

CARACTERIZACIÓN DE LAS INTERACCIONES DEL AGUA Y ACEITES PARA
LA CONSTRUCCIÓN DE EXPLICACIONES SOBRE LOS COMPORTAMIENTOS
HIDROFÍLICO E HIDROFÓBICO.

PRESENTADO POR:

LAURA ELIZABETH RAMÍREZ RODRÍGUEZ

YEIMI YURLEY RENDÓN CUMACO

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

DEPARTAMENTO DE FÍSICA

BOGOTÁ D. C.

2023

CARACTERIZACIÓN DE LAS INTERACCIONES DEL AGUA Y ACEITES PARA
LA CONSTRUCCIÓN DE EXPLICACIONES SOBRE LOS COMPORTAMIENTOS
HIDROFÍLICO E HIDROFÓBICO.

LAURA ELIZABETH RAMÍREZ RODRÍGUEZ

YEIMI YURLEY RENDÓN CUMACO

Trabajo de Grado como requisito para optar por el título de Magister en Docencia de las
Ciencias Naturales

Asesorado por:

JUAN ALBERTO ALDANA GONZÁLEZ

ANDREA TOLEDO ARANDA

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

DEPARTAMENTO DE FÍSICA

MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES

BOGOTÁ D.C

2023

Nota de aceptación

Director

Estudiantes

Evaluadores

“Para todos los efectos declaramos que el presente trabajo es original y de nuestra autoría; en aquellos casos en los cuales he requerido del trabajo de otros autores o investigadores, hemos dado los respectivos créditos”.

Agradecimientos.

A Dios, por ser fuente de sabiduría y guía. Que nuestro esfuerzo sea un reflejo de su bondad y amor.

Agradecemos a nuestros padres; María Rodríguez y Augusto Ramírez, y a Aura Cumaco por el acompañamiento, el apoyo, la paciencia que nos brindaron y por creer en todo momento en nosotras, a nuestros hermanos y hermanas por su constancia, sin ustedes no podríamos haber realizado este sueño, que es estudiar y graduarnos por segunda vez de una Universidad Pública.

A Henry y Milton, por el apoyo y amor en todos estos meses de trabajo, su escucha, paciencia, ánimo y aliento fueron el motor que nos ayudó a permanecer siempre firmes en la meta propuesta. A nuestros gatos Negro, Luna, Dante y Horus, fieles compañeros en las horas de escritura y estudio, su energía y amor, fueron fundamentales en este recorrido.

A nuestra alma Mater, la Universidad Pedagógica Nacional por abrirnos diferentes espacios académicos para el conocimiento y la reflexión crítica y permitir nuestro desarrollo ético, intelectual y profesional. También por brindarnos espacios físicos y culturales para el desarrollo como licenciadas, ciudadanas y personas íntegras.

A nuestros asesores Andrea y Juan, que nos acompañaron en la ejecución de la investigación, además de realizar el acompañamiento, la orientación, las observaciones y las correcciones pertinentes de forma oportuna. Gracias por sus indicaciones y enseñanzas.

A nuestras y nuestros compañeros, que junto a nosotras estuvieron apoyándonos en todos los espacios que habitamos en la Universidad y que recordamos con gran alegría, a Alejandro, por ser amigo, colega y cómplice en los seminarios y espacios que forjaron una gran amistad.

A cada persona que nos brindó su apoyo físico, emocional y cognoscitivo.

Dedicatoria

“Tarda en llegar
Y al final
Al final, hay recompensa”

Gustavo Cerati.

A nuestras familias, por su apoyo incondicional

A nuestras parejas por su constancia y amor en este proceso

A los gatos, fieles compañeros de noches largas de estudio

A mi compañera Laura, que aportó invaluablemente con su conocimiento, ideas y personalidad en la realización de este proyecto, que deja como resultado grandes aprendizajes y una bonita amistad.

A mi compañera Yeimi, por su dinamismo, energía, grandes ideas y amistad, por hacer de este viaje un camino lleno de aprendizajes, recuerdos y risas.

A la vida por permitirnos continuar con un proceso de aprendizaje que, como docentes, nunca termina.

Tabla de Contenido

1.	Presentación	1
1.1.	Justificación	1
1.2.	Antecedentes	5
1.3.	Contexto Problemático.....	11
1.3.1.	Interés Común Del Agua Para La Enseñanza De Las Ciencias Naturales ...	11
1.3.2.	Retomando y Reflexionando Sobre las Prácticas Pedagógicas.	16
1.3.3.	Políticas y Lineamientos Educativos.	19
1.3.4.	Reflexiones de los espacios académicos de la Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales	22
2.	Objetivos	28
2.1.	General	28
2.2.	Específicos:	28
3.	Proceder Metodológico	29
3.1.	La Actividad Experimental En Las Clases De Ciencias	29
3.2.	El enfoque fenomenológico para la construcción de explicaciones.	31
3.3.	La construcción de explicaciones para la comprensión de fenómenos.....	34
4.	Estudio Histórico crítico: de Cómo el agua interactúa con los aceites.	38
4.1.	Sobre cómo se concebía la naturaleza del agua	39
4.2.	Sobre cómo se llegó a la estructura y composición del agua.....	41
4.3.	Distinción entre la cohesión y la afinidad química para la comprensión de interacciones entre las sustancias.	44
4.4.	El agua interactuando con aceites ¿Quiénes posibilitaron este camino de profundización?.....	48

4.4.1.	Las observaciones de Franklin y la caracterización de comportamientos repulsivos.	49
4.5.	Siglo XIX, primeras prácticas experimentales entre el agua y aceites	54
4.5.1.	De los fenómenos eléctricos al estudio de la tensión superficial del agua ...	55
4.5.2.	La tensión superficial y el esparcimiento de contaminantes en la superficie del agua.	58
4.5.3.	Sobre el esparcimiento del aceite y el estudio de las monocapas.	63
4.5.4.	Sobre cómo se organizan y estructuran los aceites en la superficie del agua.	68
5.	Actividades experimentales	73
5.1.	Prácticas experimentales: Caracterización de la interacción del agua y distintos aceites.	76
5.2.	Práctica experimental No 1. Gotas de distintos aceites sobre superficies de agua en plato.	78
5.3.	Práctica Experimental No. 2 Construcción de un sistema de interacción entre agua y aceites.	89
5.4.	Práctica experimental No. 3. Agua sobre aceite	98
5.5.	Práctica Experimental # 4. Globo y chorro de agua vs globo y chorro de aceite	104
5.6.	Práctica experimental No 5. Cuantas gotas de aceite son 1 mL.	108
6.	Análisis y construcción del discurso sobre los comportamientos hidrofílicos e hidrofóbicos.	111
7.	Propuesta de implementación pedagógica del proyecto de investigación.	116
7.1.	Descripción de la Unidad Didáctica	117
7.2.	Propósito de la Unidad Didáctica	118
7.3.	Conocimientos previos para la Unidad Didáctica.....	119
7.4.	Reflexiones sobre el aprendizaje	119

7.5. Aspectos Institucionales.....	120
7.6. Contexto poblacional	121
8. Conclusiones.....	123
Bibliografía.....	128
Anexos.....	132
8.1. Anexo 1. Unidad Didáctica.....	132
SECUENCIA DE APRENDÍZAJE I.....	144
SECUENCIA DE APRENDIZAJE 2.....	154
SECUENCIA DE APRENDIZAJE 3.....	164
SECUENCIA DE APRENDIZAJE 4.....	173
8.2. Anexo 2. Recomendaciones frente a la implementación de la Unidad Didáctica.	
177	

Tabla de figuras

Figura 1. Elementos para el contexto problemático.....	11
Figura 2. Proceder metodológico en el trabajo de grado	29
Figura 3. Marineros vertiendo aceite al mar	50
Figura 4. Una mono capa del tamaño de una molécula.	56
Figura 5. Grosor de una capa de aceite y sus efectos en fragmentos de alcanfor	58
Figura 6. Cambio de la tensión superficial del agua con aceite de provenza.....	60
Figura 7. Dispositivo para medir tensión superficial y observar el espesor de las películas de aceite	65
Figura 8. Gráfica del cambio de tensión superficial con aceite de ricino	65
Figura 9. Representación de los grupos carboxilos de sus “colas”	68
Figura 10. Dispositivo adaptado por Adam para la medición de monocapas.....	69
Figura 11. Representación gráfica de la estructura de una monocapa de aceite.	70
Figura 12. Aceite mineral sobre agua	79
Figura 13. Aceite de ricino sobre agua.....	80

Figura 14. Aceite de oliva sobre agua.....	84
Figura 15. Aceite de canola sobre agua	87
Figura 16. Ácido oleico sobre agua.....	88
Figura 17. Medida de diámetro de aceite mineral sobre agua.....	89
Figura 18. Medida de diámetro de aceite de ricino sobre agua.....	90
Figura 19. Medida de diámetro de aceite de oliva en agua.	91
Figura 20. Medida de diámetro de aceite mineral sobre agua.....	92
Figura 21. Medida de diámetro de ácido oleico sobre agua.....	93
Figura 22. Agua sobre aceite mineral	98
Figura 23. Agua sobre aceite de ricino.....	100
Figura 24. Agua sobre aceite de oliva.....	101
Figura 25. Agua sobre aceite de canola	102
Figura 26. Agua sobre ácido oleico.....	104
Figura 27. Antes y después del frotar un globo con cabello y colocarlo cerca de un chorro de agua	105
Figura 28. Antes y después del frotar un globo con cabello y colocarlo cerca de un chorro de aceite.	107
Figura 29. Diagrama de fuerzas gota de aceite sobre superficie de agua.	114

Lista de Tablas

Tabla 1. El agua en el ámbito escolar.	18
Tabla 2 Recuento de los aportes históricos interacción agua-aceites	47
Tabla 3 Recuento de actividades experimentales.....	74
Tabla 4. Cálculos para estimar el grosor de una gota de aceite	109
Tabla 5. Datos para organizar los aceites que menos se expanden al que más se expande	109
Tabla 6. Organizado las variables del esparcimiento de aceite sobre agua	113
Tabla 7 Elementos centrales de la Unidad Didáctica.....	122

1. Presentación

1.1. Justificación

A nivel escolar, el agua ha sido una sustancia que se desarrolla en ejes temáticos que estudian fenómenos biológicos, químicos y físicos, por ello, abordar su estructura y función en diferentes contextos en los que participa, posibilita el desarrollo de habilidades científicas y la conexión de la ciencia con la vida cotidiana.

En primer lugar, este trabajo de investigación se centra en el agua, debido al interés de las autoras frente a cómo se ha abordado esta sustancia en la escuela. Se parte de las experiencias propias como docentes enseñando en niveles de básica primaria y básica secundaria; desde los fenómenos abordados en los seminarios de la Maestría; así como de la revisión de los estándares Nacionales Básicos de Competencias en Ciencias Naturales. Se profundiza inicialmente en cómo se estudia el agua y se relaciona con otros saberes que posibiliten abordarse en contextos cotidianos al estudiante.

Desde el diálogo y reflexión del quehacer de cada autora, emerge la necesidad de un estudio interdisciplinar del agua. Por un lado, la enseñanza desde el componente químico, explica sus propiedades atómicas y moleculares que hacen que esta sustancia posea cualidades intrínsecas importantes como su alta fuerza cohesiva, su polaridad, su acción solvente y conductividad eléctrica; por otro lado, la biología puede demostrar que los seres vivos, como las plantas y los animales, se benefician de estas propiedades en procesos como la digestión y la absorción de nutrientes, así como en el mantenimiento de la temperatura en los organismos y de su labor hidratante, o por su función en los ciclos biogeoquímicos que pueden condicionar el clima y por tanto, las adaptaciones de lo biótico en diferentes ecosistemas. Con estos elementos de base, la reflexión sobre el trabajo en el aula busca transformar y cualificar las formas de enseñanza y así mismo, las visiones de ciencia que se construyen en la escuela con respecto al agua y a sus propiedades.

El estudio aislado del agua, enfocado únicamente en sus cualidades inherentes, carece de complejidad según las autoras. Esto se debe al evidente dogmatismo que se tiene al referirse a

propiedades comúnmente atribuidas al agua, tales como su polaridad, electronegatividad y capacidad solvente, entre otras. No obstante, al considerar su interacción con los aceites, se eleva su condición y se presentan mayores oportunidades para desarrollar un proceso más complejo a nivel escolar. En este contexto los aceites cobran un valor sustancial al involucrar nociones previas de los estudiantes como la solubilidad, que permite explicar cómo estas dos sustancias pueden interactuar física y químicamente; la densidad, abordada desde la distribución de estas sustancias al entrar en contacto conforme a sus propiedades químicas y las mezclas, que pueden dar cuenta de la forma como agua y aceite se comportan, explicando así por qué no forman una fase homogénea.

En segundo lugar, la profundización del fenómeno de la interacción agua-aceites, busca que las autoras amplíen sus conocimientos mediante actividades experimentales, enfocadas en las fuerzas intermoleculares (cohesión y adhesión) que actúan en ambas sustancias, y así llegar a construir explicaciones sobre el comportamiento hidrofílico e hidrofóbico, que se enmarca en una perspectiva fenomenológica que se desglosa a continuación.

La fenomenología en este trabajo de investigación se da desde un enfoque de enseñanza a partir de la indagación, la formulación de preguntas, la actividad experimental y el cuestionar continuamente el fenómeno de estudio, siendo una alternativa para que el estudiante construya sus explicaciones. El fenómeno cobra relevancia debido a que por medio de la actividad experimental se puede identificar, organizar y construir conocimiento científico que ayude a los estudiantes a comprender el mundo natural. En esta investigación cobra importancia el comportamiento de, pues esta no actúa de forma aislada, de hecho, se encuentra en los procesos naturales, orgánicos y celulares, los cuales están mediados por interacciones con otras sustancias. Así, al pensar en el agua interactuando con aceites se hace hincapié en sus comportamientos, dando una apertura a una perspectiva fenomenológica.

Por otro lado, las autoras encuentran que, desde lo postulado en los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales, la enseñanza del agua en interacción con otras sustancias no se ve reflejada, se percibe más bien su enseñanza de forma fraccionada, segmentando sus propiedades de acuerdo con sus funciones en el medio ambiente y en los seres vivos. Por ejemplo, en básica primaria, el agua desde grado 1° se identifica como parte del ambiente, en 2° y 3° se hace hincapié en el ciclo del agua, ligándose a los cambios de estado, en grado 4° y 5°, se reconocen

cómo las mareas de los océanos varían por acción de la luna. En básica secundaria, los estudiantes de grado 6° y 7° pueden abordar el agua en procesos celulares como la ósmosis, planteándose como objetivo reconocer la importancia de esta sustancia en el sostenimiento de la vida, en grados 8° y 9° se busca identificar su organización molecular y fuerzas electroestáticas; posteriormente en grados 10° y 11°, el ciclo del agua se hace protagonista en dinámicas propias del ecosistema y en la mecánica de fluidos (Ministerio de Educación Nacional, 2006).

Revisando los ejes temáticos propuestos a nivel nacional, las autoras consideran crucial que la interacción entre agua-aceites promueven una conexión entre la química y la biología. Esto impulsa una comprensión más holística de la ciencia. En consonancia con la perspectiva fenomenológica, el objetivo es alejar al estudiante de un papel pasivo, meramente receptor de información en las clases. Más bien, se le debe invitar a formar parte activa del proceso educativo, instándolo a cuestionar estas interacciones, proponer explicaciones y atreverse a modificar sus concepciones previas. Este enfoque busca ampliar su perspectiva del mundo natural y le permite contextualizarlo en su entorno inmediato.

La razón por la cual se llega a relacionar ambas sustancias radica en cómo a partir de investigación, se pueden construir explicaciones por parte de las autoras y de los estudiantes sobre lo que significan los comportamientos hidrofílico e hidrofóbico. Aunque estos términos se basan en la forma como las fuerzas intermoleculares de las sustancias se comportan en diferentes escenarios, se buscan elementos que desde la enseñanza cualifiquen habilidades y actitudes como la indagación, la argumentación y el desarrollo de prácticas experimentales, donde los estudiantes puedan observar el fenómeno, cuestionarlo y cambiar su percepción a medida que este se organiza y se amplía la conciencia del mismo.

