estas formas persisten en momentos y bajo condiciones determinadas ya que los nuevos significados apropian lo que existe y a la vez proponen diferentes esquemas y representaciones de mundo. Ello sugiere, como ya se ha expuesto, que el docente promueva ambientes participativos en aula, la apertura a la incertidumbre y a la parcialidad de las acciones y a la invitación de apreciar las diversas interpretaciones que coexisten en el aula.

Por ello, el espacio de discusión de lo que se perciba en cada experiencia, construirá los pilares de los cuales se puede discutir y repensar la forma en la que se conciben las mezclas, pues al emplear sustancias, condiciones y observaciones distintas consolida una discusión con el otro, con su compañero, con su docente y de manera indirecta, con los autores desde los que se fundamenta la revisión histórica.

En ese sentido, desde las concepciones de la mente que propone Bruner (1997) se resalta la visión de la mente desde una concepción culturalista, una mente que se constituye y se materializa por la cultura, pues su evolución está ligada al desarrollo de una forma de vida en la cual la “realidad” está interpretada por un simbolismo compartido por miembros de una comunidad cultural que media las formas de vida. Este simbolismo es elaborado, conservado y transmitido por generaciones, manteniendo así formas de la cultura. La creación del significado supone situar la relación de los sujetos con el mundo en sus contextos culturales apropiados para saber “de que se trata”. Aunque los significados están “en la mente”, tienen sus orígenes y su significado en la cultura en la que se crean.

Estos significados aportan una base para el intercambio cultural, en ese sentido, conocer y comunicar están estrechamente relacionados. Es entonces la cultura la que aporta los instrumentos para organizar y entender el mundo mediante el lenguaje y es la escuela y la cultura una comunidad de intercambio de saberes. Dentro de las dinámicas del aula, es común considerar que los niños asumen que es el docente el portador del conocimiento y lo transmite a la clase, en momentos determinados, los niños notan que también poseen conocimiento y que este puede compartirlo a su clase y en casos en los que nadie de su grupo puede dar una respuesta a los cuestionamientos que surgen, y que también existirán otras fuentes de donde se pueda hallar una explicación a lo esperado. En otros trabajos, Sandoval, Malagón, Garzón, Ayala, y Tarazona (2018) proponen *que “la ciencia y la enseñanza de las ciencias son elaboraciones discursivas colectivas, ineludiblemente ligadas a las condiciones espaciotemporales, desde donde se lee el mundo y nos leemos a nosotros mismos”*, imagen que se tendrá presente para la constitución del presente trabajo de investigación.

Con respecto a la idea de la ciencia como un sistema cultural, se expone la propuesta de Elkana (1983) en la que se plantea que el conocimiento científico como un sistema cultural sin jerarquía superior o inferior y sin comparación a otras maneras de conocer, como lo pueden ser algunos sistemas de creencias o ideológicos. Elkana (1983) propone que toda dimensión de la cultura, entre ellas la ciencia, requiere de varias fuentes de conocimiento. Algunas de las fuentes de conocimiento empleadas por la ciencia son la *“experiencia, la evidencia perceptiva, el razonamiento, las analogías, las consideraciones estéticas (como belleza, simplicidad, elegancia, simetría), la novedad, el consenso y la autoridad”*. Será entonces la discusión que se tenga alrededor de los diálogos, analogías y la experiencia en sí misma, la actividad que permita orientar la construcción de conocimiento frente al fenómeno de solubilidad, sobre la “realidad” que cada estudiante percibe desde su experiencia. Con respecto a ello, Mèlich (2005) plantea

que *“la realidad, si es que existe algo así, tendría que ser, por definición, absoluta”*, una afirmación que como el autor sugiere, despierta una connotación metafísica de esta. Es por ello, que sería necesario acomodar esa realidad “absoluta” a los sujetos, como una realidad narrada, una realidad que requiere del lenguaje, una “realidad” construida, imaginada, leída, interpretada, mediante una forma u otra de lenguaje, una unión de palabras que dan sentido al mundo.

Lo anterior, para la presente propuesta tiene una contribución particular en la escuela y para la perspectiva de la autora, pues implica la apertura de espacios que posibiliten la construcción de modelos y representaciones de la actividad experimental para establecer criterios diferenciadores entre las disoluciones y coloides, y sobre todo, de la puesta en práctica de dichos conocimientos en diversos contextos, para así reconocer e interactuar bajo las creencias y dinámicas culturales en las cuales se enmarca la construcción del conocimiento.

Para ello se requiere promover una imagen de ciencia dinámica, incompleta, en permanente cambio y que involucre las vivencias, creencias y costumbres de una cultura en particular. De esta manera, se crea un punto de partida para iniciar procesos de indagación e investigación con los estudiantes. Esta renovación en la enseñanza de la ciencia debe promover la comprensión de la ciencia como parte de lo social y cultural y a su vez a responder a los cambios del mundo con un entorno cada vez más exigente y competitivo. El abordaje de las experiencias en esta propuesta se cimenta en las experiencias de los científicos propuestas en sus textos históricos, sobre el estudio de coloides, siendo una manera de contemplar una ciencia que no es limitada y absoluta, si no que hace parte de la construcción de lo social, como se exhibe al retomar en diversas ocasiones el púrpura de Cassius o las prácticas alquimistas sobre el oro desde las diversas propiedades ópticas que este exhibe y que en ningún caso es plenamente definido, pues cada autor expone sus apreciaciones desde sus experiencias y los modos en los que procede en la actividad experimental.

En ese sentido, el de la actividad cultural, Bruner (1997) propone ideas sobre las cuales se configura esta relación de significados en la cultura desde postulados, en los cuales se resalta que:

- Toda creación del conocimiento es relativa a la perspectiva sobre la que se construye.
- El proceso evolutivo ha especializado a los sujetos para conocer, pensar, sentir y percibir de una manera determinada, las construcciones impuestas por el sistema simbólico con el que se realizan las operaciones mentales.
- La realidad en la que se vive es una realidad construida.

- El intercambio de conocimientos, como cualquier intercambio humano, supone la existencia de una comunidad en interacción.
- La educación no es neutral, ya que conlleva consecuencias sociales y económicas, a medida que la educación se institucionaliza en el mundo desarrollado, se comporta como hacen y a menudo deben hacer las instituciones: preparar a los niños para tomar una parte más activa en el resto de las instituciones relacionadas con la cultura.
- Por último, en que se conoce un “yo” por la experiencia propia interior y se reconoce la existencia de otros “yoes” en las mentes de los demás que se identifican por la capacidad narrativa de los docentes y es el diálogo entre “yoes” lo que permite la conformación del conocimiento.

Por otra parte, Candela (1999) expone que la función social de la escuela es lograr que las nuevas generaciones se apropien del conocimiento científico. La escuela pretende enseñar cómo se explican los fenómenos físicos desde el punto de vista de la ciencia, desde lo que son los hechos para la ciencia. Pero dicha descripción debe resultar convincente para los alumnos, quienes tienen la experiencia de haber elaborado otras descripciones sobre las “cosas que suceden” en su cotidianidad. Por lo tanto, las descripciones que se realizan en la clase de ciencias requieren de recursos que permitan asignar un carácter determinado a los hechos científicos.

Desde la orientación que da el docente como mediador entre lo propuesto en la historia de las ciencias sobre el estudio de coloides y la necesidad que conoce de sus estudiantes en el aula para comprender la solubilidad, se proponen diálogos que buscan en las explicaciones de los estudiantes la construcción de esquemas, de modelos y en general de la exposición de lo que han construido en su mente para explicar el comportamiento de las distintas mezclas para así consolidar como grupo, los criterios que permitan organizar y comprenden esta distinción.

Es por ello de que se sigue reiterando en la idea de que el lenguaje genera realidades y que la ciencia es una manifestación cultural que, en el mundo actual, se considera una de las formas más ampliamente aceptadas de legitimar nuevas realidades. Al estudiar cómo se establece discursivamente la relación entre “lo que se ve” en el experimento y la forma en la que se constituye la descripción científicamente legítima para los participantes en la interacción discursiva en el aula, da cuenta de las expresiones impersonales que aluden a una realidad independiente de la percepción personal. Esta construcción que se hace de la “evidencia empírica”, tiene un carácter personal, pues en ellos los sujetos aparecen como los que realizan

las acciones de ver para construir los datos. Esta construcción personal puede dar como resultado descripciones alternativas que se negocian o se contraponen en el discurso.

Con respecto a las fuentes de conocimiento que se consolidan en el aula para construir discursivamente los hechos científicos son variadas y complejas. Se recurre al libro de texto como fuente legítima de conocimiento, se hace referencia a lo que se ve o lo que se siente (la evidencia empírica) se establece como fuente de conocimiento necesaria para construir los hechos científicos y en otros casos se plantea la opinión mayoritaria, el consenso y el juicio de los “que saben más” (familiares y especialistas) como fuentes de conocimiento. Estas versiones se orientan claramente hacia un contexto externo al habla, que los propios participantes toman en cuenta cuando producen su discurso, y en ese sentido el contexto se elabora en la interacción discursiva.

Finalmente, la discusión anterior es puesta a prueba con el modelo propuesto durante la condición de contingencia en la que se desarrolla el presente trabajo, pues la virtualidad constituye nuevos lenguajes y nuevas formas de comprenderlo, también brinda nuevas fuentes de conocimiento al recurrir a las herramientas digitales y a las personas cercanas a él en el hogar y la discusión con su compañero sobre lo que percibe con materiales y sustancias distintas, amplía el panorama sobre el cual se podrá debatir y definir.

### ***BIBLIOGRAFÍA ABORDADA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ESTE CAPÍTULO***

- Bruner, J. (1997). Cultura, mente y educación. La educación puerta de la cultura, 19-62.
- Candela, A. (1999). Evidencias y hechos. Ciencia en el aula, 45-98.
- Elkana, Y. (1983). La ciencia como sistema cultural: una aproximación antropológica. Sociedad colombiana de Epistemología, 65-80.
- Hanson, N. (2005). Observación. En L. Olivé, & A. Pérez, Filosofía de la ciencia: teoría y observación. México: Siglo XXI.
- Malagón, J., Ayala, M., & Sandoval, S. (2013). Construcción de fenomenologías y procesos de formalización. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional, CIUP.
- Márquez, C., Izquierdo, M., & Espinet, M. (2013). Comunicación multimodal en la clase de Ciencias: el ciclo del agua. Enseñanza de las ciencias, 371-386.
- Nagel, E. (1981). La estructura de la ciencia: problemas de la lógica de la investigación científica. Barcelona: Paidós.

Pedrerros, R., & Tarazona, L. (2019). La ciencia como actividad cultural. Módulo de pedagogía I. Bogotá: Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales. Universidad Pedagógica Nacional.

Sandoval, S., Malagón, J., Garzón, M., Ayala, M., & Tarazona, L. (2018). Una perspectiva fenomenológica para la enseñanza de las ciencias. Bogotá: CIUP.

Valencia, S. (2018). Imágenes culturales de Ciencia, Conocimiento y realidad. Bogotá: Maestría en docencia de las Ciencias Naturales. Universidad Pedagógica Nacional.

## PROPUESTA DE AULA: EXPERIENCIA, DIÁLOGOS Y MEZCLAS

Se propone presentar la propuesta de aula del trabajo de investigación a estudiantes de la Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales, en la Especialización en Docencia de las Ciencias para el Nivel Básico, profesores del Grupo de estudios histórico-críticos y enseñanza de las Ciencias del programa de Física de la Universidad Pedagógica Nacional y docentes en ejercicio. Dadas las condiciones de contingencia presentadas por la coyuntura por COVID-19 se hace una propuesta para que sean desarrolladas en la modalidad virtual, aunque la secuencia en aula no se implementa.

### FASES PARA LA CONSOLIDACIÓN DE LA PROPUESTA DE AULA

Para el desarrollo de los objetivos planteados, se propone el desarrollo de 5 momentos: Definición del problema de investigación, revisión de literatura y análisis histórico, construcción fenomenológica de la solubilidad, implementación en el aula e interpretación y discusión de resultados. El desarrollo de cada fase se define en la siguiente tabla:

Tabla 16. Momentos definidos para el desarrollo de la propuesta

MOMENTO	PROPÓSITO	ACTIVIDADES
Definición del problema de investigación	Determinar las dificultades en los procesos de enseñanza y aprendizaje en el aula	Diálogo entre pares y delimitación de las problemáticas que se desarrollan en la actividad de aula.
Revisión de literatura y análisis histórico	Identificar las propiedades, instrumentos y técnicas que permitieron la categorización de los tipos de mezclas, priorizando en las mezclas homogéneas.	Lectura y discusión de los textos de Zsigmondi, Faraday, Graham, Tyndall y Oswald frente a las mezclas homogéneas, particularmente de los coloides.
Construcción fenomenológica de la solubilidad	Articulación de fuentes bibliográficas que fundamentan la construcción fenomenológica de la solubilidad en las mezclas.	Búsqueda y consolidación de autores orientados a la perspectiva fenomenológica del aula.
Desarrollo de la propuesta	Organización de la experiencia mediante actividades secuenciales frente al fenómeno de la solubilidad y diferenciación de los tipos de mezclas.	Diseño de la propuesta "Kolas" y elaboración del entorno digital (página web)
Interpretación y discusión de resultados de la presentación de la propuesta	Conocer las visiones y posturas que surgen alrededor de la propuesta de aula	Presentación de la propuesta de aula y recopilación de observaciones

La propuesta de aula recibe el nombre: “*Kolas*” *comprendiendo las dispersiones*. Debido a que reúne elementos tales como la primera denominación que reciben las dispersiones coloidales desde la construcción histórica, y es a partir de su comprensión que se orienta la experiencia para la identificación y caracterización de las disoluciones. El propósito de esta se justifica desde la formación docente y sus preocupaciones en sus procesos de enseñanza, a partir de sus cuestionamientos y problematizaciones en su ejercicio. Entre ellas, el papel de la enseñanza de las ciencias, del experimento y de la construcción de conocimiento. Para el momento “desarrollo de la propuesta” se consideran 5 fases que orientan esta investigación.

### **DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA**

La propuesta de aula se propone para ser desarrollada mediante un ambiente virtual en página web (<https://profealeja2020.wixsite.com/kolas>) en el cual se desarrollen espacios colaborativos que hace uso de herramientas digitales como: Discord para las discusiones en los equipos de trabajo y asesoría del docente, Google Slides para la consolidación de las ideas desarrolladas por los equipos, LucidChart y Mindomo para la ejecución de esquemas que permitan relacionar las características que se exponen a lo largo de la propuesta, YouTube como herramienta para compartir los vídeos de los experimentos y de Podcast como narraciones que permitan articular las perspectivas históricas de las disoluciones y coloides, todas ellas realizadas a través de un portafolio digital, donde se lleve evidencia del proceso de cada estudiante.

El desarrollo de la actividad experimental se propone a partir de 9 actividades en las cuales se comprenden 8 fases: Primero, centrar la atención de las observaciones ante distintos tipos de mezclas y centrar la atención en los sistemas dispersos con relación a sus propiedades físicas cuya variable es la concentración de la fase dispersa. Segundo, evaluar el comportamiento de las mezclas a partir de su interacción con la energía en forma de calor. Tercero, evaluar el comportamiento de los sistemas homogéneos a partir de su interacción con la energía en forma de luz. Cuarto, ampliar la perspectiva de mezclas homogéneas, particularizando en los coloides a nuevas mezclas. Quinto, evaluar el comportamiento de los sistemas homogéneos a partir de su interacción con la energía en forma de electricidad. Desde la sexta a la octava fase, determinar las características de las disoluciones y coloides por la consolidación de sistemas de medida a partir del uso de instrumentos para dar cuenta de la noción “nanométrica” de las partículas.



Estas actividades son apropiadas y adaptadas a partir del análisis histórico y las preocupaciones que surgen desde la experiencia docente. Desde esta propuesta se propone orientar a los participantes desde las observaciones macroscópicas de la materia y así identificar y explicar las variaciones en las propiedades de los sistemas al variar sus condiciones por acción de la energía (en forma de luz, calor y electricidad).

Una vez que ello ha sido percibido por el estudiante, se requiere de la apertura de espacios de verbalización de las apreciaciones, ya bien sea por medio de la escritura y de la discusión con los otros, para así caracterizar elementos que den cuenta de la organización de la mezcla. Para el desarrollo de las actividades se establecen objetivos y propósitos; dentro de los cuales se consideran los objetivos de la investigación y los propósitos de enseñanza.

## **FASE I: CLASIFICACIÓN DE LAS MEZCLAS A PARTIR DE SUS PROPIEDADES FÍSICAS CON BASE EN LA CONCENTRACIÓN DE SOLUTO EN DISOLVENTE.**

### **ACTIVIDAD 1**

#### **MANERAS DE “VER” Y DE HABLAR SOBRE LAS MEZCLAS**

**OBJETIVO:** Identificar las descripciones que denotan manera de hablar sobre las mezclas al observar e interactuar con ellas.

**PROPÓSITO:** Diferenciación entre sistemas homogéneos y heterogéneos

**DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD:** Para iniciar el desarrollo de la propuesta de elaboración de explicaciones se propone una actividad inicial basada en la observación de sustancias dispuestas en el laboratorio: *agua destilada, agua con sal, agua con almidón, agua con gelatina, agua con arcilla y agua con aceite (30 mL de cada muestra)*. De esta manera se espera establecer una primera clasificación entre los tipos de sistemas: homogéneos o heterogéneos y las categorías que se establecen para argumentar la clasificación. Para esta experiencia, se propone considerar como variables la concentración del soluto y la variación de temperatura. Para orientar las observaciones, se propone emplear un taller con las siguientes preguntas:

## **MOMENTO I: TEMPERATURA AMBIENTE**

1. Color: ¿qué tonos identificas en cada una de las sustancias?

*OBJETIVO: La diferencia de tonalidades se convierte en un primer criterio de identificación de los tipos de mezclas, ya que es a través del color que se atribuye una primera descripción y caracterización a las sustancias: incoloro, azul, amarillo... “no es la misma sustancia, porque no es del mismo color”*

2. Turbidez: Colocar 1-2 mL de cada muestra en un tubo de ensayo (en cada caso agitar y tomar la muestra), colocar un trozo de cartulina negra bajo el tubo de ensayo de manera perpendicular y observar ¿Qué tonalidades se observan en el tubo de ensayo? ¿Es similar el efecto que tiene sin el fondo negro? ¿Qué otras descripciones se podrían establecer sobre esta observación?