Conforme a lo anterior, para la realización de este trabajo se contempló un estudio histórico crítico de cómo el agua dejó de estudiarse exclusivamente desde sus propiedades inherentes, para adentrarse en situaciones donde su interacción con otras sustancias diera cuenta de cómo dichas características específicas funcionaban en procesos particulares. Dando sentido y significado a este fenómeno, el interés por abordar lo hidrofílico e hidrofóbico provee de razones para profundizar y ampliar los conocimientos y prácticas experimentales frente a la interacción agua y aceites.

El estudio histórico proporciona un contexto en el que por más de 200 años distintos científicos se preguntaron sobre la posibilidad de aquietar las olas del mar con tan solo un poco de

aceite hasta proponer modelos de cabezas hidrofílicas y colas hidrofóbicas, para entablar relaciones Agua-Lípidos en procesos biológicos. Para las autoras, las causales para abordar un estudio histórico contribuyen a comprender mejor cómo las motivaciones para identificar las interacciones agua y aceites han cambiado, de acuerdo con el contexto, la época, los avances técnicos científicos, las escuelas de pensamiento, entre otras.

Por otro lado, los procesos de indagación resultado de las preguntas que surgen del estudio histórico crítico se enriquecen, dando paso a nuevos procedimientos y metodologías que plantean las autoras. De acuerdo con el interés se profundiza así en ideas, hipótesis, montajes y prácticas experimentales que pudieran hacer evidente ciertos comportamientos y generar explicaciones desde científicos anteriores, para que posteriormente se lean, discutan, cuestionen, comparen y comprendan sus aportes a la investigación.

Es considerado por las autoras, que este estudio histórico crítico brinda posibilidades explicativas de la forma como las sustancias ejercen fuerzas que las atraen o las repelen, lo que a nivel conceptual se relaciona con los comportamientos hidrofílico e hidrofóbico, pero realmente ¿Estos comportamientos son claros para las autoras? ¿Están directamente relacionados a repeler o no al agua? ¿Cómo considerarlo en prácticas experimentales?

A partir de ello, ni la literatura ni el estudio histórico suministran elementos suficientes para considerar explicaciones de las interacciones agua-aceites basados en su comportamiento, por lo que es necesario realizar prácticas experimentales que provean de ideas y preguntas a las autoras. La práctica experimental posibilita, primeramente, obtener resultados observables que den cuenta del comportamiento del agua y aceites interactuando, posibilitando puentes entre la profundización conceptual, la confrontación con lo estudiado a nivel histórico y la ampliación de la comprensión del fenómeno.

Es por esto por lo que, para las autoras y la perspectiva fenomenológica de este proyecto, el diseño de una Unidad Didáctica aporta al maestro una forma de organizar y estructurar una secuencia de actividades para que los estudiantes puedan indagar, relacionar, analizar, construir experiencias y realizar actividades sobre la interacción agua y aceites, formulando explicaciones sobre los comportamientos hidrofílico e hidrofóbico basándose en la fuerza de la cohesión entre las sustancias.

Es así como, este trabajo de investigación adopta un enfoque que involucra la historia de las ciencias, la experimentación y el continuo cuestionamiento de los fenómenos naturales.

1.2. Antecedentes

Para los antecedentes se tomaron en cuenta tres trabajos de grado que abordaron el estudio del agua desde diferentes enfoques. Por tal motivo se realiza una búsqueda que permita indagar sobre cómo se aborda en diferentes contextos educativos y la posible identificación de la interacción con otras sustancias, cuerpos o situaciones, específicamente su interacción con aceites. Esto último no fue posible, ya que no se encontraron trabajos de investigación con un planteamiento similar.

Al centrarse en estos antecedentes, se identifica que las preguntas que las autoras se hacen son diferentes a las que se plantearon otros autores, pues sus trabajos se relacionan con las actividades ecosistémicas y funciones biológicas y su relación con los seres vivos directamente. También se encuentran dentro de los trabajos de grado un interés por tratar temáticas relacionadas con la calidad del agua y problemáticas ambientales.

El trabajo de grado de Piñeros (2018) titulado *El caso de la molécula del agua: caracterización del uso del lenguaje químico en el discurso del docente en Química* se enfoca en cómo el lenguaje siendo parte fundamental del trabajo docente, desempeña una labor relevante en la enseñanza y aprendizaje en Ciencias. Se busca entonces investigar sobre la molécula del agua y la forma cómo se explica en la educación superior. Este trabajo se enmarca desde la epistemología, la filosofía y la semántica. El texto resalta la importancia del aporte histórico en la fundamentación de conceptos y teorías asociadas a la mejora del discurso del docente en química, considerándolo central para la comprensión de un lenguaje propio. Las discusiones alrededor de la investigación destacan la importancia de entender por qué el discurso del docente en química se percibe como un problema en la filosofía y didáctica de las ciencias. Este problema requiere atención focalizada en la interacción entre el lenguaje químico y las construcciones históricas, teóricas y filosóficas que enmarcan dicho discurso.

El texto propone una relación entre los niveles del lenguaje químico siguiendo la propuesta de Claus (2007) que distingue cuatro niveles: Nivel 1 simbólico, Nivel 2 metalenguaje Nivel 3 lenguaje de la teoría química y Nivel 4 lenguaje filosófico, y la organización lógica de las

sustancias, que agrupa los conceptos de la molécula del agua en relación con la organización estructural de las sustancias en dimensiones molares y moleculares según Jensen (1998). El autor destaca la polisemia del lenguaje químico, especialmente en la explicación de características y propiedades de las sustancias, identificándolo como un problema en la educación química.

La perspectiva epistemológica e histórica se enmarca en la reflexión de la enseñanza del agua en maestros en formación, contribuyendo a indagar el trasfondo que lleva usar el lenguaje químico para referirse a la molécula del agua, demostrando por un lado el interés por cuestionar lo que está detrás de lo determinado, en este caso en la formación sobre el agua a nivel molar y molecular, y por otro lado por, cuestionar cómo se ha estructurado el lenguaje químico y las construcciones históricas, teóricas y filosóficas que enmarcan dicho discurso en el docente.

Para las autoras, la ciencia se estructura bajo parámetros de lenguaje determinados, muy evidentes en la química, preguntarse qué hay detrás del discurso pedagógico y científico desencadena en cuestionar la forma en como se ha estudiado el agua desde sus propiedades y comportamientos, hasta llegar a identificar ciertas construcciones conceptuales que se mantienen incluso en la educación superior.

Los autores Giraldo, Cañada, Acedo y Melo (2015) en su investigación *Ideas alternativas de los alumnos de secundaria sobre las propiedades físicas y químicas del agua*, buscaban indagar sobre las nociones que tienen los estudiantes de diferentes niveles escolares sobre el agua y sobre si evolucionan científicamente a lo largo de la escolarización. El contexto se da en Zafra, España, por medio de cuestionarios, los investigadores indagan sobre las construcciones que los estudiantes han llevado a cabo sobre el agua.

Para tal fin se proponen 7 objetivos de aprendizaje que están relacionados con: 1-saber diferenciar entre cambio físico y químico, 2-la temperatura constante cuando hay cambio de estado, 3-sobre la claridad del concepto de densidad, 4- la discontinuidad de la materia, 5- identificar si el agua es una sustancia pura o una disolución, 6-cómo varía la solubilidad del agua con la temperatura y 7- indagar si conocen el proceso de potabilización del agua.

Para la presente investigación, el ítem 7 presenta una situación particular en la que se pregunta sobre “al añadir un detergente al agua puede; ocurrir una reacción y se produce espuma,

el detergente es más concentrado y denso y no se mezcla, el detergente descompone el agua formado burbujas de hidrógeno y oxígeno o no reacciona, se mezcla”.

Considerando este extracto, se busca dar un acercamiento a un posible fenómeno de estudio que dé cuenta de interacciones de sustancias como el agua y el detergente por ejemplo, es así como, a pesar de no exhibir una relación directa con los comportamientos hidrofílico e hidrofóbico, se puede encontrar al agua en interacción usando situaciones comunes para los estudiantes, lo que propicia preguntas sobre el actuar de ambas sustancias y el porqué de sus efectos al entrar en contacto, es decir, el trabajo realizado por estos autores puede ser un precedente en el fenómeno propio de estudio, para reconocer propiedades no sólo del agua, sino las que emergen cuando hay interacción con otras sustancias.

Y el ítem 3, que menciona sobre si comparamos 1 litro de agua y 1 litro de aceite: a. la masa del agua es igual a la del aceite porque tienen el mismo volumen; b. la masa del aceite es mayor porque es más viscoso, c. la masa del aceite es mayor porque es más denso y d. la masa del agua es mayor porque es más densa. Este ítem identifica que, con respecto al agua, se evidencian confusiones en la distinción entre los cambios físicos y químicos cuando se agregan sustancias como sal o azúcar al agua, además, entre viscosidad y densidad, cuando se enfrentaron a preguntas donde el agua se ponía en interacción con aceite. Si bien los objetivos propios no se enfocan en la densidad, es interesante identificar cómo frente a otros fenómenos, el agua es partícipe, sus propiedades favorecen comprensiones y puede estudiarse en conjunto, en interacción.

Resulta interesante para las autoras cómo se incluye la acción de los detergentes en el agua, apareciendo el término hidrofóbico en los estudiantes para explicar las propiedades de los hidrocarburos en esta interacción, pero solo en los grados superiores, ningún estudiante de grado 1° ESO seleccionó la respuesta d, que los autores toman como correcta. La conclusión a la que se llega es que los alumnos no comprenden la diferencia entre mezcla y reacción química.

Para las autoras, esta investigación da cuenta de elementos muy importantes, ya que indagan en otro contexto la enseñanza del agua, de cómo los estudiantes perciben a esta sustancia, y de cómo por medio de instrumentos de investigación como los cuestionarios se puede abordar el agua en contextos en los que se espera que los estudiantes hayan experimentado con dicha sustancia “como consecuencia de su aprendizaje cotidiano y escolar”, emergiendo en sus

explicaciones conceptos relevantes para la investigación como lo son, los comportamientos de hidrofílicos e hidrofóbicos.

Con las respuestas de los estudiantes los autores establecen una relación de cómo se percibe la relación entre estas dos sustancias, en donde al agregar detergente al agua, se dan respuestas ligadas a la producción de espuma, y de cómo podría descomponer al agua formando burbujas de hidrógeno y oxígeno; los estudiantes contemplan en su mayoría que se da una reacción química.

Las opciones de respuesta sugeridas en los dos ítems descritos confirman que al abordar la interacción entre estas dos sustancias siempre hay una prioridad por aclarar temáticas relacionadas a las mezclas, las reacciones químicas y la densidad. Dejando de lado la construcción de explicaciones sobre lo que ocurre cuando interactúan las dos sustancias

En la publicación, de Becerra y Vásquez (2013) La investigación dirigida enfocada al estudio de la contaminación química del agua como estrategia para el desarrollo de competencias científicas se mencionan algunas propiedades químicas y físicas del agua, para a continuación hacer énfasis en los criterios que se tienen en cuenta para hablar de calidad del agua; parámetros físicos, químicos y biológicos. Posteriormente, para hablar de calidad de agua, se mencionan las sustancias que se contemplan como contaminantes. Estas se definen como compuestos que se dispersan o disuelven en agua, pueden ser sustancias inorgánicas como cloruros o sulfatos y orgánicas, como aceites y grasas. Estos contaminantes orgánicos, mencionan los autores, provienen de desechos humanos y animales, y del procesamiento de alimentos o de productos químicos industriales. “La presencia de estos contaminantes consumen el oxígeno disuelto en el agua y afecta la vida acuática “(Becerra y Vásquez, 2013, p. 40).

Los contaminantes pueden clasificarse en comunes, especiales y metales pesados. Los aceites y grasas son clasificados como contaminantes especiales, que están presentes en “aguas domésticas e industriales, pueden ser orgánicos o derivados del petróleo, generalmente se extienden sobre la superficie del agua creando películas que afectan a la vida biológica de las aguas” (p. 41)

Los criterios que se tuvieron en cuenta para el desarrollo de competencias científicas se abordaron desde tres categorías: identificar temas científicos, explicar científicamente fenómenos y usar evidencias científicas, y fueron asociadas con seis niveles de desempeño. Dentro de la

competencia científica “explicación de fenómenos” se debe aplicar los conocimientos propios de la ciencia, describir fenómenos y formular explicaciones y predicciones apropiadas. Como resultado de la investigación se obtiene que los estudiantes logran aproximarse a plantear explicaciones sobre los problemas de contaminación, por medio de las descripciones y aplicando conocimiento propio de la ciencia, sin embargo, estos planteamientos no incluyeron un fundamento teórico. Desde esta perspectiva, las autoras creen que el desarrollo de competencias científicas es limitado, pues no fue posible desarrollar en los estudiantes argumentos que le permitieran comprender más allá de contextos sociales y biológicos, por qué el agua puede verse contaminada en contacto con ciertas sustancias, como aceites o grasas.

Es aquí donde, como autoras, se reflexiona sobre la oportunidad de plantear escenarios escolares que posibiliten desarrollar explicaciones de fenómenos naturales más allá que el de las simples descripciones y que sea explícita la construcción de explicaciones para dar cuenta de la interacción del agua con las sustancias contaminantes orgánicas como fueron denominados los aceites para este trabajo. Es decir, aunque los estudiantes lograron reconocer y construir elementos discursivos, por medio de la secuencia didáctica de la problemática ambiental que se vive en un contexto local, no se desarrollaron niveles de desempeño altos que den cuenta de las explicaciones que los estudiantes logran construir, para poder comprender por qué el aceite en contacto con el agua, se esparce y se propaga sobre la superficie, afectando la vida acuática o cuáles son las interacciones que ocurren entre ambas sustancias para comprender porque se forman películas sobre la superficie del agua.

Como se pudo evidenciar, los estudios referentes al agua en contextos escolares tienen varios enfoques, desde identificar el lenguaje usado en un contexto de licenciados en formación para enseñar la molécula agua, como lo que se sabe de ella en un contexto escolar en media y los cambios a medida que los estudiantes van avanzando de curso; además de abordar problemáticas relacionadas con la calidad del agua y su contaminación en un contexto local.

No obstante, ninguno de los trabajos revisados aborda la interacción del agua con los aceites a partir de una perspectiva fenomenológica, como lo hacen las autoras. El enfoque de este trabajo incorpora un estudio histórico-crítico, destacando la relevancia de dicho análisis en la construcción de explicaciones. Además, ninguno de los estudios contextualiza el agua y los aceites

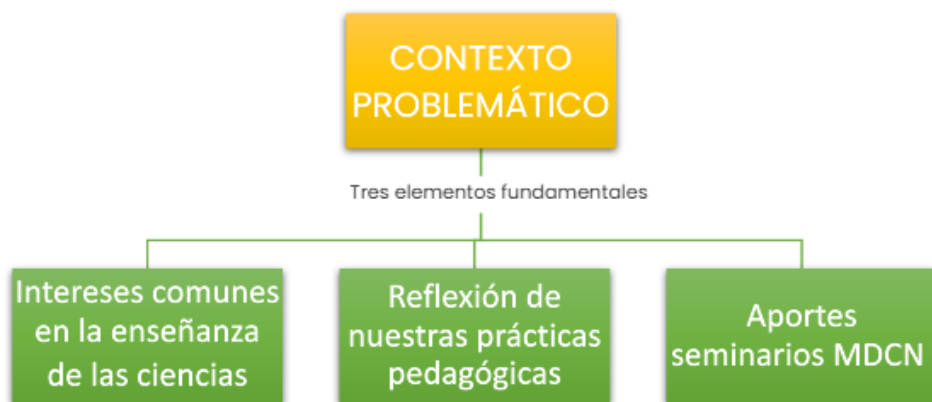
en términos de sus fuerzas intermoleculares para explorar los conceptos de hidrofílico e hidrofóbico.