*OBJETIVO: La turbidez es una característica física de los sistemas coloidales, que permite la identificación de una fase dispersa en la dispersante, si se presenta un coloide será posible observar una coloración blanca-grisácea o colores pastel, los cuales no son perceptibles ante exposición a la luz*

3. Viscosidad: Medir 10 mL de cada sustancia (en cada caso agitar y tomar la muestra) en una probeta volumétrica, tomar un vaso de precipitado de 50 mL, dejarlo sobre la mesa y girar la probeta de manera que quede horizontal y el contenido se vierta sobre el vaso de precipitado. Medir el tiempo de salida del contenido de la sustancia. ¿Cuánto tiempo tarda cada sustancia en salir? ¿Qué características favorecen o impiden el flujo de la sustancia al ser trasvasada?

*OBJETIVO: En el caso de los coloides, suelen presentar una textura aceitosa o gelatinosa, por lo cual aumenta la viscosidad con la disminución de la temperatura.*

4. Fases agitación: Colocar 2-3 mL de cada sustancia en tubos de ensayo correspondientes. Agitar cada una de las sustancias durante 5 segundos, detenerse y observar ¿Cuántas fases se perciben en cada tubo de ensayo? ¿Qué otras descripciones se podrían establecer sobre esta observación?

*OBJETIVO: Para establecer diferenciación entre los tipos de mezclas (homogéneas y heterogéneas) se establecen parámetros mecánicos para determinar la solubilidad o insolubilidad entre las sustancias.*

5. Fases reposo: Tomar los tubos de ensayo del experimento anterior y colocarlos sobre una gradilla durante 12-24 horas ¿Cuántas fases se perciben en cada tubo de ensayo? ¿Qué otras descripciones se podrían establecer sobre esta observación?

*OBJETIVO: Para finalizar la diferenciación entre los tipos de mezclas (homogéneas y heterogéneas) se propone el establecimiento de criterios para la separación de cada componente de la mezcla, al presentar dificultad con aquellos que presentan 1 fase, se determinará el estudio a seguir con los sistemas homogéneos.*

Se propone el desarrollo de una actividad experimental en la cual se emplee la balanza como un instrumento que permite ampliar los razonamientos sobre las relaciones entre las fases de un sistema homogéneo. Para ello, se requieren 6 beaker de 500 mL en los cuales se dispondrá de 250 mL de agua en cada uno de ellos, para luego verter según las cantidades indicadas en la tabla, cada una de las masas de las sustancias indicadas en el beaker correspondiente.

<b>1 g - Temperatura ambiente</b>						
<b>Sustancia / Característica</b>	<b>Agua destilada</b>	<b>Agua con sal</b>	<b>Agua con almidón</b>	<b>Agua con gelatina</b>	<b>Agua con arcilla</b>	<b>Agua con leche</b>
<b><i>Turbidez</i></b>						
<b><i>Viscosidad</i></b>						
<b><i>Fases (agitación)</i></b>						
<b><i>Fases (reposo)</i></b>						
<b><i>Luz blanca</i></b>						
<b><i>Luz láser</i></b>						

**\*\* Se repite la tabla para 15 g de soluto y 30 g de soluto.**

## **FASE II: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SISTEMAS CON BASE EN LA VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA**

### **MOMENTO II: VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA**

**OBJETIVO:** Identificar los criterios de diferenciación que se presentan entre las mezclas.

**PROPÓSITO:** Identificación del efecto de la variación de la temperatura con respecto a las propiedades y comportamientos identificados de las mezclas

**DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD:** Para este experimento se dispondrá de las mezclas trabajadas, una fuente de calor y un refrigerador. En un primer momento, se realizará una observación a temperatura ambiente empleando una lupa que permita ampliar regularmente el tamaño de la imagen. Posteriormente, se tomará una muestra de la mezcla para calentarla poco a poco y dar cuenta de los cambios que pueden presentarse. Por otra parte, se tomará unas muestras para refrigerar y observar las variaciones de estas con la temperatura.

Para orientar las observaciones se propone diligenciar la siguiente tabla

<b>1 g - Temperatura ebullición H<sub>2</sub>O</b>						
<b>Sustancia / Característica</b>	<b>Agua destilada</b>	<b>Agua con sal</b>	<b>Agua con almidón</b>	<b>Agua con gelatina</b>	<b>Agua con arcilla</b>	<b>Agua con leche</b>
<b>Turbidez</b>						
<b>Viscosidad</b>						
<b>Fases (agitación)</b>						
<b>Fases (reposo)</b>						
<b>Luz blanca</b>						
<b>Luz láser</b>						
<b>1 g - Temperatura solidificación H<sub>2</sub>O</b>						
<b>Sustancia / Característica</b>	<b>Agua destilada</b>	<b>Agua con sal</b>	<b>Agua con almidón</b>	<b>Agua con gelatina</b>	<b>Agua con arcilla</b>	<b>Agua con leche</b>
<b>Turbidez</b>						

<b>Viscosidad</b>						
<b>Fases (agitación)</b>						
<b>Fases (reposo)</b>						
<b>Luz blanca</b>						
<b>Luz láser</b>						

\*\* Se repiten las tablas para 15 g de soluto y 30 g de soluto.

### FASE III: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SISTEMAS CON BASE EN SU RELACIÓN CON LA LUZ

#### ACTIVIDAD 3

#### LA LUZ Y LAS MEZCLAS

**OBJETIVO:** Determinar las propiedades ópticas de las mezclas

**PROPÓSITO:** Identificación de la relación entre la luz y la materia al someterse a un rayo de luz para establecer criterios de diferenciación desde el comportamiento que presentan. Comparar la trayectoria de la luz cuando atraviesa las distintas mezclas como medio de propagación, teniendo como referencia la propagación en el aire.

**DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD:** Para ello se requiere de un recipiente de vidrio, delgado y claro de paredes paralelas (se puede emplear un beaker). Se someterá cada sustancia a interacción con la luz blanca y con el rayo láser. Para ello, se pretende analizar el un primer momento las características de la luz blanca y de la luz láser al estar interacción con un medio gaseoso como el aire, luego se propone dar solución a la siguiente tabla:

<b>Sustancia / Característica</b>	<b>Aire</b>	<b>Agua destilada</b>	<b>Agua con sal</b>	<b>Agua con almidón</b>	<b>Agua con gelatina</b>	<b>Agua con arcilla</b>	<b>Agua con leche</b>
<b>Luz blanca</b>							
<b>Luz Láser</b>							

Y dar respuesta a los siguientes interrogantes:

1. ¿Qué características tiene la trayectoria del rayo de luz en el aire a diferencia de cada uno de los medios?
2. ¿Qué atribución se le da a la variación de la trayectoria en cada uno de los medios?

#### FASE IV: AMPLIACIÓN DE LA PERSPECTIVA DE MEZCLAS HOMOGÉNEAS, PARTICULARIZANDO EN LOS COLOIDES

##### ACTIVIDAD 4

##### NUEVAS MEZCLAS

**OBJETIVO:** Identificar otro tipo de mezclas consideradas como coloides para ampliar las explicaciones de su comportamiento al someterse a variaciones de energía

**PROPÓSITO:** Reconocimiento y caracterización de otros tipos de sistemas coloidales frente a las condiciones abordadas anteriormente.

**DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD:** Se propone emplear otras sustancias cuyas características les permiten ser consideradas como coloides: Espuma de afeitar, Gel para el cabello, Aerosol, Humo, Pasta dental y Crema corporal. De esta manera se propone reunir los elementos que han brindado criterios de diferenciación y de reconocimiento.

TEMPERATURA AMBIENTE						
Sustancia / Característica	Espuma de afeitar	Gel para el cabello	Aerosol	Humo	Pasta dental	Crema corporal
<i>Color</i>						
<i>Turbidez</i>						
<i>Viscosidad</i>						
<i>Fases (agitación)</i>						
<i>Fases (reposo)</i>						
Luz blanca						
Luz láser						
ALTA TEMPERATURA						
<i>Color</i>						
<i>Turbidez</i>						
<i>Viscosidad</i>						
<i>Fases (agitación)</i>						
<i>Fases (reposo)</i>						
Luz blanca						

Luz láser						
<b>BAJA TEMPERATURA</b>						
<i>Color</i>						
<i>Turbidez</i>						
<i>Viscosidad</i>						
<i>Fases (agitación)</i>						
<i>Fases (reposo)</i>						
Luz blanca						
Luz láser						

A partir de la experiencia realizada

- ¿qué tipo de comportamiento son similares entre las mezclas?
- ¿qué criterios permiten diferenciarlos?

## **FASE V: DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SISTEMAS CON BASE EN SU RELACIÓN CON LA ELECTRICIDAD**

### **ACTIVIDAD 5**

#### **MEZCLAS Y ELECTRICIDAD**

**OBJETIVO:** Establecer las condiciones y criterios que permiten la identificación de los sistemas coloidales a partir de la interacción con la energía.

**PROPÓSITO:** Relacionar e interpretar los criterios de diferenciación de las mezclas al identificar su comportamiento en interacción con fuentes de energía.

**DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD:** Para el desarrollo de esta actividad se proponen 2 secciones. La primera consiste en la construcción de un instrumento que permita reconocer la interacción de los sistemas coloidales con la electricidad y la segunda, someter a interacción las mezclas propuestas.

- a. Agarosa
- b. 5 pilas 9V
- c. Recipiente plástico grande
- d. Recipiente plástico pequeño
- e. Peine de púas
- f. Cartón

- g. Cable de cobre
- h. Pinzas cocodrilo
- i. Papel aluminio
- j. Azul de metileno
- k. Bicarbonato de sodio

*Preparación:*

1. Recortar dientes del peine de manera que encaje en el recipiente plástico pequeño y que sus puntas no lleguen hasta el fondo. Usar cartón para mantenerlo en pie
2. Disolver 1 sobre de gelatina sin sabor en (100 mL), calentar hasta que se disuelva y verter en la cubeta con el peine. Dejar enfriar (procurar que no queden burbujas)
3. Preparar la fuente de alimentación alineando las pilas en una fila de 3, debajo una de 2. Preparar 2 tiras de papel aluminio para usar como electrodos, conectar a la fuente de alimentación con los cables y las pinzas
4. Preparar una disolución al 1% de bicarbonato de sodio y verter una capa delgada sobre la gelatina una vez haya enfriado.
5. Mezclar las mezclas con el colorante
6. Tomar muestras y colocarlas sobre los “pocillos” que dejó la gelatina
7. Conectar la fuente
8. Realizar mediciones del desplazamiento del colorante en la gelatina

**FASE VI: CONSOLIDACIÓN DE SISTEMAS DE MEDIDA A PARTIR DEL USO DE INSTRUMENTOS PARA DAR CUENTA DE LA NOCIÓN “NANOMÉTRICA” DE LAS PARTÍCULAS.**

**ACTIVIDAD 6**

**SEPARACIÓN**

**OBJETIVO:** Orientar las observaciones y descripciones de los sistemas a la comprensión de técnicas de separación que permitan identificar la idea de “tamaño de partícula”

**PROPÓSITO:** A partir de las evidencias reunidas del comportamiento de los coloides al someterse a campos eléctricos, identificar técnicas de separación de estos sistemas

**DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD:** Al identificar el comportamiento de las mezclas mediante la técnica de electroforesis se inicia el cuestionamiento frente a la separación de componentes de



las mezclas para ello se propone un taller de filtración empleando papel de filtro y las sustancias empleadas previamente.

Para ello se sugiere complementar la actividad con el desarrollo de la siguiente tabla:

<b>Sustancia / Característica</b>	<b>Aire</b>	<b>Agua destilada</b>	<b>Agua con sal</b>	<b>Agua con almidón</b>	<b>Agua con gelatina</b>	<b>Agua con arcilla</b>	<b>Agua con leche</b>
<i>Descripciones</i>							

#### ACTIVIDAD 7

### TAMAÑOS MACRO - GRANULOMETRÍA

**OBJETIVO:** Clasificación de tamaños de partícula y uso de instrumentación (tamiz) para establecer jerarquías entre los tamaños de los sólidos

Número Malla	Abertura (mm)	Abertura (pulg)
4	4.76	0.187
5	4.00	0.157
6	3.35	0.132
8	2.38	0.0937
10	2.00	0.0787
12	1.68	0.0661
14	1.41	0.0555
16	1.19	0.0469
18	1.00	0.0394
20	0.841	0.0331
25	0.707	0.0278
30	0.595	0.0234
35	0.500	0.0197
40	0.420	0.0165
45	0.354	0.0139

50	0.297	0.0117
60	0.250	0.0098
70	0.210	0.0083
80	0.177	0.0070
100	0.149	0.0059
200	0.074	0.0029
325	0.044	0.0017
400	0.037	0.0014

**PROPÓSITO:** Establecer diferencias entre los distintos tamaños de sólidos y sólidos-líquidos que se presentan en una mezcla y los criterios de clasificación

**DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD:**

**MATERIAL**

- Juego de tamices
- Recipientes plásticos
- Regla – cinta métrica
- Papel milimetrado

1. Tomar una muestra de suelo seca y dejarla pasar por el primer tamiz (tamaño 4,76 mm)
2. Observar el resultado que se presenta en la parte inferior (residuo) y separar el resultado de la parte superior ¿Qué relación identifica entre el tamaño de la abertura y el tamaño del sólido recolectado?
3. Tomar 1 de las muestras sólidas y colocar sobre el papel milimetrado y tomar la medida de ancho, largo y profundo. Escribir las medidas en la tabla.
4. Colocar el tamiz sobre el papel milimetrado, observar por medio de una de las aberturas sobre el papel y contar el total de cuadros dentro de la abertura (mm<sup>2</sup>)
5. Repetir el procedimiento con cada tamiz
6. Recolectar y guardar el residuo del último tamizado.

**ACTIVIDAD 8**

**TAMAÑOS MICRO – MICROSCOPIA**

**OBJETIVO:** Clasificación de tamaños de partícula y uso de implementos que permitan ampliar la visión de las mezclas para establecer jerarquías entre los tamaños de los sólidos y de las técnicas de visualización de sustancias a nivel microscópico.

**PROPÓSITO:** Establecer una linealidad entre los distintos tamaños y ampliación de la imagen para dar cuenta de la idea “nanométrica” de las partículas.

Observación con macroscópica y microscópica de las mezclas (uso de la lupa y el microscopio) para enfatizar en las características de las fases de la mezcla.

**MATERIALES:**

Microscopio óptico

Portaobjetos

Cubreobjetos

Papel milimetrado

Agua

Gotero

*PROCEDIMIENTO:*

1. Al usar el microscopio debe estar activo el objetivo de menor aumento (4x), esto si el microscopio fue guardado correctamente en su uso anterior. Siga los pasos para la preparación de cada tipo de muestra.
2. Coloque la preparación sobre la platina sujetándola con las pinzas metálicas.
3. A continuación, se describe el proceso para realizar el enfoque de la preparación: - Sin poner el ojo aún en el ocular y vigilando de no incrustar el objetivo en la preparación, use el tornillo macrométrico para acercar al máximo la lente del objetivo a la preparación. - Mirando a través del ocular, empiece a alejar nuevamente el objetivo de la preparación con el tornillo macrométrico. Cuando, según su percepción, haya enfocado la imagen, use el tornillo micrométrico para obtener un enfoque más fino.
4. Coloque una gota de agua sobre el portaobjetos y sobre esta coloque un recuadro de 1 cm de papel milimetrado con la cara impresa mirando hacia arriba; finalmente cúbralo con el cubreobjetos y enfoque hasta que se vea con claridad. Mida el campo visual haciendo coincidir las líneas del papel milimetrado con el borde del campo de visión y contando los cuadros milimetrados que se ven. Este valor será el diámetro para determinar el área del campo de visión.
5. Después de haber observado la preparación con el aumento de 4x y haber anotado las principales características, cambie al objetivo de 10x (Recuerde tener cuidado de no chocar el objetivo con el portaobjeto). Observe a través del ocular y verifique si la imagen se desenfocó o no. De ser necesario reenfoque nuevamente haciendo uso de los tornillos.

**ACTIVIDAD 9**

**FILTROS Y MEMBRANAS**

**OBJETIVO:** Orientar las observaciones y descripciones de los sistemas a la comprensión de técnicas de separación que permitan identificar la idea de “tamaño de partícula” mediante el uso de membranas.

**PROPÓSITO:** Al retomar las observaciones de las mezclas, se orientan los cuestionamientos a la idea de su separación, pues el papel de filtro no brinda elementos suficientes para interpretarlo.

**DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD:** Al identificar el comportamiento de las mezclas mediante la técnica de electroforesis se inicia el cuestionamiento frente a la separación de componentes de las mezclas para ello se propone un taller de filtración empleando papel de filtro y las sustancias empleadas previamente.

- Difusión:

Para ello se requiere de la preparación de gelatina al 5% o agar al 2% en caliente, transfiriéndolas a tubos de ensayo hasta la mitad y dejar solidificar. Una vez esté compacto, se prepara una disolución ideal como agua con tinte (blanco de observación), la cual será vertida sobre la gelatina preparada anteriormente, en otro tubo de ensayo realizar el mismo procedimiento con la solución en cuestión.

<b>Sustancia / Característica</b>	<b>Agua destilada</b>	<b>Agua con sal</b>	<b>Agua con almidón</b>	<b>Agua con gelatina</b>	<b>Agua con arcilla</b>	<b>Agua con leche</b>
<b>Observaciones</b>						

- Diálisis

Este experimento se encuentra relacionado con el anterior, este consiste en el uso de membranas que permitan el paso de sustancias al interior de estas. Puede emplearse membranas vegetales, como el pergamino, animales como vejigas de cerdo o pescado o buche de gallina, y artificiales como el colodión o celofán. En caso se usar membranas artificiales la preparación consiste en su ensamble en un tubo de ensayo grande y limpio, disolviendo el colodión en éter o alcohol, dejar que endurezca por evaporación y de ser necesario repetir el

procedimiento, puede endurecerse lavando las paredes del tubo con agua fría, luego, sacar la bolsa del tubo. Estos serán los sacos de difusión. Pueden emplearse 2 técnicas:

Consiste en sumergir el saco de difusión al interior de un Erlenmeyer con un disolvente puro, el saco debe ser tapado con un tapón de corcho, en caso de que la solución sea de carácter alcohólico o etéreo no se pueden usar sacos de colodión. Si la solución es verdadera no permitirá el paso por membrana hacia el líquido exterior. Si el disolvente es muy volátil se deberá emplear un recipiente con tapa y dejar el saco de difusión cerrado al interior de este.