La interpretación de los comportamientos observables entre el agua y los aceites a partir de las fuerzas que intervienen en esta interacción es un estudio que proporciona a los estudiantes y maestros una forma de aprender ciencias, por medio de indagar qué hace que sean distintos o similares, qué permite y qué no, que sean afines cuando entran en contacto estas dos sustancias.

1.3. Contexto Problemático

En este capítulo se expondrán los tres elementos fundamentales que contribuyeron en la delimitación del contexto problemático del trabajo de grado; el primero de estos elementos radica en un interés común por abordar el agua en el currículo escolar para la enseñanza de las ciencias por parte de las autoras, el segundo contempla las reflexiones de las prácticas pedagógicas desarrolladas por las autoras, así como las tensiones presentes en su contexto laboral, y las discusiones frente a los lineamientos curriculares establecidos por el Ministerio de Educación Nacional respecto a la enseñanza de las ciencias; por último, se retoman los aportes de los seminarios de la Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales en el estudio a desarrollarse.

Figura 1. Elementos para el contexto problemático.



Fuente: Elaboración propia, 2023.

1.3.1. Interés Común Del Agua Para La Enseñanza De Las Ciencias Naturales

Las ideas que motivaron la indagación por el agua y su interacción con los aceites surgieron a partir de un interés común por reconocer cómo se enseñaba el agua en el aula, posteriormente se fue transformando en una perspectiva de carácter fenomenológico, donde el agua se comenzó a comprender, no desde sus propiedades intrínsecas, sino que se fue complejizando desde una mirada relacional o en interacción con sustancias aceitosas. Por medio de una constante delimitación, las autoras tuvieron espacios de profundización en donde se indagó cómo distintas sustancias interactuaban con el agua. Fue entonces cuando, desde un nivel biológico se dio un acercamiento por ejemplo, al rol de los lípidos en los seres vivos, esto trascendió de modo que, los aceites posibilitaban explicaciones en torno no solo a la organización de estructuras orgánicas como la

membrana celular, sino a su relación directa para abordar fenómenos como las diferencias de densidad, la flotabilidad de los cuerpos o las mismas mezclas, no obstante no se encontró un foco que vinculara el comportamiento conocido de los aceites cuando interactúan con el agua con la naturaleza hidrofílica e hidrofóbica de estas sustancias; por lo que abrir un espacio que promueva estas explicaciones es de importancia en este trabajo.

Para el primer elemento, se reflexionó desde la experiencia de una licenciada en química y una licenciada en biología, llegando a pensar que la enseñanza de las ciencias naturales tiende a seccionarse, por un lado, en elementos de orden biológico, por otro en temáticas y conceptos desde la química, lo cual genera una comprensión de los fenómenos naturales con propósitos y aprendizajes segmentados.

La experiencia propia brinda elementos que en el diario vivir configuran prácticas educativas que se establecen por las iniciativas propias, el cumplimiento de un currículo, los lineamientos que la institución posea y las tensiones que surgen alrededor del sistema educativo. Las autoras que identifican su interés por el agua enriquecen su perspectiva haciendo una búsqueda en el contexto nacional e internacional para corroborar si la enseñanza del agua podría estar o no segmentada. A continuación, se desarrollarán los elementos que posibilitaron el inicio de delimitación del problema con autores como Giraldo, Piñeros y el Ministerio de Educación Nacional.

Giraldo et al (2015) menciona que los estudiantes de grados inferiores de la Educación Obligatoria Secundaria ESO (1° a 3°) conocen la composición del agua, los cambios de estado, las propiedades, la relación agua-vida cotidiana, la relación agua-salud, así como la utilidad del agua en actividades económicas y de ocio. Por otro lado, los alumnos de 3° reconocen el agua como un compuesto químico, con unas propiedades y composición determinadas. Es así que, desde grados inferiores de la ESO el agua está relacionada con otras áreas del currículo favoreciendo la interdisciplinariedad, debido a que contribuye a la educación en valores a lo largo del ciclo educativo, se fomenta, fundamentalmente “la educación para el medio ambiente, educación para la salud y educación para el consumidor” (Giraldo, et al, 2015, p. 53).

Desde la experiencia propia, este referente de Giraldo, que, si bien no se analiza desde un currículo colombiano, se hace pertinente ya que al enseñar en básica primaria y básica secundaria, las autoras han percibido dicha fragmentación en ejes temáticos que involucran al agua, lo cual no

favorece la comprensión de las propiedades de esta sustancia en un contexto escolar, en interacción con otras sustancias que se encuentran a su alrededor. Más bien se resalta su función de servicio hacia el cuidado de la salud o del ambiente.

Adicional a esto, el agua ha sido desde la historia de la ciencia una sustancia que ha inquietado a distintos científicos debido, por una parte, a sus propiedades intrínsecas, que resaltan su papel en diferentes procesos químicos, biológicos y bioquímicos y por otra, por ser una sustancia que ha estado presente en diferentes contextos cotidianos, siendo en muchos casos usada como referente para hacer mediciones y comparaciones. Por tal motivo y en el ejercicio de la enseñanza de las ciencias naturales, surgen cuestionamientos como ¿Cómo se aborda el agua en el currículo? ¿Cuáles son las prácticas frecuentes de enseñanza de las ciencias en educación básica para el estudio del agua y de sus propiedades? ¿Cuál es el dominio conceptual de una licenciada en química y biología para la enseñanza del agua y su interacción con sustancias lipídicas?

Para realizar este análisis se toma como referente, el trabajo de Piñeros (2018) que tuvo como propósito investigar la forma en como licenciados en química en formación de la Universidad Pedagógica Nacional emplean el lenguaje químico para referirse a la molécula del agua; se reconoció que el lenguaje químico empleado en diferentes niveles, abarca la simbología inherente a esta área de estudio, usando letras o símbolos propios de la disciplina o el vocabulario específico o meta-lenguaje; es decir “el simbolismo como forma de representar, el lenguaje químico no sólo parte de establecer reglas para construir fórmulas y ecuaciones químicas, estas tienen un sentido, un significado en el mundo de las sustancias” (Piñeros, 2018, p. 36).

A partir de lo postulado por Piñeros, las autoras reconocen el necesario ejercicio de enmarcar la enseñanza del agua sin desligar las propiedades químicas que la constituyen, donde se hacen funcionales en situaciones observables en el mundo natural o en fenómenos estudiados en ciencias naturales. Por ejemplo, integrando la composición molecular del agua con la forma como esta interactúa con otras sustancias o la solvencia posible a partir de la afinidad química con otros compuestos, etc., de esta forma, la enseñanza integra y da sentido a lo aprendido en contexto, y para el estudiante tiene un mayor significado.

En este trabajo se distinguen tres tipos de representaciones en el lenguaje químico para dar explicaciones a los fenómenos; las representaciones fenomenológicas, las modélicas y las simbólicas. Los resultados de esta investigación demostraron que las representaciones modélicas

y simbólicas son las más usadas cuando se explica el agua, mientras que las representaciones fenomenológicas quedan en un segundo plano; esto quiere decir que la mayoría demuestra un conocimiento orientado hacia la simbología, formulación de ecuaciones químicas y de diagramas, y que usan estas representaciones como forma para la comprensión de las propiedades de la sustancia, más no en conexión con un entorno, una situación problémica o para el desarrollo de habilidades científicas alrededor del cuestionamiento, la argumentación o la observación de comportamientos del agua en la naturaleza.

Así mismo Piñeros (2018) menciona que la molécula del agua podría ser asumida como un objeto de conocimiento e investigación sobre la cual, los que estudian la química desarrollan su actividad científica, haciéndose mención que cuando se aborda esta sustancia no hay claridad cuando se habla de dimensiones molares (características organolépticas, propiedades mecánicas de la materia) o moleculares (composición estructural), debido a que se transita en lo que es “visible” y “no visible” ante la observación macroscópica y microscópica que se hace de la sustancia (p. 47).

En este apartado, Piñeros invita a los docentes a hacer más evidente lo que se postula y afirma de forma teórica en la enseñanza, la idea es poder desarrollar preguntas a cómo se llegó a estos conceptos y proponer prácticas experimentales que proporcionen a los estudiantes herramientas de comprensión de los fenómenos y así mismo puedan cuestionar lo que aprenden, usando su conocimiento sobre el agua a nivel químico para abordar explicaciones del agua en interacción.

Con base en lo anterior, lo que se hace relevante en este trabajo de grado es proponer una forma distinta en cómo se conceptualiza, se representa y se comprende el agua como sustancia desde diferentes formas de estudiar algunas de sus propiedades y comportamientos, vinculándola a procesos más complejos que simplemente identificarla. Las autoras delimitan así el agua en interacción, no sólo desde sus propiedades fisicoquímicas, sino desde la forma relacional desde la cual se hace evidente en el mundo natural, donde el agua como objeto de estudio no se aprenda porque se establece en los textos de ciencias, o porque el docente así lo estipula. Se propone más como un proceso donde al agua se perciba como una sustancia fundamental, susceptible de ser cuestionada fenomenológicamente.

Ahora, es importante además identificar otro momento que fue de gran importancia en la delimitación del agua como objeto de estudio; la revisión de cómo se muestra esta sustancia en los libros de texto, permitió tener una mirada en torno a cómo se enseña el agua. Las intenciones y necesidades propias desde los diferentes libros de texto de ciencias naturales exponen al agua como una sustancia; un compuesto desde el punto de vista de su estructura y composición química, como un líquido esencial para la vida desde un enfoque biológico. Ahora bien, ampliar la comprensión propia sobre los efectos de la interacción del agua con sustancias aceitosas, tiene una mayor profundización a lo que generalmente se encuentra enunciado en los libros de ciencia, puesto que cuando se explican sus propiedades, se enfatizan aquellas de orden intrínseco, sin considerar que pueden presentarse en relación con otras sustancias.

Para el caso de la molécula del agua, las representaciones que usualmente se observan en los libros didácticos, son aquellas en donde por medio de figuras geométricas se muestran las relaciones intramoleculares e intermoleculares de las sustancias que en la química son objeto de estudio (López, 1982, citado de Piñero, 2018, p. 74).

Por este motivo, el poder determinar un enfoque relacional con los aceites, fue un factor determinante que motivó el fenómeno de interés, pero ahora con más especificidad; inicialmente preguntar sobre qué es el agua se aproxima a las propiedades químicas y físicas, a la composición química, a su estructura molecular e interacciones interatómicas entre los átomos de oxígeno e hidrógeno e intermoleculares de las moléculas del agua. Pero preguntarse qué hace el agua, propicia un enfoque fenomenológico, en el que las propiedades que usualmente son mencionadas en los libros de textos puedan ser observadas, descritas, organizadas, analizadas y debatidas.

1.3.2. Retomando y Reflexionando Sobre las Prácticas Pedagógicas.

Retomando las experiencias de aprendizaje, desde las explicaciones de los licenciados en química, el agua se aborda inicialmente en relación con su fórmula y composición, desde su geometría molecular que resalta la disposición espacial de los átomos, relacionando longitudes y ángulos de enlace que posibilitan enseñar algunas de las propiedades físicas que posee esta sustancia, como lo son su punto de ebullición y fusión a pesar de su masa molecular, o explicar por qué es la única sustancia que se expande cuando cambia de estado líquido a sólido por su organización estructural.

El agua es una sustancia poco común, casi todas sus propiedades parecen encontrarse al revés: es un líquido a temperatura ambiente cuando debería ser un gas; su forma sólida (hielo) flota en su forma líquida; lejos de parecerse a un líquido normal en el que sus moléculas se mueven con mucha independencia, en el agua existe un cierto orden colectivo, es decir, las moléculas se "pegan" unas a otras y ello le confiere valores extremadamente altos en su viscosidad, tensión superficial y calores latentes de evaporación y solidificación (Guerrero, 2012).

Son estas cualidades las que se consideran de gran interés de profundizar y ampliar en este estudio, ya que siendo el agua una sustancia tan común, tan abundante a nivel global (océanos), indispensable para el sostenimiento de la vida, tiene una trascendencia mayor para su ampliación no sólo en las explicaciones de las autoras, sino en los estudiantes, potenciando las cualidades que posee, en cuestionarla, profundizar en ella, y transformar su comprensión a través una perspectiva fenomenológica.

Asimismo, se integran otro tipo de conocimientos científicos como lo son; el tipo de enlace covalente-iónico que se establece entre los átomos de hidrógeno y oxígeno, el cumplimiento de la ley del octeto para que la molécula sea estable gracias a los pares de electrones desapareados y la fuerte atracción dipolo-dipolo que se establece entre un elemento muy electronegativo como el oxígeno con un átomo pequeño como el de hidrógeno, lo que justificaría la formación de puentes de hidrógeno entre moléculas de agua cercanas.

La forma en cómo se enseña el agua inicialmente parte desde la escritura de su fórmula química (H_2O), viéndose inicialmente su representación como molécula constituida por dos

átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno. Por lo tanto, se considera la distribución de electrones, la representación de orbitales y la configuración electrónica para hablar de sus propiedades. Se asignan valores de electronegatividad para hablar de los dipolos que forman de manera permanente las moléculas de agua y por las cuales se justifican sus propiedades de constante dieléctrica, formación de puentes de hidrógeno, capilaridad, etc. No obstante, al indagar por las propiedades de la sustancia y no de la molécula se resaltan otro tipo de propiedades físicas, tales como es incolora o traslúcida, su sabor inodoro, su capacidad de disolver sustancias o propiedades químicas como su polaridad, su alta capacidad de almacenar calor y su función en los organismos y ecosistemas.

Los licenciados en biología explican por su parte a la sustancia desde los procesos y las relaciones, por ejemplo, a nivel ecosistémico, al abordar el ciclo del agua, con procesos como la condensación, evaporación y precipitación, dando cuenta de interacciones entre factores bióticos y abióticos, así un ejemplo muy común es abordar los estados de la materia, el derretimiento y evaporación a través del agua. A nivel celular se enfoca en funciones de transporte, de termorregulación, estructuración y como solvente.

Si bien a nivel básico, el agua es partícipe de gran cantidad de temas, se suele, desde la experiencia propia, no llegar a complejizarse, ya que el agua actúa como una sustancia que participa y posibilita procesos en los seres vivos, así mismo, no se ha permitido un espacio donde se discuta cómo su constitución y composición química dan cuenta de su evaporación en el ciclo del agua, cómo sus puentes de hidrógeno participan de forma justificada en la conformación de moléculas como el ADN, cómo su fluidez promueve el transporte de otras sustancias a nivel orgánico o cómo en procesos tan usuales, sus cambios de estado son evidentes al variar la temperatura; es decir, el agua se ha enseñado como una sustancia ya determinada, ya establecida, sin lugar a cuestionamientos.

Es aquí, donde a partir de la experiencia pedagógica en la cual se ha trabajado con niños y adolescentes en colegios bilingües y no bilingües se evidencia que desde los lineamientos curriculares no se plantea al agua como un objeto de estudio que pueda abordarse desde una perspectiva fenomenológica, más bien, se plantea desde las interacciones per se con elementos propios del ambiente, como el suelo, el flujo de energía, etc.

En este sentido, se encuentra que el agua tiene diversas funciones biológicas en los organismos tales como la termorregulación, como solvente, como constituyente celular y en el transporte de sustancias. “En el agua se originó la vida y de ella sigue dependiendo. Esto, por cierto, sucede porque el agua es una sustancia completamente fuera de lo común: es líquida en condiciones normales [...] el agua es el mejor disolvente que existe (de sólidos, de líquidos y de gases). Si el agua no fuere así no podría sustentar la vida, pues gracias a esta propiedad conduce los nutrientes a los seres vivos y elimina sus desechos; además, lleva el oxígeno a los seres acuáticos” (Guerrero, 2012).

Desde esta perspectiva, la interdisciplinariedad hace que el conocimiento científico no se fragmente, sino que busque puntos comunes entre la química y la biología y se construya un discurso donde el agua se vea como una sustancia que es un fenómeno en sí mismo, y que sea más significativa en su enseñanza-aprendizaje, sino que contenga más elementos para comprender sus funciones tan conocidas y poco profundizadas en el nivel escolar.