Preparar en vasos de precipitado independientes la solución verdadera y la de estudio. Cubrir la boca de un embudo con buche de gallina, membrana de colodión u hoja de celofán y sujetar firmemente con una liga. Se introduce de manera invertida en las sustancias de estudio, se sugiere sujetar el embudo con un soporte universal.

<b>Sustancia / Característica</b>	<b>Agua destilada</b>	<b>Agua con sal</b>	<b>Agua con almidón</b>	<b>Agua con gelatina</b>	<b>Agua con arcilla</b>	<b>Agua con leche</b>
<b>Observaciones</b>						

Tras participar de la propuesta de aula, se espera que se hayan formalizado criterios y que se haya definido la necesidad experimental de caracterizar los sistemas desde la difusión de las sustancias, sus propiedades ópticas y eléctricas y de la dispersión de la luz. Pues serán construcciones que conllevarán a la ampliación de sus observaciones a través de otros instrumentos como el microscopio y la lupa, en busca de encontrar el material disuelto y cómo a través de un instrumento de ampliación de imagen, pues es claro que aún se dificulta la organización y caracterización visual del ordenamiento de las sustancias. Por lo que se debe recurrir a un mundo de ideas, como es el que se construye a partir de la atribución de propiedades eléctricas, de dispersión de luz y de difusión de sustancias para comprender que existe una organización más pequeña a la observable que se liga al estudio desde la relación “molecular” y además, cuantificable, como es el caso de las disoluciones.

### **MIRADAS Y DIÁLOGOS SOBRE MEZCLAS**

Para conocer las posturas y observaciones que suscita la presente propuesta se organizó una jornada de presentación contando con la participación de docentes del área de ciencias (licenciada en biología, docentes de química, estudiantes de la maestría en docencia de las ciencias y un docente en el ámbito de la astronomía-tecnología) el 18 de septiembre de 2020 a través de la plataforma Teams.

Para conocer las ideas y observaciones que desata la presentación de esta propuesta se realizó la recolección de las apreciaciones de la presentación de la propuesta a través de un formulario online (<https://forms.gle/p2KW1QGWFgmhL4UZ9>) y otras observaciones dadas de manera oral. En total se recolectaron 6 participaciones de manera escrita y 4 de manera oral. El formulario consta de 3 secciones desde el cual se espera evaluar la relevancia de los aspectos considerados como pilares de la propuesta (análisis histórico, espacios de discusión y construcción del fenómeno de estudio), así como de los aspectos disciplinares, pedagógicos y experimentales; y por último se contemplan las apreciaciones generales de la presentación de la propuesta, desde el uso de herramientas, materiales, tiempos, entre otros aspectos. Cabe indicar que las respuestas recolectadas son genéricas y en términos generales no suscita modificaciones en la propuesta

Se considera que esta actividad se favorece desde la atención de otras miradas de docentes que se desempeñen en el campo de las ciencias naturales, pues a través de ellos se perciben las necesidades educativas, la pertinencia de la propuesta en el aula y las críticas que permiten su perfeccionamiento y reestructuración de acuerdo con las necesidades del docente. Desde los espacios de formación docente en discusión con otros, se configura un escenario a través del discurso que determina la interpretación, construcción y reinterpretación de los significados que construye cada docente, logrando entonces que se promueva el cuestionamiento de las estrategias y acciones que se llevan y proponen en el aula, pues se abren espacios de reflexión y de lectura crítica entre experiencias de pares, como escenarios para su discusión y valoración.

En ese sentido Edwards y Mercer (1987) señalan la importancia de una dimensión interaccionista en el discurso docente, donde el lenguaje es un emergente fundamental de la relación social y que es al interior del discurso educacional donde se modelan, interpretan y reformulan todos los significados que se crean. Por ende, el lenguaje en la formación docente configura instancias de aprendizaje que son mediadas por el intercambio y la producción discursiva. Así, el discurso que se presenta a través de la socialización de las propuestas de aula se convierte en un medio para analizar desde distintas perspectivas el trayecto sobre la

formación desde las visiones de ciencia que se construyen en el aula, así como la posibilidad del diseño de prácticas innovadoras en el aula que lo demuestren y sean reconstruidas a su vez

Desde el formulario escrito, para la primera sección, se destacan algunas observaciones generales presentadas en la siguiente tabla. En ella se expone una apreciación general aportada por el instrumento.

Tabla 17. Observaciones escritas para la sección 1.

<b>Aspecto</b>	<b>Observación general</b>
Aspectos históricos	La propuesta retoma y se fundamenta en aspectos históricos que permiten la consideración y el análisis de los sistemas dispersos.
Caracterización de la solubilidad de las sustancias	A través de los elementos experimentales y metodológicos que se presentan, se exhibe la caracterización de la solubilidad como una herramienta conceptual a ser debatida y cuestionada por los participantes.
Indagación sobre las formas de organización del fenómeno estudiado	Las herramientas diseñadas para la caracterización y organización que realizan los estudiantes en la propuesta indaga y así se convierte en una herramienta para el docente en la orientación de la propuesta y el manejo de los interrogantes que surgen en ella.
Espacios para la discusión, construcción de preguntas y su profundización desde los elementos de diferenciación de los sistemas dispersos	A través de las actividades propuestas, el docente se orienta y a su vez, orienta a los participantes para concebir a las maneras de hablar y cuestionar el fenómeno para su organización.
Definición de unidades e instrumentos de medida para la comprensión de los sistemas dispersos	Se considera que la manera en la que ha sido configurada la problemática permite contemplar unidades e instrumentos de medida como parte de la caracterización del fenómeno, desde la acción de fuentes de energía en forma de luz, calor y electricidad, así como del uso de lentes para dar nuevas apreciaciones sobre la organización de las sustancias y del paso de sustancias mediante filtros y membranas para establecer criterios de diferenciación y organización del fenómeno.

A partir de ello, se considera que los aspectos que cobijan la propuesta (aspectos históricos, caracterización de la solubilidad de las sustancias, indagación sobre las formas de organización del fenómeno estudiado, espacios para la discusión, construcción de preguntas y su profundización desde los elementos de diferenciación de los sistemas dispersos y, la definición de unidades e instrumentos de medida para la comprensión de los sistemas dispersos) son evidentes a lo largo de la presentación y del material diseñado en la exposición y por lo tanto es posible continuar estructurándolos al ser puestos a discusión por otros.

Por otra parte, para la segunda sección, se establece un paralelo entre los aspectos positivos y aspectos por mejorar de carácter pedagógico, disciplinar y experimental; desde los

cuales se construye la presente propuesta. Las observaciones textuales se plasman en la siguiente tabla

Tabla 18. Aspectos positivos y por mejorar desde las observaciones escritas

Intención	Aspectos positivos	Aspectos por mejorar
Disciplinar	<p><i>“La invitación al uso de la comprensión o pensamiento para la solución de problemas desde las ciencias”.</i></p> <p><i>“Integran la enseñanza de las ciencias en cada una de las fases, también da la oportunidad de que estudiantes que no tienen conocimiento desde los “koloides” puede comenzar con la exploración y el proceso en cada fase.”</i></p>	<p><i>“Ampliar lo que se denomina instrumento, debido a que se ve pequeño en la página y creo que es muy importante ya que no se explica mucho de ello, que propósito tiene ese instrumento y como le darías retroalimentación. Por último, felicitaciones por la página y la propuesta.”</i></p>
	<p><i>“La fundamentación histórica y la relación con la propuesta de aula, además de que es un trabajo muy completo.”</i></p> <p><i>“Resuelve y propone estrategias sencillas y pertinentes que les permite a los estudiantes construir explicaciones en torno a las mezclas y coloides.”</i></p>	<p><i>“Vincular las preguntas que permiten conectar el tamaño macroscópico de las sustancias con el microscópico”</i></p>
	<p><i>“El vínculo de los instrumentos como una necesidad en la construcción de explicaciones de los objetos en estudio.”</i></p> <p><i>“Hace un desarrollo interesante de caracterización de las sustancias en términos de la interacción con el calor, la luz, electricidad, etc. Las construcciones que se pretenden en las actividades tienen un hilo conductor en términos de complejidad. Resalto de la propuesta la organización de las actividades experimentales.”</i></p>	<p><i>“Más que sugerencias, me surgen inquietudes. Desde la primera actividad se solicita describir el color, la turbidez, viscosidad, fases en reposo y fases en agitación. En la actividad 1 es posible que se aborden mejores descripciones entre las diferentes mezclas en términos de la intensidad del color y no solo del color. En la propuesta publicada en la página no se muestra una tabla donde los estudiantes puedan comparar las diferentes proporciones entre sí. Me parece interesante además de las tablas de descripciones, tener un instrumento en donde se resalten las explicaciones que hacen los estudiantes al relacionar las diferentes mezclas.”</i></p>
Pedagógica	<p><i>“Que el docente se convierte en un facilitador del aprendizaje”</i></p> <p><i>“Es un trabajo muy riguroso en cada fase de la paginas ya que se evidencia la importancia de las vivencias experimentales y el laboratorio como medio didáctico para la enseñanza de las ciencias”</i></p> <p><i>“La página web y las actividades planteadas parecen integradoras de aula y trabajo de los estudiantes”</i></p>	<p><i>“En realidad los planteamientos son muy buenos pedagógicamente, solo cambiaria el tamaño de la letra o negrita de la misma para que sea más visible.”</i></p>



	<p><i>“Las fases propuestas permiten el espacio para abordar la problemática abordada.”</i></p> <p><i>“Se proponen situaciones de estudio que se constituyen en problemas de indagación y que enriquecen la experiencia”</i></p> <p><i>“Considero la propuesta interesante en cuanto al diseño de las actividades y cómo se sustentan en una lectura crítica de los textos históricos. Resalto la divulgación de la propuesta a través de un medio virtual, pues considero que fortalece la construcción del discurso pedagógico, a la vez que aporta de manera significativa a la construcción del sentido de la práctica pedagógica.”</i></p>	<p><i>“Se requeriría acceso al documento, ya que la presentación y el tiempo no permite visibilizar todos los aspectos tenidos en cuenta por la Maestra.”</i></p>
Experimental	<p><i>“La innovación”</i></p> <p><i>“Se promueve la importancia del experimento en la enseñanza de las ciencias y en cada una de las fases se incentiva los instrumentos de medida y observaciones”</i></p> <p><i>“Las actividades y la creatividad visual en la página”</i></p> <p><i>“La diversidad de actividades experimentales propuestas permite al estudiante adquirir experiencia frente al fenómeno.”</i></p> <p><i>“El paso continuo de la descripción y la organización de la percepción a la actividad de orden experimental donde se contralan las situaciones, se definen los instrumentos y la manera de registrar.”</i></p> <p><i>“La estructura y el soporte en cada una de las actividades.”</i></p>	<p><i>“Me inquieta identificar en la propuesta el tipo de relaciones que pueden establecer los estudiantes entre las diferentes experiencias, que permitan integrar los diferentes fenómenos en términos de la comprensión del comportamiento de las sustancias.”</i></p>

De esta manera, se presentan las observaciones de los participantes sobre las formas en que se motiva a los estudiantes a la organización y discusión de las ideas sobre los sistemas dispersos, es evidente y se resalta el papel que cumple el análisis histórico en el desarrollo de la propuesta y la relación que orienta la actividad experimental a partir del uso de instrumentos como una necesidad para ampliar la caracterización del fenómeno.

Desde allí se considera importante para la autora las apreciaciones positivas de la presentación de la propuesta que exponen la pertinencia en el aula desde la necesidad que sugiere la construcción de una visión “micro” para explicar la composición y el comportamiento de las sustancias, así mismo, se tienen en cuenta las sugerencias desde el contenido de la

propuesta y la presentación de la misma desde el tipo de tablas y el material para recolectar las apreciaciones de los estudiantes, ya que no fue claro durante la presentación, aspectos desde los cuales se producen elementos para introducir modificaciones, por lo que se considera relevante realizar un mayor énfasis en la presentación del instrumento en el cual los estudiantes recopilarán la información de sus observaciones y discusiones, así como la articulación de las preguntas que permiten orientar la visión macro-micro que se orienta en la propuesta.

A su vez, se evidencia que la propuesta y los recursos mediante los cuales se orienta fomentan la integración de actividades y trabajo de los estudiantes desde la constitución de problemas de indagación que enriquecen la construcción del fenómeno y de sus explicaciones y a su vez, del actuar del docente en el aula.

Asimismo, el carácter experimental que se fomenta por medio de la propuesta, también se expone como un ejercicio de creatividad e innovación con la cual, se direcciona desde la descripción y organización de la actividad experimental, donde el control de las situaciones y la definición de instrumentos poseen un soporte y estructura para la orientación de apreciaciones del fenómeno. De igual manera, se considera que al presentar la propuesta se hace necesario presentar la articulación de las relaciones que establece o establecería un estudiante para poder integrar las concepciones que se construyen en torno al fenómeno desde el comportamiento de las sustancias.

Para exponer la tercera sección del instrumento, se presenta la siguiente tabla, en la cual se dan las observaciones generales para los aspectos evaluados por los participantes.

*Tabla 19. Observaciones escritas para la sección 3*

<b>Aspecto</b>	<b>Observaciones generales</b>
Pertinencia de la temática en la enseñanza	Se requiere de propuestas como la presente que sean pertinentes en la enseñanza de los sistemas dispersos.
Espacios de participación e interacción entre los participantes	Se hace el llamado a fomentar y presentar de manera explícita las relaciones e interacciones entre los participantes en pro de la organización de criterios, la formulación de interrogantes y la construcción del fenómeno de estudio.
Tiempo de ejecución de las actividades	Al momento de realizar la presentación no se presenta este aspecto y dentro del trabajo en aula se requiere de un estimado espaciotemporal para desarrollar las actividades.
Manejo de materiales en la actividad experimental	Considerándose desde la recursividad y familiaridad instrumental que se propone desde el trabajo realizado.
Uso de herramientas tecnológicas	Se considera que el diseño de la página y el uso de otras herramientas favorece la organización visual de la propuesta para los participantes de esta
Organización clara y lógica de las actividades	Al presentar claridad en la disposición del material se orienta de manera organizada las actividades propuestas

Diseño del material propuesto para los participantes	Articular de una manera más sencilla las distintas experiencias y materiales que se desarrollan en ella.
--	--

A partir de ello, es muy valioso la manera en la que se considera la pertinencia de la propuesta, pues para la autora, es de interés particular la manera en la que los estudiantes construyen una idea de composición y organización de las sustancias, ya que mediante la propuesta no se incita a la construcción esquemática de átomos o moléculas como causal de , pues se invita a través de distintos cuestionamientos a recurrir a distintos modelos que satisfagan la necesidad de explicación de lo que ocurre en las sustancias. Así, los aspectos considerados anteriormente, brindan elementos para la ejecución futura de esta propuesta, pues dado que al no ser implementada en el aula causa confusión la distribución espaciotemporal de las mismas, así como la versatilidad y facilidad de acceso a las herramientas tecnológicas y al material propuesto para los participantes.

Con respecto a las participaciones orales que fueron presentados por los participantes como lo son, se reúnen en 3 partes: aspectos positivos, aspectos por mejorar e inquietudes que suscita la propuesta. Presentados a continuación:

*Tabla 20. Observaciones orales por los participantes de la socialización de la propuesta (Aspectos positivos)*

<b>Aspectos positivos</b>
<i>Es un trabajo extenso y muy bueno porque relaciona muchas temáticas y se evidencian distintos aspectos como químicos y biológicos, así como el uso de instrumentos como el microscopio</i>
<i>El diseño de la página web es muy bueno y se relaciona con la intención de la autora</i>
<i>La autora maneja herramientas informáticas que favorecen las condiciones actuales</i>
<i>Desde la formación del ámbito en biología, se llama la atención pues la propuesta compromete la enseñanza de las ciencias no de manera conceptual, pues el estudiante tiene la posibilidad de ver el experimento y los laboratorios no solo como “el experimento” sino que tengan la capacidad de vivenciar y dar importancia a los instrumentos que se emplean para ello. Es evidente la unificación desde los coloides diferentes propiedades de las sustancias, haciendo que la enseñanza de las ciencias tenga una mirada integral. La importancia que se refleja en la enseñanza de las mezclas y por qué es importante extender la enseñanza de la química a otros ámbitos como los experimentos caseros y dar ese análisis es muy importante de resaltar.</i>
<i>El trabajo es muy interesante, pues existe un desconocimiento en el ámbito de los coloides, pero que la propuesta, aunque sea extensa, propone orientar a los estudiantes a la construcción de explicaciones de estos sistemas.</i>

---

*El diseño de la página, aunque cada vez parece ser más sencillo e intuitivo el diseño de estas, se requiere pensar en que el diseño sea coherente con las necesidades y los propósitos que se tienen y se logra ver en lo presentado.*

---

*Es muy interesante el hecho de preguntarse “¿hasta qué momento nuestra experiencia sensible permite caracterizar las sustancias con las que estemos trabajando y en qué momento es necesario vincular algunos instrumentos para estudiarlos, caracterizarlos o responder algunas preguntas cuando se tienen necesidades de indagación? Es un propósito que se evidencia en las actividades que se proponen.*

---

*Es un trabajo muy juicioso, se resalta el trabajo “que no se nota”, aquel que hace el maestro por comprender aquello que es problema de estudio, en este caso, el de la disolución, que se estudia a través de los documentos originales, que se sabe que implican dedicación y que no se centra solo en lo que el texto señala si no en cómo el docente aprovecha las discusiones con los autores para la construcción de las propuesta, porque hacer este tipo de trabajo es difícil, formular preguntas, diseños experimentales, tener la mirada de “vínculo” entre una actividad y la que sigue para generar los procesos de discusión, a veces pasan de largo sin que se note la dificultad que tiene hacer esos procesos creativos.*

---

*Es satisfactorio ver la propuesta, es muy interesante, porque cuando se enseña química, hay algo muy complicado y es convencer a los estudiantes de que existen los átomos y moléculas y armar una estructura teórica para enseñar que eso existe y que, sin más, se acepte esa verdad. Por lo que la propuesta es muy interesante, en la medida de que acude a unas actividades que pretenden desde lo organoléptico, desde las percepciones de los estudiantes, comenzar a construir esas ideas de sustancias sin recurrir a esa teorización de lo que es un concepto de qué es “átomo”, qué es “molécula”, y de qué está constituido, sino que se comienza a indagar cómo se comportan las sustancias. Se tienen muchos recursos para comprender cómo se comportan las sustancias al usar la electricidad, la luz, el calor, los filtros y eso no es algo que ya se había percibido, abriendo así un campo de aplicación en la práctica de otros docentes.*