Finalmente, para evaluar la forma en cómo se presenta el agua en el contexto escolar, se revisaron distintas Unidades Didácticas de la plataforma Colombia Aprende, las cuales sirven de guía conceptual y procedimental a muchos docentes en Colombia, ya que está ligada a los estándares básicos de aprendizaje y su acceso es público. A continuación, se identifica el grado, la unidad didáctica, la pregunta orientadora y la posible clasificación en ejes temáticos que tendrían una relación directa con el agua.

Tabla 1. El agua en el ámbito escolar.

GRADO	UNIDAD DIDÁCTICA	PREGUNTA ORIENTADORA	TEMÁTICA
Primero	¿Cómo cambian los componentes del mundo?	¿Qué le pasa al agua si la enfrió o la caliente? ¿Cómo podría mover el agua a través de un tubo?	-Cambios de la materia -Propiedades de la materia (Capilaridad)
Segundo	¿Cómo se relacionan los componentes del mundo?	¿Qué actividades realiza el ser humano con el agua? ¿A dónde se va el agua que cae cuando llueve? ¿Qué necesita un ser vivo para subsistir?	Función ecosistémica del agua -Ciclo del agua -Función biológica
Tercero	¿Cómo se relacionan los componentes del mundo?	¿Cuáles objetos flotan en el agua? ¿Cuáles objetos flotan en el aire?	Propiedades de la materia (Densidad y flotabilidad)
Cuarto	¿Dónde estamos ubicados en el tiempo y el espacio? ¿Cómo cambian los componentes del mundo? ¿Cómo transformamos el planeta?	¿Cómo se encuentra el agua en la superficie del planeta? ¿Qué efecto tiene la temperatura los vientos y el relieve sobre el agua? ¿Por qué el agua que tomamos debe ser potable? ¿Cuánta sal puede disolver un vas	Estados de la materia Cambios de estado Relación agua-ecosistemas Relación agua-salud Propiedades de la materia (solubilidad)

Quinto	¿De qué está hecho todo lo que nos rodea?	¿Qué tan rápido fluyen y se evaporan los líquidos?	Propiedades de la materia (Volatilidad y evaporación)
Sexto	¿De qué está hecho todo lo que nos rodea?	¿Cómo haría para separar una mezcla de agua y tierra?	Propiedades de la materia (métodos de separación)
Séptimo	¿De qué está hecho todo lo que nos rodea?	¿Por qué razón no podría existir la vida sin agua?	Función biológica Propiedades del agua
Octavo	¿De qué está hecho todo lo que nos rodea?	¿Cómo son las fuerzas de interacción y el movimiento de las moléculas en los sólidos, los líquidos y los gases?	Estados de la materia Propiedades de la materia (fuerzas intermoleculares)
Noveno	¿Cómo cambian los componentes del mundo?	¿Qué sucede a nivel atómico y molecular cuando disolvemos sal en agua? ¿Cómo se transforma el agua con los minerales de las rocas? ¿Por qué se dice que el agua se debe hervir por cinco minutos?	Propiedades de la materia (Disolución, Solvatación)

Fuente: Elaboración propia, con datos de Colombia aprende, 2023

Con esta recopilación, se reconoce que la plataforma Colombia aprende ofrece una variedad de Unidades Didácticas de cómo se puede abordar el agua de forma contextualizada, por medio de cuestionamientos y actividades teóricas y experimentales que, al examinar cada grado, dan significados y explicaciones del agua en relación con diferentes fenómenos en distintas situaciones, no obstante, muchos de los fines de estas actividades se quedan netamente en lo comprobatorio y en lo memorístico. Esto a causa de que sus actividades se basan en preguntas cerradas tipo verdadero o falso, o en respuestas que no incitan al estudiante a indagar y profundizar por lo que ha aprendido.

Las temáticas que se logran identificar que se abordan en las Unidades Didácticas están relacionadas con: propiedades de la materia (solubilidad, densidad), métodos de separación, los cambios de estado, función ecosistémica, Ciclo del agua, función biológica del agua y relación agua-salud.

1.3.3. Políticas y Lineamientos Educativos.

En la revisión de los Estándares Básicos de Ciencias Naturales establecidos por el Ministerio de Educación Nacional, si bien no se encuentra un núcleo conceptual que aborde al agua en básica primaria y secundaria, sí se encuentran temáticas que se relacionan directamente con esta sustancia. Para los grados primero a tercero se propone identificar y describir la flora, la fauna, el agua y el suelo del entorno; en grado sexto y séptimo se plantea explicar las propiedades del agua como solvente para los ecosistemas y los organismos vivos, dando ejemplo de las distintas soluciones acuosas y la justificación y explicación del rol de la membrana plasmática para el mantenimiento del equilibrio de la célula, describiendo la interacción del agua y las partículas y

sustancias (ósmosis y difusión) que entran y salen de la célula mediante el uso de modelos. En grados décimo y undécimo, se busca que los estudiantes relacionen el ciclo del agua y la transferencia de energía que ocurre en los ecosistemas, además, se busca analizar cuestiones ambientales actuales, como el calentamiento global, la contaminación, tala de bosques y minería, etc.

Es por ello que, a nivel general no se observa que, en los estándares nacionales se aborde cómo se puede comprender que algunas sustancias repelan al agua, y otras sean más afines a ella; es decir, de forma más específica, respecto a los comportamientos hidrofílicos e hidrofóbicos. Este aspecto, permite, de mano de los intereses de las autoras, profundizar en elementos disciplinares, históricos y experimentales que posibiliten una mirada fenomenológica del agua en interacción con los aceites.

Complejizar al agua en el aula, resulta entonces una tarea que sitúa a esta sustancia en una actividad científica dinámica, que tiene como objetivo generar explicaciones que emanen de la experiencia, respaldadas, por supuesto, por un fundamento conceptual. Se aspira a dejar atrás elementos meramente memorísticos, dando paso a enfoques interpretativos y significativos que enriquezcan el proceso educativo.

Tomando en cuenta estos aspectos de cómo se presenta el agua a nivel escolar, otra razón de querer profundizar en ella desde una perspectiva fenomenológica es, cuestionar el cómo se ha enseñado sobre esta sustancia y cómo se ha abordado en las propias clases; a partir de esto, se considera que el primer paso es preguntarse qué se sabe de ella, de su comportamiento y efectos en interacción con otras sustancias, lo que posibilita una profundización en sus propiedades, dejando de lado la posición tradicional de transmisión de conocimiento científico y buscar otras formas de abordar el agua en la dinámica escolar, partiendo de actividades experimentales, experiencias y la construcción de explicaciones.

La reflexión que amerita este tipo de proceder para la enseñanza del agua en básica, secundaria y media, hace entre ver que la enseñanza de las ciencias se ha vuelto como enuncia Zuleta en *Tribulación y felicidad del pensamiento* (2007) “nuestro dogmatismo, que se refugia en convicciones restringidas que creemos suficientemente comprobadas o al menos compartidas” (p.118), pues, aunque tengamos hoy en día certeza de la existencia de partículas llamadas átomos,

moléculas o iones, la forma en como nos aproximamos a dicho conocimiento se ha vuelto mecánica y repetitiva.

Zuleta distingue dos procesos, el de adquisición de conocimientos o aprendizaje, ligado a la capacidad de interrogar, analizar y comprender el mundo de manera auténtica, superando la mera repetición de información y el de pensamiento, que descompone y desarticula un sistema de supuestas evidencias y de interpretaciones previas, resultando en una crisis personal que no se podría enseñar desde una perspectiva mecánica. Es decir, Zuleta resalta que a lo que hoy se le llama educación y enseñanza consiste “en transmitir un saber de tal manera que queden de hecho reforzadas, y se vuelvan operativas y necesarias todas las resistencias del pensamiento (p. 121).

En este contexto, se comparte lo propuesto por Zuleta, quien aboga por una educación que fomente la tribulación del pensamiento, es decir, que anime a los individuos a desafiar las verdades establecidas y a cuestionar activamente lo que se presenta como conocimiento absoluto; este enunciado es muy importante, debido a los cambios de imagen que sobre ciencia tienen las autoras, donde desde su formación profesional, se promovió una visión de ciencia determinada e inmutable, pero se modificó de tal forma, que ahora se comprende como parte de la sociedad, de la cultura, no es ajena, ni inalcanzable, es más bien una forma de explicar el mundo natural y los fenómenos que en este se perciben.

Es así que la adquisición de conocimientos no se debe limitar simplemente a la acumulación de información, sino que debe implicar un proceso activo de comprensión y reflexión; es necesario considerar que el conocimiento profundo y significativo se logra a través de la reflexión crítica, el cuestionamiento constante y la capacidad de relacionar ideas. En cuanto al pensamiento, es necesario abogar por uno, que sea crítico y autónomo, la importancia de cuestionar las ideas recibidas, en desarrollar un pensamiento propio y ser capaz de analizar y evaluar la información de manera independiente.

Para el caso del agua se evidencia desde lo propuesto por los Estándares Básicos de competencias que no se complejizan las relaciones con otras sustancias, en cambio tiende a darse un proceso memorístico, ya que no se aborda al agua en sus interacciones con otras sustancias como un fenómeno, más bien se define su función, no se cuestionan esas relaciones, se espera una respuesta predeterminada del tema y se enfoca en el cuidado del agua como recurso natural

importante para el ser humano, más no desde una perspectiva que invite a indagarla, caracterizarla y explicarla para realmente dar cuenta de su comportamiento con otras sustancias.

Por tal motivo, las reflexiones identificadas, por un lado, desde la práctica pedagógica, y por otro, por las tensiones que pueden surgir a partir del análisis de los lineamientos establecidos por el MEN, invitan a cuestionar por qué los docentes de ciencias se convierten en guardianes y protectores de “verdades, despojando de carácter propio y fundamentado a las ideas, es decir; de su pretensión a ser validadas por otros, y considerarlas como simples opiniones de un grupo” (Zuleta, 2007).

En este punto, la experiencia invita a desafiar las verdades establecidas que, en el contexto científico y su representación en el ámbito escolar, ofrecen oportunidades para abordar los contenidos de maneras alternativas y transformarlos a través de las reflexiones surgidas durante el ejercicio de profundización como docentes. Se parte de la premisa de que, en calidad de sujetos críticos, se puede trascender el papel tradicional de transmisores de conocimientos y, en su lugar, explorar e interpretar los fenómenos en busca de explicaciones más complejas. Este enfoque cualifica la labor docente y modifica la concepción de ciencia que se aspira enseñar en el aula.

1.3.4. Reflexiones de los espacios académicos de la Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales

Desde el interés común de las autoras por el agua y las reflexiones de las prácticas pedagógicas, se complementó esta delimitación, con los elementos trabajados en los seminarios de la Maestría, las reflexiones allí desarrolladas y los cuestionamientos que fueron factores esenciales para la profundización disciplinar y pedagógica.

Al encontrar un punto de interés para el proyecto de grado, surgieron varios interrogantes sobre la forma en cómo podría abordarse el agua desde una perspectiva fenomenológica; este proceder como lo menciona Sandoval et al (2018) inicia con una experiencia donde el sujeto y el fenómeno constituyen una unidad, es decir, todo el tiempo el sujeto va de la mano con el fenómeno, si este cambia, el sujeto cambiará su visión, no hay caminos separados, ambos comparten una dirección que se va construyendo, ya que sin sujeto, sin observador, no hay fenómeno (p. 18)

Después es necesario la organización de la experiencia, para ello se debe “identificar cualidades, construir magnitudes y tomar medidas, lo que denomina la autora como la construcción

de fenomenologías (p. 13) que permitan desarrollar una “experiencia organizada o pensada”; para ello, tal experiencia debe ser descrita, lo que induce a nuevas delimitaciones y comprensiones, que dan paso a una formalización, entendida como “la construcción de relaciones, palabras, términos, cualidades, etc., que permiten hablar del fenómeno” (Sandoval et al., 2018, p.15).

Dicha formalización se hace evidente en este trabajo de grado, por medio de un estudio disciplinar del agua en interacción con aceites, el estudio histórico crítico que enriquece las comprensiones del fenómeno y contextualiza los alcances de otros autores, dando elementos de discusión, confrontación y ampliación del objeto de estudio; así mismo se logra formalizar por medio de prácticas experimentales que van ligadas a la ampliación de la experiencia y la construcción de explicaciones.

Las autoras concluyen así, que la perspectiva fenomenológica posibilitó un camino de estudio e investigación acorde a lo vivenciado en los seminarios disciplinares, ya que las construcciones fueron complejizándose a medida que se profundizaba y se cuestionaban los hechos, las situaciones y los objetos de estudio; es así que las autoras no son las mismas que iniciaron este recorrido, y reestablecieron por medio de la experiencia y la reflexión de su quehacer, que la ciencia como los fenómenos no son estáticos, que como sujetos que observaban, experimentaban y conocían, modificaban a su vez sus construcciones y se ampliaban los horizontes investigativos del mundo natural.

Con estas transformaciones, ahora el agua, no era sólo un líquido conocido como un solvente universal, cuestionar sus propiedades desde lo aprendido en la formación de pregrado, y de los libros de texto, de lo que se enseña, fue entonces un proceso necesario y de grandes enseñanzas que posibilitaron un pensamiento fenomenológico, donde los cambios en la forma de ver los fenómenos naturales se modificaron, así mismo como la forma de comprender de las autoras.

En este punto, emerge un fenómeno que permea todo el entramado previamente revisado: del agua y sus diversas interacciones y relaciones con otras sustancias. Aunque existen múltiples explicaciones sobre cómo el agua desempeña roles relevantes, la ausencia de la comprensión de estas interacciones suscitó preguntas ¿Qué tipo de interacciones se producen entre sustancias lipídicas y el agua?, ¿son interacciones de atracción o de repulsión?, ¿A qué le estamos llamando hidrofóbico e hidrofílico?, ¿Cómo se llegó a concebir la naturaleza química de lo que se considera

hidrofílico e hidrofóbico? y ¿Cómo se comprende la interacción entre agua y los lípidos en la ciencia?. Estas preguntas dirigieron la forma como se abordó el fenómeno de la interacción agua y aceites, así como los aspectos pedagógicos del mismo a nivel escolar.

Fueron estas preguntas las que dieron apertura a una profundización para abordar el fenómeno, y que, a su vez, sin tener respuestas de los textos de ciencias, posibilitaron realizar un estudio histórico crítico; este aportó en gran medida un contexto de cómo se ha desarrollado el fenómeno con el paso del tiempo, así como para explorar las nociones, explicaciones y prácticas experimentales llevadas a cabo por otros autores, el legado que dejaron y la continuidad de sus contribuciones, que pueden ser leídas, interpretadas y discutidas.

La historia de las ciencias se considera ahora relevante no sólo en este tipo de investigaciones, sino en la manera de abordar las clases de ciencias, es así como los seminarios de historia y epistemología proporcionaron lecturas y discusiones, que fomentaron una revisión del quehacer propio como docentes y de reflexiones sobre cómo afectan, influyen y acompañan procesos en la escuela.

El componente pedagógico en los seminarios de la maestría fue también de gran importancia, tenía como objetivo la reflexión sobre las experiencias de clase que contribuyen a complejizar las múltiples relaciones en las que se sitúa al objeto y el sujeto y que hace posible cuestionar las prácticas de enseñanza en ciencias dentro del contexto escolar.

En el espacio de pedagogía I, La ciencia como actividad cultural, se pretendía contrastar las ideas, experiencias y concepciones posibilitando la construcción del discurso pedagógico. Según el enfoque de la MDCN, el discurso pedagógico se configura al hacer explícitos los supuestos que orientan al maestro en su quehacer, por lo tanto, lo que se hace y lo que se dice está estrechamente relacionado con las estructuras de significados que se constituyen como acciones y formas de hablar del docente. Reflexionar sobre esta práctica, volverla un objeto de estudio, llevó a cuestionar ¿Cuáles son las dificultades que se encuentran en el aula como docentes de ciencias? ¿Cómo hacer de las prácticas en enseñanza de las ciencias propuestas alternativas? ¿Cómo concibo y represento lo que enseño en el aula? ¿A qué tipo de preguntas responden las actividades que realizo en el aula?