---

Tabla 21. Observaciones orales por los participantes de la socialización de la propuesta (Aspectos por mejorar)

---

### **Aspectos por mejorar**

---

*Es importante definir el tiempo que se dispone para implementar, pues el hecho de no haber implementado no permite identificar un tiempo estimado para el desarrollo de cada actividad y de la totalidad*

---

*Se propone aumentar el tamaño de la letra en la página web para visualizar mucho mejor los instrumentos que emplean los estudiantes para recoger sus apreciaciones*

---

*No es claro cómo se vincula la caracterización “molecular”, aquello “micro” que no se alcanzan a apreciar a través de los instrumentos.*

---

---

*Sería importante reconocer cómo se articulan las experiencias y las diferencias cuando se hacen interactuar las sustancias con diferentes fenómenos (cómo se conecta el comportamiento con la luz, con la electricidad)*

---

Tabla 22. Observaciones orales por los participantes de la socialización de la propuesta (Inquietudes que se generan)

---

### **Inquietudes que se generan**

---

*¿Cuál es el imaginario “instrumento” que se desarrolla a través de la propuesta?*

---

A partir de ello, se considera que la propuesta es pertinente en la enseñanza de las ciencias, pues existe una gran dificultad en la enseñanza y comprensión de un mundo micro, que es argumentado a partir de la idea de moléculas, iones y átomos para explicar la naturaleza de las sustancias, pero que, a lo largo de la propuesta, se suscitan explicaciones para argumentar lo observable y perceptible por los participantes. Así mismo, la elaboración de dichas explicaciones se entrelaza a través de la discusión con los demás participantes, logrando una estructuración y formalización entre ellas. De igual manera, los cuestionamientos que estructuran el trabajo tales como: *“¿hasta qué momento nuestra experiencia sensible permite caracterizar las sustancias? Y ¿En qué momento es necesario vincular algunos instrumentos para estudiarlos, caracterizarlos o responder algunas preguntas cuando se tienen necesidades de indagación?”* Se plasman de manera clara como pilar de la propuesta de aula y la exhibe una de las participantes de la socialización de la propuesta (la cursiva es una participación oral).

Es importante resaltar el papel del diseño de la página web, pues permite que los estudiantes tengan acceso a todas las actividades que se desarrollan allí y a su vez, complementar, modificar y adecuar según las necesidades de la población. Dentro de los aportes realizados por los participantes a la presentación, se resalta el diseño general, pues se relaciona con la intención de la autora, logrando que se plasme una linealidad entre las actividades y la orientación de estas.

Con relación a la intención experimental, los participantes identifican que existe una relación entre los aspectos históricos que fueron tenidos en cuenta para su construcción y el proceder de la propuesta se construye bajo una linealidad y cuestionamientos que permiten articularse entre sí para elaborar explicaciones en torno a la organización de las sustancias y su combinación.

Finalmente, desde la intencionalidad pedagógica, disciplinar y experimental se considera pertinente la manera en la que se incentiva a la comprensión de las mezclas como un aspecto fundamental en la comprensión de las sustancias. De igual manera, la integración entre las fases es una oportunidad para que los estudiantes y demás participantes que no tengan conocimiento de la organización de las mezclas inicien un proceso de exploración, cuestión favorecida desde la actividad experimental. Se considera relevante para los propósitos del presente trabajo, el aporte desde la rigurosidad en la construcción de las fases pues se resalta la importancia de las vivencias experimentales y el laboratorio como un medio para la enseñanza de las ciencias.

### ***BIBLIOGRAFÍA ABORDADA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ESTE CAPÍTULO***

- Astudillo, C., Rivarosa, A., & Ortíz, F. (2008). El discurso en la formación de docentes de ciencias. Un modelo de intervención. *Revista Iberoamericana de Educación*, 1-14.
- Edwards, D., & Mercer, N. (1987). *El conocimiento compartido: El desarrollo de la comprensión en el aula*. Barcelona: Paidós.

### **CONSIDERACIONES FINALES**

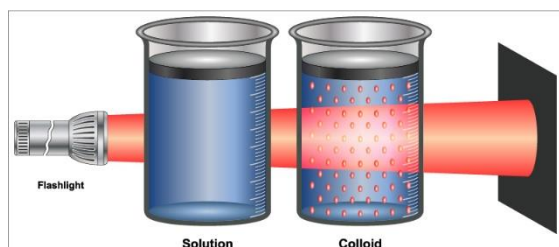
El diseño y socialización de la propuesta de construcción de explicaciones en el aula basada en el análisis histórico del estudio de los sistemas dispersos (disoluciones y coloides) y de los criterios que permiten su diferenciación y la comprensión del fenómeno de la solubilidad, permitió considerar otras miradas sobre la organización de las sustancias, sin recurrir a consideraciones teóricas aportadas por los libros de texto académicos que priorizan el “tamaño de partícula” como un criterio diferenciador entre los sistemas.

Para realizar la presente investigación se preguntó *¿cómo elaborar una base desde una perspectiva fenomenológica que permita dar cuenta del fenómeno de la solubilidad de las sustancias para caracterizarlas como disoluciones o coloides?* De lo cual se concluye que se requiere que el docente de ciencias, particularmente de química, promueva experiencias de aula que fomenten la formulación de interrogantes y la discusión con el otro a partir de situaciones o experiencias que se desarrollan en común. Para ello se necesita dejar de lado la repetición de esquemas y argumentos que impiden la creatividad (para docente y estudiante) en la construcción de explicaciones, entre ellos, el imaginario del profesor de que en la clase se comprende a cabalidad la idea de átomo o partícula, pues desde esta perspectiva “lo micro no

explica lo macro, lo micro es consecuencia de lo macro” por lo que la elaboración de explicaciones que se construya dará cuenta de la relación entre el mundo sensorial y el abstracto que se elabora en el aula.

El abordaje de este cuestionamiento surgió a partir de otras interrogantes como: *¿qué criterios se formulan a partir de la actividad experimental para la caracterización de estos sistemas? ¿qué papel toma la teorización propuesta por los textos para dar cuenta del fenómeno de la solubilidad de las mezclas?* Los cuáles serán desarrollados en los siguientes apartados:

### **ACTIVIDAD EXPERIMENTAL, CRITERIOS DE DIFERENCIACIÓN Y ORGANIZACIÓN EN EL ESTUDIO DE LAS MEZCLAS**



*Ilustración 11. Imagen obtenida de la web en la cual se presentan representaciones sobre el paso de la luz a través de una disolución y de un coloide, recurriendo a esquemas de "bolas" para representar la difusión de la luz.*

Para abordar el primer interrogante se considera que el rol de la actividad experimental en la enseñanza de los sistemas dispersos va más allá de un papel demostrativo. No se trata de presentar a los estudiantes un experimento que demuestre que lo que propone el docente en el laboratorio es verdadero y universal, pues cuando se presentan inconsistencias en este, el experimento se convierte en una labor que resulta “bien o mal” y se debe repetir

cuando no se obtiene el resultado esperado; pues ello promueve una imagen de ciencia rígida que a su vez impide la diversificación de actividades que lleva el docente a su clase. Como, por ejemplo, la reconocida técnica del “efecto Tyndall” (ilustración 11) para identificar dispersión de la luz propuesta por Tyndall para diferenciar una disolución de un coloide. Es una actividad reiterada en la web y en textos académicos y permanece en el aula como una práctica experimental determinante en la caracterización de disoluciones.

La perspectiva fenomenológica se convierte entonces en un eje orientador del quehacer del profesor, pues a partir de ella sugiere un reto tanto para él como para sus estudiantes, ya que el interés no estará en la repetibilidad de algoritmos y relaciones matemáticas que le permitan explicar un contenido, necesariamente centrará su atención en el fenómeno y lo organizará conforme sea puesto a prueba al someterlo a la variación de condiciones y discutido con otros; fomentando así la construcción de interrogantes y a su vez, de explicaciones para darles respuesta. Como una forma de comprender lo anterior, se recurre a los textos históricos originales que orientan al docente a comprender el proceder de los científicos al momento de caracterizar un objeto de estudio y a su vez de las construcciones culturales de su contexto, de

reconocer cuáles fueron los interrogantes que motivaron la investigación y el desarrollo de experimentos, cuáles fueron los instrumentos empleados y la razón de ello, cuáles fueron las ideas que repercutieron en la cultura científica para organizar el objeto de estudio. De esta manera el análisis histórico permitió identificar otras propiedades y organizaciones del estudio de los coloides, como por ejemplo la complejidad de la difusión de las sustancias a través del pergamino propuesto por Graham, desde la que se recurre a la comprensión de la caracterización de materiales y de las sustancias disueltas para determinar una explicación sobre el paso de ella a través de las membranas. Lo cual, desde la forma de plantear la actividad autora, se convirtió en un acto creativo de recurrir a sus vivencias con materiales y membranas para el diseño de una actividad experimental para su clase, como por ejemplo el uso de papel celofán y la membrana del huevo.