El componente histórico-filosófico tuvo como finalidad la reflexión sobre las prácticas de enseñanza y su relación con el conocimiento, además de la imagen de ciencia que tenemos como docentes. En el seminario problemática histórico-filosófica de los siglos XVII y XVIII, se abordaron textos que permitieron la reflexión sobre cuestiones de la realidad, de la verdad y del conocimiento. De allí se discute en diálogo con varios autores sobre qué es la realidad, cómo conocemos y cómo construimos conocimiento como docentes en ciencias en el aula. Desde nuestras prácticas pedagógicas se nos cuestiona la ausencia de reflexión sobre la imagen de ciencia que ha sido construida en nuestra formación académica y que sirve como estrategia cognitiva para organizar e interpretar el mundo natural.

La forma en cómo se concibe inicialmente la realidad puede ser vista desde dos formas: una con una mirada objetiva que está definida y es absoluta, o como una realidad construida, en la que no existe un mundo separado de lo humano, por lo que depende de la conciencia de este. Para tal profundización y tras haber cursado el seminario, hay inclinación hacia ideas perspectivistas e interpretativas.

Según Mèlich (2006) vivimos en una “urdimbre de interpretaciones”. Es importante aclarar que una interpretación da lugar a una nueva interpretación. No obstante, no se puede sostener que interpretar se asocie a una “especulación”. Lo que la interpretación significa es que “todo aquello que decimos o que hacemos depende de una situación, y que todo posicionamiento ha sido producido por intereses y prejuicios ineludibles. Desde este punto de vista nunca hay, ni puede haber, un conocimiento libre de prejuicios” (p. 486).

Es así que como docentes en ciencias naturales se experimenta una ruptura en la imagen de ciencia que se poseía con la imagen de ciencia que ha sido construida a lo largo de discusiones de orden epistemológico, ontológico e histórico por diversos autores, y que aportan en reflexiones que permiten comprender que existen diferentes modos de acercarse y de construir conocimiento, pero que estos van a estar condicionados por la imagen de ciencia que se desarrolla en la práctica docente y formación académica.

Por lo que, como docentes de ciencias es difícil, primero homogenizar una visión única del mundo natural sin detenerse a pensar en dudar sobre las concepciones propias de las autoras y representaciones del mundo, segundo transmitir más allá de lo superficial la verdadera esencia de conocer, que es aprender a cuestionar.

En todo momento se está observando algo, y existen distintas formas de hacerlo, esto quiere decir que siempre hay otros “modos-de-observar”, otras perspectivas provisionales que no pueden dejar de serlo. Resignificar qué es conocer o qué es conocimiento se aparta indiscutiblemente de la visión de una ciencia acumulativa, lineal, que está constituida por un cuerpo de teorías, leyes y principios, y la ubica en una actividad de representación, interpretación de la significación entre el mundo, el sujeto y el contexto.

Por tal motivo, este ejercicio de profundización disciplinar invita a cuestionar lo que se aprende y enseña en la escuela, reflexionar sobre las tensiones que se viven en el contexto laboral, detenerse a pensar en las debilidades de las prácticas propias para apartarse de la zona de confort. Se hizo evidente que siempre se debe repensar lo que se hace, y enfocarse en cambios que resignifiquen el trabajo como profesores de ciencias naturales. Decía Georges Jean, “nunca he visto a un educador cambiar de método de educación. Un educador no tiene el sentido del fracaso precisamente porque se cree maestro. El que enseña manda.” (Bachelard, 2000 p. 21).

Si bien, se argumenta que las políticas públicas son difíciles de modificar, es aquí, donde las autoras ven oportunidades, donde en vez de enseñar al agua sólo desde sus propiedades químicas y físicas, ven un nuevo camino donde la ciencia trabaja no sólo desde lo vivo, sino desde las interacciones, donde no sólo el aceite y el agua se denominan como incompatibles, nos cuestionamos por qué lo hemos aprendido así y como desde la interacción de ambas sustancias, se pretende abordar como un fenómeno, no como una lección a memorizar.

Hay una gran cantidad de conocimiento que aprender, que profundizar y que transformar como licenciadas en ciencias naturales, ahora es más un deber el poder complejizar lo que antes se veía como establecido; gracias a los seminarios y las experiencias propias, enriquecido por un estudio histórico crítico y un diseño experimental.

De acuerdo con este recorrido por los antecedentes, intereses de las autoras, enmarcados desde un proceso de profundización disciplinar y pedagógico, así como de las experiencias en el aula como licenciadas de química y biología, y en busca de un fenómeno a trabajar, se plantea la siguiente tesis para este trabajo de grado:

El estudio Histórico crítico y experimental de las interacciones entre el agua y los aceites, desde una perspectiva fenomenológica, aporta a la construcción de explicaciones en torno a los comportamientos hidrofílicos e hidrofóbicos.

2. Objetivos

2.1. General

Caracterizar las interacciones entre el agua y los aceites desde un estudio histórico crítico, experimental y una base fenomenológica para construir explicaciones sobre comportamientos hidrofílicos e hidrofóbicos.

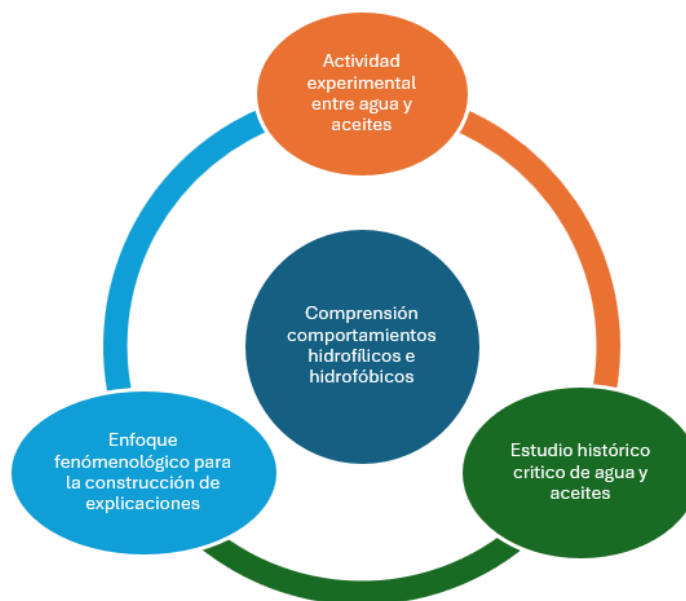
2.2. Específicos:

- Realizar un estudio de las condiciones históricas, técnicas y experimentales de las interacciones agua-aceites para la construcción de explicaciones en torno a los comportamientos hidrofílico e hidrofóbico en la enseñanza de las ciencias naturales.
- Desarrollar y sistematizar prácticas experimentales en torno a las interacciones entre el agua y los aceites, ampliando la comprensión de lo hidrofílico e hidrofóbico.
- Diseñar una Unidad didáctica como propuesta de aula de carácter experimental para la caracterización de las interacciones entre agua y aceites en torno a los comportamientos hidrofílico e hidrofóbico.

3. Proceder Metodológico

Para el desarrollo de este trabajo de grado se tuvo en cuenta el papel de las actividades experimentales y del estudio histórico para la construcción de explicaciones en torno a las interacciones agua-aceites y la comprensión de los comportamientos hidrofílicos e hidrofóbicos desde una perspectiva fenomenológica.

Figura 2. Proceder metodológico en el trabajo de grado



Fuente: Elaboración propia, 2023.

3.1. La Actividad Experimental En Las Clases De Ciencias

Desde autores como Malagón, Ayala y Sandoval (2011) existen al menos tres tendencias que asignan un papel al experimento en la clase de ciencias; La primera postura sostiene que el experimento debe recrear las condiciones propias de las actividades realizadas por las comunidades científicas.

La segunda tendencia plantea una distinción entre la actividad científica y la educación en ciencias. La tercera perspectiva argumenta que la actividad experimental está estrechamente relacionada con la construcción y comprensión de los fenómenos que se estudian en clase

(Malagón et al., p. 156). Es a partir de esto que tomar un enfoque fenomenológico aborda inmediatamente la práctica experimental, ya que es por medio de estas, que el sujeto puede hacer visible y existente al fenómeno, además de que posibilita en el camino, transformar por medio de los hallazgos, las observaciones, los resultados y conclusiones parciales un cambio en el fenómeno y la forma como el sujeto lo percibía. La práctica experimental potencia el quehacer del sujeto, lo transforma y se transforma él mismo.

Así mismo, el papel de la actividad experimental en el aula depende en gran medida de la forma como se entienden los rasgos y el rol de la actividad experimental en la construcción del conocimiento científico, poniéndose de presente la importancia que tiene la reflexión epistemológica en la orientación del quehacer pedagógico en la educación en ciencias (Malagón et al., 2013, p.121). Es decir que hacer una reflexión profunda de la forma en cómo se desarrollan las actividades experimentales en el aula pueden desencadenar en cuestionamientos sobre cómo se razona, se resuelven problemas y se plantean preguntas en la actividad científica, siendo condicionada esta actividad con la manera en que se desarrolla dicha imagen de ciencia.

De acuerdo con el proceder fenomenológico, las organizaciones que se dan del fenómeno surgen de lo que este muestre, es decir, todas las explicaciones que se construyen están en relación con lo que se pueda observar, por lo que inicialmente los efectos requieren ser organizados, de forma que se tengan en consideración los efectos sensibles y no desde modelos que relacionen la estructura molecular de la materia o reducirlos a efectos de entidades, como el de un chorro de partículas negativas.

Desde esta distinción, el trabajo de grado se enmarca en la tercera perspectiva, puesto que se busca, por un lado, que las actividades experimentales se alejen de lo que habitualmente se asocia como trabajo de laboratorio, en donde “suelen presentarse como montajes ya elaborados para su simple manejo y/u observación, siguiendo guías tipo “receta de cocina” (Fernández, 2010, p.14). Y, por otro lado, que la actividad experimental aporte “con la construcción y comprensión de las fenomenologías en estudio, y con ello con la ampliación y organización de la experiencia de los sujetos, así como con la formalización de relaciones y con la concreción de supuestos conceptuales” (Malagón et al., 2013, p.7).

“Por lo tanto, parte de la labor pedagógica que realizamos se centra en el reconocimiento o en la construcción de estos vínculos con la experiencia, que resultan útiles para construir el

campo de efectos, relaciones y lenguajes que dan cuenta del fenómeno que se estudia” (Sandoval, et al, 2018, p.14).

La unidad didáctica que se plantea en este proyecto de investigación se enmarca así, en que los estudiantes de la mano de su maestro guía, puedan construir explicaciones referentes a lo hidrofílico e hidrofóbico por medio de una constante transformación conceptual, que trabaja claro está, con la práctica experimental, desarrollando actividades en el laboratorio donde la observación intencionada, la toma de datos, la organización de experiencias y el papel conceptual de las fuerzas intermoleculares en agua y aceites logren articular maneras de abordar y explicar el comportamiento de estas sustancias en cuanto su cohesión y adhesión

3.2. El enfoque fenomenológico para la construcción de explicaciones.

La experimentación en la enseñanza de las ciencias no sólo permite comprender con prácticas experimentales los fenómenos naturales, sino promover habilidades científicas que a su vez generen cuestionamientos y se extienda a una interpretación desde un punto inicial, lo que se conoce como construcciones previas y posteriormente en la conceptualización por medio de la construcción de explicaciones.

Desde una perspectiva fenomenológica, las actividades experimentales en el trabajo de profundización tienen en consideración elementos que posibilitan construir explicaciones en torno al comportamiento e interacción del agua cuando entra en contacto con diferentes sustancias, en este estudio en particular, los aceites.

Los elementos de la perspectiva fenomenológica se encuentran en el orden pedagógico y metodológico para este trabajo de profundización, por lo que, para desarrollar dichas actividades experimentales, es necesario colocar en consideración qué se comprende por fenómeno y cómo se pretende construir dicha fenomenología.

Según Husserl cuando se habla de fenómeno se alude a una correlación, pues el fenómeno es de algo para alguien; fenómeno es lo que se muestra a la conciencia. En la fenomenología de la conciencia de Montero (2007), se analiza que cuando Husserl habla de “ir a las cosas mismas”, las cosas no son los objetos sino su donación a la conciencia [...] pues todo lo que pueda saberse acerca del mundo se da a través de una experiencia que esté en mí como sujeto cognoscente.

El foco comienza a dilucidar que el sujeto que está observando un fenómeno, no es el mismo desde el inicio hasta su construcción final, el sujeto cambia a medida que el fenómeno lo hace. Es además el aspecto que frente al estudio que se realiza, cobra más sentido, ya que las interacciones agua y aceites, reflejan modificaciones desde el comienzo con los conocimientos previos de las autoras y sus variaciones al indagar, experimentar y analizar sus experiencias, antecedentes y recorrido histórico del fenómeno.

El fenómeno puede entenderse como una significación de las relaciones entre un individuo, un colectivo y un objeto, que emergen para dar sentido y significado al mundo natural, persistiendo las experiencias y vivencias sensibles del sujeto y surgiendo la oportunidad de cuestionar y hablar de distintas formas de este. Por lo que luego, son las representaciones que se logran comunicar entre los sujetos para que las construcciones discursivas que emergen entre el sujeto y el fenómeno posibiliten un cambio constante en la comprensión de dicho fenómeno, puesto que si la “conciencia cambia el fenómeno cambia” (Malagón, Sandoval y Ayala, 2013, p.122).

Como finalidad de la construcción fenomenológica de magnitudes que den cuenta de un fenómeno, se recurre a la ordenación de cualidades, a la identificación de variables y a la organización de un fenómeno natural (Malagón et al., 2013). La formalización de la organización de la experiencia permitirá la construcción de explicaciones mediante el lenguaje, la experimentación, la indagación y la profundización que se realice al agua y su interacción con distintos aceites.

Los autores Malagón, Sandoval & Ayala (2013) destacan el carácter exhibitivo y constructivo del fenómeno; las descripciones e interpretaciones que demanda la comprensión de una fenomenología exigen la organización de una serie de experiencias y observaciones intencionadas, esto es una descripción detallada del fenómeno (p.122). Así mismo, destacan que no se necesita de entidades metafísicas u ocultas para ser explicadas pues el fenómeno no oculta nada, son las cualidades que se encuentran ligadas a este, las que permiten ser ordenadas de manera que se pueda realizar una formalización de ese conjunto de cualidades, que pueden cambiar a medida que se van haciendo las organizaciones de este.

Este enfoque fenomenológico es relevante para dar significado a fenómenos físicos que dan cuenta de interacciones de repulsión y atracción en sustancias de naturaleza y propiedades distintas, pero que pasan desapercibidas en las explicaciones dadas. A partir de la experiencia

misma se busca identificar aspectos y cualidades, medir magnitudes que estén conectadas con el fenómeno del esparcimiento de aceite sobre superficies de agua, para que se pueda cuestionar y trascender de lo aparentemente normal y cotidiano a lo complejo y holístico.

Para el caso de las autoras la experiencia previa y la actividad experimental se hacen relevante, debido a que, de la observación detallada, la descripción de cambios, la identificación de variables comunes, la medición de estas y la construcción de interpretaciones y comprensiones admiten cambiar la experiencia inmediata de relacionar el esparcimiento de aceite sobre el agua por causas de densidad o flotabilidad, y proponer distintas formas de concebir las interacciones agua-lípidos, complejizando la comprensión de comportamientos de repulsión-atracción, hidrofílico-hidrofóbico y fuerzas de cohesión entre estas dos sustancias.

Para ello se realizó una profundización histórica que tuvo como objetivo reconocer los científicos que se interesaron por el esparcimiento de aceite sobre el agua, se contemplan las preguntas y supuestos que llevaron al desarrollo de sus prácticas experimentales, los conceptos que surgen cuando realizan las explicaciones de sus comprensiones del fenómeno, y sobre todo a los aportes que direccionaron las prácticas experimentales propuestas para este trabajo.

Es así como se determinaron una serie de prácticas experimentales que ayudaron en un principio a cuestionarse constantemente en torno al fenómeno y que conceden espacios de discusión interesantes para transformar nuestros aprendizajes y reconstruir explicaciones a partir de las observaciones realizadas.

Es la interpretación y comprensión de las cualidades macroscópicas de las sustancias y de su interacción no aparente o perceptible, donde la actividad experimental juega un papel fundamental, pues se deben elaborar y/o reconstruir explicaciones en torno al fenómeno estudiado.

Tomando en cuenta estos aspectos de cómo se presenta el agua a nivel escolar, una razón de querer profundizar en ella desde una perspectiva fenomenológica es cuestionarse sobre cómo se aprende sobre esta sustancia y cómo se aborda en las clases. A partir de esto, se considera que el primer paso es preguntar qué se sabe de esta, de su comportamiento y efectos en interacción con otras sustancias, lo que propicia una profundización en sus propiedades, dejando de lado la posición tradicional de transmisión de conocimiento científico, y buscar otras formas de abordar

el agua en la dinámica escolar, partiendo de actividades experimentales y la construcción de explicaciones.

3.3. La construcción de explicaciones para la comprensión de fenómenos.

La construcción de explicaciones en este trabajo de grado se enmarca en procesos cognitivos superiores, por lo tanto, los estudiantes no son receptores sin experiencia al llegar a la escuela, por el contrario, muestran sus construcciones previas desde sus vivencias, lo cual, se pudo identificar a partir de la experiencia docente de las autoras. En este contexto, las autoras reconocen que la construcción de explicaciones se lleva a cabo como un proceso en el aula, donde los maestros desempeñan un rol fundamental como guías que se encargan de orientar tanto en conocimientos teóricos como en experiencia práctica. Su labor consiste en que los estudiantes formulen, indaguen, comprendan y organicen contenidos, datos y observaciones que se integran de manera coherente en una unidad didáctica, en la que se espera el estudiante clarifique procesos y causas presentes en fenómenos naturales.

De este modo se encuentran autores que profundizaron en qué es la construcción de explicaciones, a continuación, se desarrolla un diálogo con los hallazgos y propuestas.

Autores como Gómez (2006) refieren a la construcción de explicaciones en el ámbito escolar, como un proceso que ocurre en un contexto que tiene “una finalidad ligada a las prácticas y, por tanto, ligada a situaciones específicas” (p. 75). Según Norris et al. (2005) “es un acto que intenta hacer algo claro, entendible o inteligible. En su elaboración influyen las circunstancias y razones por las que se producen, buscando todas ellas resolver un problema, enigma o dificultad”. Asimismo, es importante reconocer que existen distintas explicaciones de acuerdo con su función, pueden usarse para ampliar un significado, para justificar, para describir o para establecer causalidades. Para fines de esta investigación se espera construir explicaciones causales en torno a efectos que pueden ser observados, organizados y medidos de la interacción entre el agua y el aceite.

Norris et al. (2005) clasifican las explicaciones científicas en cuatro categorías: las deductivas, las probabilísticas inductivas, la funcionales y las genéticas o narrativas, de este modo el tipo de explicación que se busca fortalecer en este estudio es de tipo funcional. Según estos autores, este se asocia a estudios biológicos y preocupaciones humanas que se interesan por

cuestionar ¿por qué los huesos tienen potasio? o ¿por qué los árboles caducifolios tienen hojas que caen en otoño? al responder estas preguntas se debe prestar atención a las consecuencias, fines, funciones y propósitos (p.547). Es así como, para la construcción de explicaciones las preguntas que se tienen en cuenta están relacionadas con los efectos observables de comportamientos y efectos de las dos sustancias, (agua y aceites) prestando atención en aclarar y comprender las causas de su interacción.

Es importante comentar que, en la búsqueda de construcción de explicaciones, los estudiantes pueden concebir significativo su aprendizaje, ya que, desde el ejercicio de cuestionamiento, fomentan habilidades como pensamiento crítico y la forma como pueden expresar sus ideas, comprensiones y porque no, conclusiones. Por otro lado, el trabajo de observación y práctica experimental favorece que las nociones anteriores del estudiante puedan modificarse en cuanto a su visión de mundo natural, es decir, la construcción de explicaciones amplía la perspectiva que el sujeto tiene, varia, muta, como la ciencia misma; si esto sucede en la escuela, los estudiantes pueden configurar lo que conocen, ya que dudan y ese cuestionamiento, abre una gran cantidad de posibilidades de estudio.

Las autoras construyen estas explicaciones teniendo en cuenta el recorrido que proporcionó el proceder metodológico; reconociendo que es posible abordar el agua en interacción con aceites como un fenómeno haciendo hincapié en el papel de las preguntas, el desarrollo de un estudio histórico crítico y las prácticas experimentales propias, que posibilitan un enfoque integrado por sujetos activos y cambiantes, preguntas que surgen y se alimentan de comprensiones que se amplían, pero que dan paso a otras miradas y caminos investigativos.

Para la construcción de explicaciones sobre lo que significan los comportamientos hidrofílico e hidrofóbico y las fuerzas intermoleculares de las sustancias estudiadas se llega a este objetivo en tres momentos: una delimitación del fenómeno en particular, específicamente del comportamiento del agua y los aceites; el aporte significativo del estudio histórico crítico, el cual incentivó elementos de discusión frente a lo desarrollado por autores anteriores, cualificando las comprensiones de las interacciones agua y aceites para debatir ideas y nociones que se determinaron en otros contextos. Finalmente, las prácticas experimentales, que por medio de una perspectiva fenomenológica proporcionaron evidencias de los comportamientos de las sustancias seleccionadas.

A nivel disciplinar se quiere construir que los comportamientos hidrofílicos e hidrofóbicos responden a la composición y organización de las moléculas tanto del agua como de los aceites; las fuerzas de cohesión y adhesión son las fuerzas intermoleculares que se hicieron evidentes en el recorrido conceptual, histórico y experimental; al interactuar los aceites podían entonces cohesionarse tanto, que su forma esférica no cambiaba, además esto evidenciaba una nula o mínima expansión al estar en contacto con el agua. Tales observaciones sirven para la construcción de explicaciones a partir de comportamientos observables para dar explicación a cuestiones como su esparcimiento, forma, curvatura y tamaño.

Las autoras proponen así, que para la construcción de explicaciones, se proceda desde una mirada fenomenológica que busca tener una conciencia de las cualidades del fenómeno y se promueva la interpretación de comportamientos y efectos macroscópicos, que son perceptibles y susceptibles de ser medidos; en este contexto la actividad experimental contribuye significativamente a construir explicaciones de lo que ocurre, haciéndose relevante que para hacer la organización del fenómeno, inicialmente las explicaciones deben estar dadas en relación a lo que se muestra o se perciba del fenómeno, en este caso de la interacción de las dos sustancias, obteniendo conciencia de las cualidades del mismo.

Un ejemplo, es el caso del aceite de Oliva, respecto a lo observado en la práctica experimental llevada a cabo por las autoras; en la que se toma como argumento considerar que su comportamiento estaba ligado a su composición, puesto que al ser una mezcla de ácidos grasos (Oleico, Palmítico y Linoleico) exhibió un comportamiento distinto al de los demás, la forma de la gota añadida al agua perdía, se expandía y tenían lugar distintas fases, que posteriormente fueron identificadas y explicadas en comparación a los otros aceites.

Comprendiendo que las fuerzas de atracción y repulsión se dan de acuerdo con la naturaleza de cada sustancia, no hay generalidades que se establezcan, los grupos Carboxilo presentes en la mayoría de los aceites, favorecieron comportamientos de cohesión que daban como resultado, expansiones, o en el caso de varios ácidos grasos en una mezcla, separaciones, expansiones inmediatas con pérdida de formas esféricas. Por otro lado, se logra identificar otras cualidades, como que se forma una curvatura en la gota de aceite con respecto al agua o del agua con respecto al aceite y que, de acuerdo con esta observación, es posible enunciar algún comportamiento, en el que haya mayor o menor fuerza de repulsión o atracción entre las sustancias.

Por tal motivo, como docentes de ciencias naturales se considera que para la construcción de explicaciones el camino de la observación y la experimentación fomenta en la escuela, que los estudiantes se cuestionen constantemente, y que junto a sus compañeros y docente se dé a conocer la interpretación o reconfiguración de la comprensión del fenómeno.

4. Estudio Histórico crítico: de Cómo el agua interactúa con los aceites.

En la enseñanza de las ciencias, la historia se hace relevante, ya que, a través de su revisión, se puede conocer no sólo el contexto en el que las ideas, teorías y experimentos se desarrollaron, sino que se impulsa el cuestionamiento de estas, actividad que, con una visión de ciencia cambiante, se hace necesaria para un docente que reflexiona sobre sus prácticas y sobre lo que enseña.

El agua en sí misma tiene gran cantidad de propiedades que la caracterizan, sin embargo, desde el foco de esta investigación, el cuestionar cómo esta sustancia interactúa con otras, se hace prioritario. Los aceites entonces posibilitaron un estudio histórico en el que se buscó comprender cómo los contextos sociales de hace más de 100 años influyeron en que sustancias como el agua y los aceites, fueran cambiando en las denominaciones, propiedades y comportamientos.

El estudio histórico realizado dio paso además a una conexión con una perspectiva fenomenológica, como lo menciona Malagón, et al. (2018) que invita a dejar de lado lo establecido y estático, abre la mirada a ponerse en el papel de cuestionador, de identificar que, en un mundo cambiante, las ideas lo hacen, las personas modifican sus visiones y cómo el mundo natural así mismo lo hace, la ciencia varía, muta, y el sujeto que la observa y estudia también. (Malagón et al., 2018, p.20).

Inicialmente se profundizará en cómo fue cambiando la concepción del agua, ya que permitirá comprender el papel fundamental sobre las ideas, hipótesis, explicaciones y teorías que surgieron del estudio de esta sustancia. Se presentarán algunos trabajos realizados por diversos científicos que aportaron en la configuración del conocimiento actual de esta sustancia, haciendo una breve mención de cómo cambió la visión del agua considerada como una sustancia elemental para después de diversos experimentos descubrir su verdadera naturaleza, una sustancia compuesta. Como objetivo, se busca que por medio de este estudio histórico crítico se brinde una perspectiva sobre la evolución del pensamiento científico y la forma en cómo cambia tras nuevos hallazgos y explicaciones del mundo natural.

Posteriormente, se exponen los estudios realizados por algunos científicos; se revisa, analiza e indaga a Plinio el viejo, Benjamín Franklin, Agnes Pockels, Lord Rayleigh, Irving Langmuir y Adam, quienes, desde la observación, las prácticas experimentales y la formulación de explicaciones, dieron cuenta de las interacciones del agua y los aceites.

Se realiza este estudio histórico para profundizar en sus investigaciones, indagar en la forma como comprendían el fenómeno, cuestionar los problemas por los que se preguntaron o buscaban explicaciones, analizar los lenguajes o formalizaciones a las que se llegaron, por otro lado, cuestionarnos por el tipo de preguntas que generaron sus estudios, el tipo de tensiones que surgen frente a lo que los autores hicieron e interpretaron y los aportes que brindan a este trabajo de grado, con el fin de construir un discurso pedagógico propio que tenga en cuenta, no solo el aporte histórico, sino la intervención experimental para la comprensión del fenómeno del comportamiento hidrofílico e hidrofóbico.

4.1. Sobre cómo se concebía la naturaleza del agua

El conocimiento de lo que se entiende hoy por la sustancia agua, inicia con las escuelas de los filósofos naturalistas, la cual perduró por alrededor de dos mil años, hasta que la alquimia y la química que estaban surgiendo, proponen una nueva forma de conocer el mundo natural, más allá del razonamiento.

Fue durante la Revolución Científica y el surgimiento de la química que se comenzó a entender la verdadera naturaleza del agua; científicos como Robert Boyle y Antoine Lavoisier desempeñaron roles importantes al investigar las propiedades y las reacciones químicas del agua. Por lo que para llegar al conocimiento actual de la naturaleza, estructura y composición del agua fue necesario cambiar, modificar y repensar sistemas de pensamiento que consideraban al agua como un principio primigenio a una sustancia compuesta, con propiedades inalterables e inmutables.

Algunos filósofos griegos naturalistas consideraban al agua como un elemento primigenio, esta doctrina fue respaldada por Tales de Mileto (624 A.C), el cual creía que el universo tendría orden por medio del principio del agua, explica que es el elemento básico que produce todas las cosas, “las plantas y animales no son más que aguas condensadas bajo diversas formas, puede solidificarse y evaporarse ante sus ojos (Sánchez & Ruíz, 2013). Esta visión, aunque puede ser una

idea simplista, aporta en la comprensión del pensamiento científico, ya que marca el comienzo del intento de los hombres por comprender la naturaleza de las cosas a partir de la observación y el razonamiento:

De todas las sustancias, el agua es la que parece encontrarse en mayor cantidad. El agua rodea a la Tierra; impregna la atmósfera en forma de vapor; corre a través de los continentes, y la vida es imposible sin ella. La Tierra, según Tales, era un disco plano cubierto por la semiesfera celeste y flotando en un océano infinito (Asimov, 2003, p11).

Es así como desde la escuela Filosófica de Aristóteles (384-322 a.C) hasta alrededor de 2000 años después, permaneció la doctrina de los cuatro elementos que fue propuesta inicialmente por Empédocles (Asimov, 2013, p. 12); esta doctrina consideraba que los cuatro elementos eran una generalización y representación de una observación familiar, pues un cuerpo es sólido (tierra), líquido (agua) o gaseoso (aire), o bien se encuentra en estado de incandescencia (fuego) y daban soporte a cualidades fundamentales: caliente y frío, y seco y húmedo “el agua se consideraba un cuerpo simple o “elemento” (del latín “elementum”) y, en unión con el aire, la tierra y el fuego, constituía el conjunto de los cuatro elementos de los que se creía formado el mundo conocido” (Sánchez & Ruíz, 2013).

Este primer periodo histórico brinda las primeras nociones sobre la visión dividida que existía entre los filósofos sustancialistas de la época y los filósofos atomistas, y en la forma en cómo se comprendía el concepto elemento que dista del concepto actual, propuesto por Lavoisier posteriormente. La visión del agua abarcaba nociones más generales, no se disponía de estudios ni experimentos que determinaran al agua de forma molecular, con el razonamiento era suficiente; ahora bien, esto aporta las primeras nociones del objeto de estudio, que dista en la forma en que, desde las propiedades químicas y físicas, el agua se comporta o interactúa diferente pero no transformándose en otras, es decir para poder explicar cómo se relacionan con otras sustancias del mundo natural es necesario comprenderla como una sustancia compuesta con propiedades inherentes y posibles de ser medibles, sin posibilidad de ser transmutada en otras sustancias. De estas preocupaciones se encargaron los científicos del siglo XVIII.

4.2. Sobre cómo se llegó a la estructura y composición del agua

Identificando el fenómeno de estudio, en un primer momento, como se hizo explícito en el contexto problemático, el agua fue el primer referente conceptual que como licenciadas en química y biología suscitó interés en profundizar. Posteriormente, considerando las experiencias de aula, los estándares básicos de competencias y los aportes de los seminarios de la Maestría, articularon un fenómeno respecto al agua en interacción con aceites.

Es por ello, que, para este estudio histórico crítico, se consideró hacer una revisión del agua desde sus propiedades intrínsecas, respecto a quiénes la indagaron, experimentaron y propusieron ideas, nociones y conceptos que enriquecieron no sólo la comprensión de esta investigación, sino que dieron pautas desde su naturaleza para reconocer al agua como objeto de estudio, que se fue complejizando con los años, dando grandes aportes a la ciencia, desde su composición química y física y su comportamiento con otras sustancias.

A continuación, se inicia con un estudio de los elementos que para las autoras fueron relevantes para dar forma a comprensiones sobre el agua y que posteriormente se enmarcaron en estudios desarrollados sobre el agua en interacción con aceites.

¿Cómo pueden las cualidades del agua dar cuenta de la forma como interactúa con otras sustancias? El agua es una sustancia con distintas funciones en el ambiente, organismos y a nivel micro; distintos autores se preguntaron qué la hacía tan particular, desde sus observaciones y experimentos, el agua abrió la puerta para conocer explicaciones de estructura y organización en el mundo natural.