En ese sentido, la actividad experimental guiada por el docente que ha elaborado construcciones para un fenómeno de estudio fomenta su práctica a la determinación de criterios de diferenciación y organización, en este caso, de las mezclas. Pues a medida que se avanza en las actividades que se desarrollan en la clase, se desarrollan procesos de pensamiento y habilidades que permiten caracterizar, asociar, diferenciar, clasificar y organizar lo que se estudia. La variación de condiciones a las cuales se someten las mezclas y el planteamiento de explicaciones parciales a cada evento estudiado fomenta en los estudiantes y en el docente una articulación de estas. Por ejemplo, Ostwald propone que la turbidez que presentan los sistemas coloidales es mayor que la que presentan las disoluciones, para ello se observa la mezcla desde su color en un fondo claro y oscuro (actividad 1), al variar las condiciones de luz a la cual es estudiado el sistema, ya no directamente a la luz del entorno, si no solo a través de una pequeña rejilla, se forman nuevas apreciaciones como la formación del cono Tyndall-Faraday (actividad 2) que incentiva interrogantes desde el *por qué ocurre lo percibido*, recurriendo a la construcción de esquemas que son puestos a prueba a medida que se modifican las condiciones del estudio.

### **EL PAPEL DE LA TEORIZACIÓN VS EL PAPEL DE LA EXPERIENCIA EN LA COMPRENSIÓN DEL FENÓMENO DE LA SOLUBILIDAD**

Con relación al segundo interrogante, a través de la investigación se logró dar cuenta de que la teorización no cumple un factor estructurante en el aula, pues la replicación de definiciones, esquemas y procedimientos no favorecen a las construcciones que elaboran los estudiantes para comprender su entorno, por el contrario, provee una acción memorística de los contenidos que se abordan, pues carece de sentido para ellos. Por ello, en la presente propuesta que fue discutida entre pares, se considera que la ampliación de la experiencia a través de las actividades



formuladas provee la discusión entre otros y con el docente para fomentar la construcción de interrogantes y de nuevos esquemas más allá de los propuestos.

Por medio de experiencias que amplían la teorización como el estudio de nuevos coloides: pastas, geles, aerosoles amplían las consideraciones que se tienen sobre la manera de concebir los coloides ¿también cumplen con la formación del cono Tyndall Faraday? ¿Se establece también una generalidad entre todos los coloides y las disoluciones al variar la temperatura del sistema? Tras abordar estos interrogantes, se evalúa la complejidad que ello sugiere, a pesar de que fuentes de información determinen que son coloides, no es evidente el cumplimiento de estas propiedades, por ello, se analizan nuevas características que permitan comprender un sistema en el que no solo intervienen líquidos y sólidos, si no también, gases y solo ello ocurrirá, al ampliar la experiencia de los participantes.

Así mismo, las experiencias que ponen a prueba el mundo sensorial de los estudiantes, requieren de una “extensión” de los mismos. Por ejemplo, el uso de tamices para observar el paso de las sustancias a través de los poros, pero que estas, al estar disueltas en agua no siempre son observables por el espectador, hace que se recurra a otro tipo de instrumentos como el filtro, a la espera de resultados que permitan caracterizar el tamaño de las sustancias que intervienen desde la idea de “son más pequeñas que el filtro, las que pasan a través de él”, cuando ello no ocurre, se recurre a otros instrumentos que posean más pequeños que los poros del filtro, y esto es, las membranas. Lo anterior, pone a prueba la teorización, pues se recurre a otro tipo de experiencias que no son expuestas de manera explícita en los textos originales o en los textos académicos, pues es una acción creativa de los participantes y de la autora al contemplar nuevos elementos a partir de la *experiencia* de su cotidianidad, de su práctica de aula y la que fue construida a partir del análisis histórico.

En conclusión, la teoría fue un punto de partida para la autora en la definición de su problemática de estudio, pues consideraba que al hablar de “tamaño de partícula” como un criterio para diferenciar las sustancias, no permitía explicarlas y diferenciarlas y mucho menos, para el estudio de las disoluciones, las cuales se proponen desde los textos, DBA y currículos de las instituciones desde un análisis molecular, el cual requiere de una previa construcción y análisis desde la experiencia de los sujetos.

## **LA EVALUACIÓN DE LOS PROPÓSITOS DE LA PROPUESTA**

Para finalizar, desde los propósitos originales de la presente investigación (objetivos específicos) se plantea que, al realizar una revisión histórica de la diferenciación entre las disoluciones y los coloides, se permite establecer una caracterización como objeto de investigación para identificar los componentes que permiten una formalización del fenómeno de la solubilidad. El estudio centrado en los coloides diversificó las concepciones de la autora y de los participantes de la socialización de la propuesta, pues a través de su análisis histórico, se consideraron nuevos interrogantes y experiencias que determinaron la solubilidad como un fenómeno en el cual se centra la atención desde la variación de propiedades que presentan los sistemas dispersos.

A través del diseño de una propuesta de construcción de explicaciones a partir de una perspectiva fenomenológica, permitió que la autora y otros participantes de la propuesta consideraran otros aspectos en la enseñanza de la química, pues se comprende que el estudio de sistemas dispersos como un punto de partida para la caracterización de las sustancias, brinda elementos más allá de la teorización, para abordar la clase de ciencias. Pues permite que experiencia – representación – historia y teoría sean organizadas por los participantes y creadores de las propuestas de aula.

Por ello, a través de la socialización de la propuesta de aula para considerar los aspectos experimentales, teóricos y disciplinares que se desarrollan a través de esta para la construcción de explicaciones mediante del dialogo entre pares permitió identificar la pertinencia de la propuesta en la enseñanza de las ciencias, así como la articulación de herramientas digitales que permiten dar cuenta de la intencionalidad de la autora. Además, las maneras en las que se organiza el fenómeno se plasman en las experiencias y la manera en la que fue comprendido el estudio, permitió construir experimentos para ser implementados en la práctica de aula que fomentan la elaboración de explicaciones. Sin embargo, el tiempo de ejecución es un factor determinante para los docentes que deseen implementar la propuesta y dado que, las condiciones de virtualidad no permitieron que la propuesta fuese aplicada para tener un aproximado en el tiempo de desarrollo, aún es un criterio de estudio para la presente investigación.

## TRABAJOS CITADOS

- Asimov, I. (1965). *Breve historia de la química*. Madrid: Alianza Editorial S.A.
- Berzelius, J. (1831). Ueber den Cassius'schen Glodpurpur von J. J. Berzelius. *in Annalen der Physik*, 306-308.
- Bruner, J. (1997). Cultura, mente y educación. *La educación puerta de la cultura*, 19-62.
- Caamaño, A. (2014). La estructura conceptual de la química: realidad, conceptos y representaciones simbólicas. *Alambique: didáctica de las ciencias experimentales*, 7-20.
- Candela, A. (1999). Evidencias y hechos. *Ciencia en el aula*, 45-98.
- Elkana, Y. (1983). La ciencia como sistema cultural: una aproximación antropológica. *Sociedad colombiana de Epistemología*, 65-80.
- Faraday, M. (1857). *Experimental relations of Gold (and other Metals) to Light*. Paris: Acad. Sciences.
- Graham, T. (1861). *Liquid Diffusion applied to Analysis*.
- Hanson, N. (2005). Observación. En L. Olivé , & A. Pérez, *Filosofía de la ciencia: teoría y observación*. México: Siglo XXI.
- Hauser, E. (1939). *Colloidal Phenomena*. Nueva York: McGraw-Hill.
- Iñigo, L. (2010). *Breve historia de la alquimia*. Madrid: Editorial Nowtilus.
- Johnstone, A. (1982). Macro and micro chemistry. *School Science Review*, 377-379.
- Malagón, J., Ayala, M., & Sandoval, S. (2013). *Construcción de fenomenologías y procesos de formalización*. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional, CIUP.
- Márquez, C., Izquierdo , M., & Espinet, M. (2013). Comunicación multimodal en la clase de Ciencias: el ciclo del agua. *Enseñanza de las ciencias*, 371-386.
- MEN. (2016). *Derechos Básicos de Aprendizaje*. Bogotá: Panamericana Formas E Impresos S.A.
- Nagel, E. (1981). *La estructura de la ciencia: problemas de la lógica de la investigación científica*. Barcelona: Paidós.
- Ostwald, W. (1915). *A handbook of colloid chemistry*. Leipzig: Philadelphia P. Blankiston's son & co.
- Pedrerros, R., & Tarazona, L. (2019). La ciencia como actividad cultural. Módulo de pedagogía I. Bogotá: Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales. Universidad Pedagógica Nacional.
- Petrucci, R. (1972). Mezclas. En *Química general* (págs. 241-247). Wilmington: Fondo educativo interamericano.

- Sandoval, S., Malagón, J., Garzón, M., Ayala, M., & Tarazona, L. (2018). *Una perspectiva fenomenológica para la enseñanza de las ciencias*. Bogotá: CIUP.
- Serena, P., Giraldo, J., & Takeuchi, N. (2014). *Guía didáctica para la enseñanza de la nanotecnología en educación secundaria*. Madrid, España: Red "José Roberto Leite".
- Tyndall, J. (1873). *Six lectures on light*. Londres: Longmans, Green, And Co.
- Valencia, S. (2018). *Imágenes culturales de Ciencia, Conocimiento y realidad*. Bogotá: Maestría en docencia de las Ciencias Naturales. Universidad Pedagógica Nacional.
- Valpuesta, J. (2008). *A la búsqueda del secreto de la vida: una breve historia de la biología molecular*. Madrid: CSIC Press.
- Zsigmondy, R. (1926). *Properties of colloids*. Nobel Lecture.