El agua fue considerada como un elemento hasta el siglo XVIII “cuando la tierra y el aire también dejaron de ser elementos y la humanidad reconoció que estaban compuestos de complejas mezclas de especies químicas” (Guerrero, 2006). Pioneros de la química como Boyle y Margraff, durante los siglos XVII y XVIII destilaron agua procedente de manantiales; en sus experiencias observaron que se producía “un gas, un líquido y un sólido, que no era otra cosa que el residuo salino disuelto en el agua, creyeron entonces con ese fundamento, que el agua constaba de aire, agua y tierra” (Sánchez & Ruíz, 2013).

Cuestionar cómo en ocasiones la ciencia, aunque está basada en el mundo natural y no en las teorías que resultan de este, sustenta la premisa de que se blindan las ideas a tal punto de que

los resultados son analizados bajo la teoría científica aceptada, sin posibilidad de cuestionarse. Las autoras, a partir de lo determinado en la delimitación del problema, consideran que el cambio de noción de la ciencia ha sido un gran aporte, al percibir la actividad científica, como parte de la cultura y de la transformación misma del humano y su pensamiento.

Estos hallazgos incitaron a distintos personajes de la historia de la ciencia que se interesaban por replicar experimentos y debatir los resultados. Empezando así varios estudios de químicos franceses y británicos por conocer la composición del agua.

Antoine Lavoisier que, en su memoria *De la naturaleza del agua*, y las experiencias por las cuales se ha pretendido probar la posibilidad de su cambio a tierra, (1770), describe los experimentos que realizó para determinar el grado de pureza a la cual podía ser llevada una cantidad de agua tras hacerse cierto número de destilaciones sucesivas, logrando acercarse a lo que él denominó “la naturaleza del agua”, quedando mencionado de la siguiente manera “El agua de ningún modo cambia de naturaleza, ni adquiere ninguna propiedad nueva por destilaciones repetitivas [...] Lejos de probar la posibilidad del cambio del agua en tierra, conducirían a pensar que aquella es inalterable (pp. 51-52).

Con este hallazgo, frente a lo que Lavoisier propuso, existió un rompimiento radical en la visión de mundo sustancialista, pues se comprende que Lavoisier se aleja de las ideas alquimistas de la época, que afirmaban que el agua podía transmutarse en tierra y establece la importancia de las medidas, como “un instrumento con el que derribar las antiguas teorías que, ya inservibles, no harían sino entorpecer el progreso de la química” (Asimov, 2013, p. 36). Además, que se comprende que, aunque el agua sea sometida a distintos procesos como cambios de estado por aumentos o disminución en la temperatura, esta conserva sus propiedades y rechaza la transmutación de la sustancia, es decir que el agua pudiera convertirse de alguna forma en tierra, creencia que era extendida durante la época.

Con esto, se comprende que el agua es una sustancia con propiedades inherentes e inalterables, es decir prueba su naturaleza química; esto permite cuestionar que, si su naturaleza es inmutable, al interactuar con otras sustancias, aun permanecería siendo la misma sustancia; las propiedades del agua no se modifican, son generales; el agua estaría predeterminada a una serie de comportamientos que podrían homogenizarse para su comprensión, si se parte de la explicación dada por Lavoisier.

Sin embargo, posteriores investigaciones no pensarían al agua desde su estructura simplemente, sino que la posicionarían frente a su relación con otras sustancias; es así, que si bien Lavoisier concretó condiciones muy importantes frente al agua en sus propiedades constantes así ocurrieran cambios físicos, más no es su transformación en otras sustancias, es de interés reconocer que el agua si bien no varía su naturaleza, se piensa siempre en interacción; sus propiedades se perciben desde lo relacional por lo tanto nos cuestionamos si ¿los aceites desequilibra el comportamiento del agua y altera sus propiedades?

En junio de 1783, Lavoisier hizo reaccionar oxígeno con aire inflamable, obteniendo "agua en estado muy puro". Concluyó correctamente que el agua no era un elemento, sino un compuesto de oxígeno y aire inflamable (o hidrógeno, como se conoce ahora (American Society Chemistry, 2023).

Este apartado del autor es de gran relevancia en este estudio histórico, ya que, al pensar al agua en interacción, la cohesión que Lavoisier menciona comienza a determinar un camino explicativo en donde las fuerzas intermoleculares, desempeñan un papel importante para comprender al agua en relación con los aceites, es decir, sus propiedades se ven afectadas al entrar en contacto con estas. Cabe anotar que Lavoisier no hablo nunca a nivel de moléculas, sin embargo, es innegable que sus prácticas experimentales posibilitaron un recorrido de cuestionamientos, prácticas experimentales y cambios conceptuales que para este estudio fueron de gran ayuda, ya que, al realizar el estudio histórico, se evidencia que inclusive cientos de años atrás, el agua fue un foco, que los científicos abordaron y que, de elementos naturales, posteriormente compuestos y sustancias funcionales en el mundo natural, sufrió cambios de percepción y explicación, el agua así ya era un fenómeno, ya se complejizaba, y los sujetos que la estudiaban también.

La organización del agua, por medio de las moléculas que la conforman, va ahora más allá de una estructura química mediada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, es así como, se empieza a cuestionar el proceder de estos elementos en la manera en que el agua se constituye, pero aún más importante, en la forma cómo al interactuar con distintos aceites, esta composición dada por la cohesión puede determinar comportamientos que se buscan profundizar.

Con la mirada puesta en el agua en interacción, las autoras se cuestionan: ¿Pueden las fuerzas de cohesión de las moléculas del agua alterarse si están en contacto con aceites? ¿Son las fuerzas de cohesión del agua inmutables? ¿Pueden los aceites poseer cohesión entre sus moléculas?

Si bien Lavoisier no se cuestionó sobre la naturaleza de los aceites con agua, las autoras si lo hacen. Al estudiar los aportes de este científico, según el principio de la no transmutación de esta sustancia pueden entonces cuestionarse las interacciones en relación con las fuerzas de cohesión de sus moléculas.

Las autoras dan paso a preguntarse sobre ello, reconociendo que el agua desde su composición no cambia, pero si puede organizarse de forma distinta al contacto con los aceites. Lavoisier propone desde el siglo XVIII una mirada micro, donde la estructura del agua se ve mediada por fuerzas que la mantienen dentro de una organización estructural, esto es de gran importancia porque posibilita, incluir una explicación a los componentes que darían cuenta del porqué el agua y los aceites pueden interactuar, construyendo explicaciones relacionadas a su constitución como fluidos. Esto brinda una visión donde ciertas fuerzas de las sustancias participarían para que esta interacción sea posible.

4.3. Distinción entre la cohesión y la afinidad química para la comprensión de interacciones entre las sustancias.

Se continua con Faraday en su tercera conferencia sobre *cohesión y afinidad química* publicada en el ciclo de conferencias que impartió en 1860 que tituló “Historia química de una vela”, este científico relató la forma en cómo se puede alterar la cohesión entre las partículas de los cuerpos que se atraen recíprocamente y forman estructuras regulares, afirmando que

Si se aumenta la temperatura hasta cierto punto se licúan y un nuevo aumento las convierte en gas [...] para disminuir esta fuerza de atracción entre las partículas de hielo, uso de esa fuerza llamada calor: quiero que comprendan ahora que cuando el agua pasa del estado sólido al líquido es debido siempre a la acción del calor, aunque derrita el hielo utilizando otros procedimientos, no puedo prescindir del calor. Tenemos, en efecto, medios para derretir el hielo sin recurrir exclusivamente a la acción del calor, es decir, sin que éste sea la causa directa (Faraday, 1860).

Los estudios y sobre todo prácticas experimentales de Faraday en torno al agua tienen gran peso en cuanto a sus explicaciones, ya que se continua un diálogo que se inició con Lavoisier, aquí de nuevo las fuerzas en el agua se hacen presentes. Si bien, para los fines de este estudio las autoras no contemplan el calor como una variable, si es pertinente que, para poder identificar las causas del cambio de estado de agregación del agua, Faraday proporciona a la cohesión, un papel

relevante, como una fuerza que está presente en esta sustancia; por lo que resulta interesante que desde el siglo XIX las sustancias se hayan explicado por estas razones, ya que es un punto común en este estudio, pero claro está, no sólo la fuerza de cohesión en el agua, sino en relación con la cohesión presente en otras sustancias como los aceites.

Faraday continúa proponiendo que, sí se toma el agua, ya sea bajo la forma de hielo, líquido o vapor, se debe siempre considerarla como agua, afirmando que posee los medios para indagar la constitución de esta sustancia mucho más efectivos que los que proporciona la acción del calor, y entre éstos, uno de los más importantes es esa fuerza que llamó electricidad voltaica. Esta electricidad voltaica, posibilitó postular a Faraday que el agua: se compone de dos clases de partículas que se atraen mutuamente en una forma muy diferente a la de la gravitación o de la cohesión. A esta nueva fuerza la llamaremos afinidad química, o fuerza de la acción química entre diferentes cuerpos.

Ya no estamos tratando de la atracción del hierro por el hierro, o del agua por el agua, de la madera por la madera o de los cuerpos semejantes entre sí como cuando hablábamos de la fuerza de cohesión; tratamos de otro tipo de atracción, la atracción entre las partículas de naturaleza diferente. La afinidad química depende por completo de la energía con la cual las partículas de diferentes especies se atraen mutuamente (Faraday, 1860).

Faraday es sin duda, un gran referente respecto a sus comprensiones en este estudio histórico crítico; este científico ahonda en cómo las sustancias pueden atraerse por medio de la fuerza de cohesión entre sustancias de la misma naturaleza, distinguiendo otra fuerza denominada como afinidad, para hacer referencia por aquella atracción entre distintas sustancias, que puede estar relacionado inicialmente a lo que se concebía como cambio químico, que estaba justificado desde la descomposición de las sustancias y desde el término “rapport”, usado por Geoffroy para referirse a la situación en que “dos sustancias que tengan alguna disposición a juntarse la una con la otra, se encuentran unidas, si sobreviene una tercera que tenga más rapport con una de las dos, se unen a esta dejando libre la otra” (Grapin, 2012), es decir, la capacidad que tenía un cuerpo de desplazar a otro produciendo una posible descomposición.

Es relevante para las autoras no caer en confusiones, solo un tipo de fuerza va a ser referente en esta investigación, para la construcción de explicaciones centraremos la atención en las fuerzas de cohesión que se dan entre una misma sustancia. Por esto la necesidad de poder determinar con

prácticas experimentales la posibilidad de reconocer los comportamientos cohesivos de las sustancias estudiadas, procurando que el diálogo con Faraday cobre mayor sentido.

En el capítulo pertinente a dichas prácticas experimentales, la fuerza de cohesión desempeña un papel muy importante, ya que es la fuerza intermolecular que protagoniza las explicaciones del comportamiento del agua y los aceites según las autoras. Faraday explicó el poder de cohesión que tienen las partículas de los líquidos para los cambios de estado, enunciando que cuando hay absorción de calor se pierde cohesión de las partículas de las sustancias y cuando se libera calor aumenta la atracción entre las partículas, no obstante, las fuerzas de cohesión entre las partículas de las dos sustancias trabajadas no se someten a cambios de estado, pero si a interacciones, que podrían dar cuenta del vencimiento o desequilibrio en las fuerzas cohesivas de las sustancias.

Desde el siglo XIX, con la revisión de Lavoisier y Faraday principalmente, las autoras determinan que los estudios del agua respecto a sus propiedades y los indicios de las explicaciones de sus interacciones proporcionan grandes elementos de discusión. Sin embargo, es igualmente importante comentar que hasta la mitad del siglo XX, el agua en su estudio posee mayor fuerza al despojarse de sus propiedades intrínsecas, otorgando mayor protagonismo a explicaciones claramente relacionadas a su interacción con otras sustancias, es por ello, que se retoma en este estudio, lo realizado por científicos como Pockels, Langmuir, Lord Rayleigh y Adam, como los elegidos que proporcionaron aportes significativos para la profundización y estudio fenomenológico desarrollado por las autoras.

Es a partir de esta condición de lo que se conoce como solvente universal, que el agua desde el interés particular no es vista sólo desde sus propias características como sustancia, sino que está en contacto con distintas formas de manera natural y otras claro está, en el laboratorio. El agua en interacción con sustancias aceitosas es foco de esta investigación, por tal motivo continuaremos con el recorrido histórico crítico que conlleve a rastrear como se ha construido conocimiento en relación con esta interacción y que puede ser el camino para comprender y profundizar en los comportamientos hidrofílicos e hidrofóbicos. Antes de ampliar lo desarrollado, se realiza la siguiente tabla donde se sintetizan los aportes de los autores, las preguntas que direccionaron las indagaciones propias y los aportes al proyecto de investigación.

Tabla 2 Recuento de los aportes históricos interacción agua-aceites

Autor/Publicación	Experiencia realizada	Conceptos o supuestos que surgen	Preguntas emergentes	Aportes al estudio.
Benjamín Franklin-Del aquietamiento de las olas por medio del aceite (1773)	Observó el efecto del aceite sobre el agua para aquietar las turbulentas aguas del mar.	Efectos de repulsión mutua a causa de un flujo de partículas repelentes. La expansión continúa hasta que la repulsión mutua del aceite y el agua sea reducida y debilitada.	¿Los aceites modifican el comportamiento del agua? ¿Los aceites alteran las propiedades del agua? ¿Qué entendía Franklin por flujo eléctrico? ¿Sí el aceite no se absorbe ni se adhiere a la superficie del agua, se está interpretando este comportamiento como un efecto atractivo o repulsivo?	-Existe una repulsión natural entre el agua y el aceite (No hay atracción). -El fenómeno de la interacción entre agua y aceite es atribuido a efectos de repulsión y de no adherencia.
Lord Rayleigh Medidas de la cantidad de aceite necesario para comprobar los movimientos del alcanfor sobre el agua (1890).	Demostrar el efecto de las capas superficiales del aceite de oliva sobre la tensión superficial del agua.	El espesor de la capa de una gota de aceite sobre una superficie de agua debe ser aproximadamente del orden molecular.	¿Cuál fue el cálculo que realizó Rayleigh para determinar que las películas de aceite sobre agua se extendían hasta poseer el espesor de una sola molécula? ¿Cómo caracterizaba Rayleigh el efecto de los movimientos de alcanfor cuando se colocaba el aceite en la superficie del agua?	-Calcular experimentalmente la cantidad de aceite, así como su volumen, para determinar el grosor de una película de aceite. -Determinar si el grosor puede estar relacionado con la expansión de los aceites.
Agnes Pockels Sobre el derramamiento de aceite en agua (1894).	Medir el cambio de la tensión superficial con una determinada cantidad de aceites como oliva, canola y almendras.	-Los comportamientos de expansión y contracción de aceites se relacionan con su origen o naturaleza. -No todas las sustancias se esparcen en películas, sólo ciertas sustancias orgánicas son capaces de formar soluciones superficiales de este tipo.	¿Cómo se comportan las gotas de distintos aceites sobre superficies de agua? ¿Cambia la tensión superficial con cada aceite? ¿Qué hace que un aceite se expanda y otros no? ¿Cómo relacionar los cambios de tensión con los comportamientos atractivos y repulsivos según el tipo de aceite?	-La expansión y contracción de las superficies de aceite es distinta sobre superficies de agua debido a la disminución de la cohesión de las sustancias. Actividad experimental que evidencie el comportamiento de aceites en contacto con agua (organización de las sustancias).
Irving Langmuir. “Las películas de aceite en agua” y “las causas de la difusión de aceites en agua.	Reto las prácticas de Rayleigh y Pockels para determinar el esparcimiento	La dispersión del aceite se debe a la presencia de un grupo activo que el llamó Carboxilo, que puede	¿El aceite se esparce porque hay una mayor atracción entre ciertas moléculas del aceite que del agua? -¿Cómo se interpreta la estructura de	-Falta de homogeneidad en la estructura del aceite. -Se retoma el concepto de monocapa, para hablar de la

(1917)	de distintos aceites en agua.	combinarse con el agua sin causar que las cadenas hidrocarbonadas se separen unas de otras. Propone que un aceite que no posea grupos activos como el aceite parafinado no debe esparcirse.	los aceites cuando entran en contacto con el agua? -¿Puede atribuirse la presencia del grupo activo y de cadenas hidrocarbonadas a efectos atractivos y repulsivos en los aceites cuando está en contacto con agua?	dispersión de los aceites en agua. -El aceite en agua se orienta y empaqueta en la capa superficial para que el grupo carboxilo que está en contacto, se solubilice con agua, mientras que las colas del hidrocarburo se empaquetan una al lado de la otra.
--------	-------------------------------	---	--	--

Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.4. El agua interactuando con aceites ¿Quiénes posibilitaron este camino de profundización?

Al centrar la mirada en el agua como una sustancia que de por sí, ya ha tenido varios estudios desde sus propiedades, el siguiente paso fue revisar, estudiar e indagar sobre los trabajos teóricos y experimentales que varios científicos iniciaron hace más de 2 mil años sobre el agua y su interacción con los aceites, antes llamados petróleos o grasas; la trascendencia de esta investigación es lograr promover la formulación de cuestionamientos y dialogar sobre sus aportes para la interpretación y comprensión de los comportamientos hidrofílicos e hidrofóbicos.

Este recorrido inició con un doctor y militar que, debido a su curiosidad por el mundo natural se dedicó a la escritura de sus observaciones y de las explicaciones que dio a los fenómenos que encontró, Plinio el Viejo ordenó así, redactar para el siglo I D.C todo lo que consideraba maravillas del mundo, recopilando datos y curiosidades mencionadas por griegos y romanos (Kotsias, 2010). Entre las notas del libro II de su Historia Natural, advirtió que los marinos vertían aceite en el mar para aquietar las aguas turbulentas. Tal como aparece en Maravillas y fuentes de los ríos “el aceite todo lo ablanda y por eso los buceadores lo esparcen por la boca, ya que suaviza la aspereza natural del agua y aporta luz” (Plinio el Viejo, libro II, p. 202).

Otro elemento destacable es que Plinio recopiló información sobre el aceite, su procedencia y cualidades; en el libro XV se describe que por excelencia la procedencia del aceite era de los árboles frutales; para él, el jugo propio de la aceituna es el aceite, el cual consta de pulpa, hueso y alpechín; esta última tiene como propiedad “calentar el cuerpo y protegerlo de los fríos, además de refrescar los dolores de cabeza” (p. 77).

Con este primer autor, se destacan las primeras formas de explicación que surgieron en el siglo I de nuestra era, por medio de observaciones de la naturaleza y prácticas recurrentes en ese periodo, los aceites y el agua empiezan a revelar una interacción, según testimonio de marinos y naturalistas, estas interacciones permitían controlar mejor las aguas, al aquietarlas. Este hallazgo no sólo abrió un camino de cuestionamientos por otras personas, sobre estas dos sustancias, sino que dio paso a reconocer que el agua se comportaba de forma diferente en presencia de grasas.

¿Cómo explicaba Plinio dicho comportamiento del agua y aceites? ¿Adjudicaba algún fenómeno a que los aceites aquietaran las aguas? ¿Qué sabía Plinio del agua? ¿Qué entendía Plinio por aceites? Estos cuestionamientos surgen debido a, que, en la época, puede interpretarse que los aceites funcionaban más como un mecanismo de momento al calmar las corrientes, más no se dieron pautas claras del porqué de este fenómeno. Sin embargo, es un buen referente de inicio, ya que es él, quien abre el camino hacia lo que otros científicos realizarían de formas más explícitas.

Es en este punto que, luego de revisiones en la literatura, se encontró a otro científico, que talvez tenga más reconocimiento por cuestiones políticas en Estados Unidos, pero cuyas primeras explicaciones si dieron una apertura a cómo calmar las aguas, las interacciones agua y aceites tuvieron una perspectiva más científica, se está hablando entonces de Benjamín Franklin.

4.4.1. Las observaciones de Franklin y la caracterización de comportamientos repulsivos.

Benjamín Franklin para 1757 tenía gran curiosidad por la interacción entre el petróleo y el agua, por lo que escribió una carta a William Brownrigg¹, en la que se relatan sus observaciones para explicar la propagación del petróleo sobre el agua y el efecto de calmar las olas.

Tras observar que las estelas de dos de los barcos se movían suavemente, mientras los otros eran agitados fuertemente por el viento que soplaba suave, preguntó al capitán buscando una explicación a lo observado. La respuesta que obtuvo fue [...] "Los cocineros han estado vaciando su agua grasienta a través de los imbornales, que han engrasado un poco los costados de esos barcos". Recordando lo que había leído de Plinio el viejo, Franklin realizó posteriormente un experimento en el estanque de Clapham, tomó una vinagrera de aceite y dejó caer un poco sobre el agua.

Figura 3. Marineros vertiendo aceite al mar

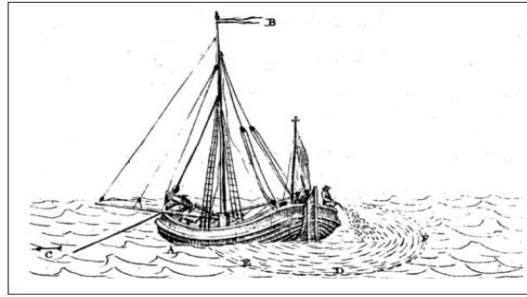


Fig. 1.— Ilustración del siglo XVIII mostrando el momento en que un marino en el Mar del Norte arroja por la borda de un navío holandés aceite de ballena para verificar su efecto sobre el agua. Del libro de F.van Lelyveld (Holanda, 1740-1785) disponible en el artículo de Joost Merten que citamos*.

Fuente: Tomado de Kotsias, 2010.

Las observaciones que hizo Franklin lo llevaron a considerar que el aceite se esparcía "repentina, amplia y forzosamente sobre el agua" Comparando inicialmente su comportamiento en otras superficies. Franklin escribió

Si se pone una gota de aceite sobre una mesa de mármol pulido, o sobre un espejo que yace horizontalmente; la gota permanece en su lugar, extendiéndose muy poco. Pero cuando se pone sobre el agua, se esparce instantáneamente muchos pies a la redonda, volviéndose tan delgado como para producir los colores prismáticos, por un espacio considerable, y más allá de ellos tanto más delgado como para ser invisible excepto en su efecto de suavizar las olas a una distancia mucho mayor. (Franklin, 1757, p. 450)

Este comportamiento fue atribuido por Franklin como una repulsión mutua entre sus partículas tan pronto se tocan, tan fuerte como para actuar sobre otros cuerpos que nadan en la superficie, como pajitas, hojas, virutas, etc., obligándolas a retroceder.

Esta observación, permite comprender que, el efecto observado por Franklin era tan fuerte que inclusive podía actuar sobre otros cuerpos que se encontraban en la superficie del agua. Evidenció que el contacto del aceite en la superficie del agua generaba una fuerza capaz de hacer retroceder los cuerpos que se encontraban flotando sobre esta, lo que podría ser interpretado como el rompimiento de la tensión superficial del agua, ya que se observa como el agua se extiende y los objetos que se encontraban en la superficie pueden moverse libremente, posteriormente los estudios de Lord Rayleigh y Agnes Pockels, serían los pioneros en el fenómeno de la tensión superficial.

Las observaciones de Franklin cuestionan a las autoras en cuanto a cómo otro fenómeno como lo es la tensión superficial podía ser considerado en este trabajo del autor, Franklin no tenía ideas sobre esto, pero lo que él postula desde las repulsiones, sí da cuenta del hilo conductor de los discursos de varios de los científicos estudiados.

Con los trabajos experimentales de Lavoisier y Faraday, el común denominador de las fuerzas, ya sean cohesivas o repulsivas, encuentran un punto con Franklin, enmarcando lo que se comienza a establecer como una comprensión del fenómeno por parte de las autoras, cabe resaltar que las prácticas experimentales propias, favorecen este diálogo donde lo común en la explicación radica en las fuerzas intermoleculares.

Las repulsiones se observan, se caracterizan y se cuestionan, Franklin dio el primer paso a estos postulados, pero el agua y el aceite a modo general lo hacen, ¿Qué hay detrás? ¿Cómo Franklin optó por promover que las repulsiones eran parte importante del mar y el petróleo? Más adelante otros lograrían entablar relaciones más directas.

Cuando Franklin visitó posteriormente al Sr. Smeaton, un estudiante de su colega tuvo la oportunidad de contarle un suceso reciente, El Sr. Jessop contó a Franklin que cuando tiró dos moscas que se encontraban en una taza que usaba para guardar aceite, estas al caer al agua comenzaron a “moverse y giraron rápidamente sobre el agua, como si estuvieran vigorosamente vivas, aunque al examinarlas descubrió que no lo estaban”.

Para Franklin este incidente fue ocasionado por el “poder de la repulsión y que el aceite que brotaba gradualmente del cuerpo esponjoso de la mosca continuaba el movimiento”. Franklin replicó el experimento para demostrar que no era ningún efecto de vida recuperado por las moscas; tomó trozos de virutas aceitadas, y papel cortado en forma de “coma”; observó que la coma giró en sentido contrario cuando tocó el agua atribuyéndoselo a una corriente de partículas repelentes. Franklin hace una aclaración importante y es que se necesita una considerable superficie de agua para dar espacio a la expansión de una pequeña cantidad de aceite.

En un plato de agua, si se deja caer la más pequeña gota de aceite en el medio, toda la superficie se cubre con una fina película grasosa procedente de la gota; pero tan pronto como esa película haya alcanzado los lados del plato, la gota no se extenderá más, sino que permanecerá en

forma de aceite, los lados del plato detienen su disipación al prohibir la expansión de la película. (Franklin, 1757, p. 451)

Es así como incorporar palabras como flujo de partículas y repulsión, hacen que, con el trabajo de este autor, se pueda indagar y cuestionar qué lo llevó a sus conclusiones. Seguidamente, se reconoce el uso del lenguaje en sus escritos, que denotan preguntas como: ¿Por qué se repelen estas sustancias? ¿Qué entendía Franklin por flujo eléctrico? ¿Por capa fina? ¿Atribuyó Franklin naturaleza eléctrica a todas las sustancias? ¿Cuándo Franklin dice que el aceite no se absorbe ni se adhiere a la superficie del agua, está interpretando este comportamiento como un efecto atractivo o repulsivo? ¿Si el aceite se expande se vencen las fuerzas repulsivas y ganan las atractivas?

En el trabajo de Franklin se destacan las compresiones de repulsión realizadas a partir de su actividad experimental y de su escuela de pensamiento. Este científico es conocido por las contribuciones que realizó sobre la electricidad en el siglo XVIII, sus ideas se basaron en lo que él llamó un flujo de fluido eléctrico, reconociendo la existencia de dos tipos de electricidad; positiva y negativa. Basado en sus experimentos de frotamiento y del péndulo eléctrico, se puede establecer que, al explicar el fenómeno de la interacción entre agua y aceite, se lo atribuye a efectos de repulsión y de no adherencia. Franklin pudo haber interpretado esta falta de adherencia a la falta de propagación que presentaba el aceite, sin establecerse en un punto fijo, como no pasaría si se colocara en otra superficie.

La repulsión se origina debido a partículas que, según las interpretaciones de Franklin, estaban compuestas de un solo fluido eléctrico en el que se presentaba una deficiencia o exceso de flujo eléctrico. Esto causaba que el flujo eléctrico se transfiriera de un cuerpo a otro, dando lugar a efectos de atracción y repulsión entre ellos. Este fenómeno podría haber sido el razonamiento que Franklin habría utilizado para explicar por qué las partículas de las diferentes sustancias no se mezclan. Esto se evidenciaba al observar el grosor de la fina capa, que se extendía como una mancha elíptica y permitía el paso de los colores prismáticos de la luz, pero que no se mezclaban a pesar de su estrecha delgadez.

Una de las críticas al trabajo realizado por Franklin fue que a pesar de su asombro por la delgadez de la capa que permitía descomponer la luz en su espectro de colores, no realizó ningún cálculo para determinar su espesor. De haberla calculado hubiese obtenido un valor de pocos

Ángstroms, la dimensión de una molécula, idea que empezaba a asociarse a la unidad de materia que retenía las propiedades de una sustancia (Kotsias, 2010).

Con las actividades experimentales, las publicaciones y cartas que dejó Franklin, se hacen aportes significativos a las interacciones de agua y aceite en términos de fuerzas repulsivas, que pueden dar paso a profundizar las explicaciones respecto a la interacción del agua y los aceites, desde un enfoque eléctrico, en el que unas sustancias como menciona él, tienden a ganar y perder fluido eléctrico con facilidad. No obstante, aunque la idea de repulsión está presente surge como inquietud si existen únicamente fuerzas repulsivas, ¿cómo se explicaría la gran extensión del aceite sobre agua? Para las autoras esta falta de adherencia y expansión libre podría estar asociada a fuerzas atractivas entre las dos sustancias.

El análisis de estos experimentos lo llevaron a pensar que existe un único fluido eléctrico, contenido en todos los cuerpos, y que el efecto del frotamiento no hace más que quitar o agregar fluido por lo que decidió asignarle el signo más al agregado de electricidad y el menos al defecto. La elección del “+” y el “-” por parte de Franklin ha permanecido hasta el presente y es la razón por la que se le asigna el signo negativo a la carga del electrón (Vettorel, Tabares & Oliva 2016).

Franklin sin mencionar una palabra respecto a las propiedades físicas o químicas de estas sustancias, explica estas interacciones desde una visión mecanicista, en la que las partículas de las sustancias o cuerpos interactúan directamente por fuerzas repulsivas y atractivas. Asimismo, se da cuenta que, al ponerlas juntas, debe ocurrir algo en la organización de estas, pues por más que entren en contacto, el agua repele el aceite, manteniéndola a una mínima distancia de sí misma, esta distancia la asociamos a la expansión, pues esta continuará, según Franklin hasta que la repulsión mutua de las partículas que están presentes en el aceite y el agua sea reducida y debilitada.

Ciertamente, al compartir las intenciones explicativas del autor, se adentra en el concepto de repulsión, que se convierte en un elemento crucial para comprender el fenómeno en cuestión. Lo que destacamos es que estas interacciones se producen gracias a las propiedades que ambas sustancias comparten, como la constitución de partículas que pueden ser repelidas o atraídas.

4.5. Siglo XIX, primeras prácticas experimentales entre el agua y aceites

Los primeros indicios retomados por Plinio y Franklin fueron significativos en el siglo XVIII debido a que otros científicos y estudiosos retomaron las observaciones y prácticas experimentales desarrolladas por ellos, para proponer explicaciones respecto al agua y aceites. Dichos científicos estarán en esta parte del estudio histórico, buscando comprender cómo explicaron y experimentaron con los aceites y el agua, y poder encontrar puntos comunes, así como diferenciales en la forma de ver el fenómeno, es así como Agnes Pockels, Lord Rayleigh e Irving Langmuir están en este apartado siendo los protagonistas del diálogo con las autoras.

4.5.1. De los fenómenos eléctricos al estudio de la tensión superficial del agua

Lord Rayleigh, cuyo nombre de pila era John William Strutt fue un físico inglés que retomó con interés los estudios de Franklin. Rayleigh trabajó incansablemente varios fenómenos naturales, que en su época conectaron con los trabajos caseros de Pockels y retomados por Langmuir, es decir, estos autores, mancomunadamente aportaron grandes ideas a cómo interpretar y explicar cómo ocurre esta interacción entre el agua y los aceites, ya que sus publicaciones se retroalimentaban entre sí, aspecto relevante para comprender su proceder y la forma de concluir sus ideas.

Como Franklin, Lord Rayleigh inicialmente estaba interesado en los fenómenos eléctricos, uno de los que más llamó su atención fue el comportamiento que tenía un chorro de agua vertical que al chocar se rompen en gotas y rebotan, por lo que publicó en 1879 “La influencia de la electricidad sobre las gotas que chocan”. Rayleigh consideraba que este efecto “es consecuencia de la carga que llevan las partículas, de modo que cuando presentan una carga moderada **coalescen**”

Por otra parte, observa que el comportamiento de un chorro vertical de agua ligeramente jabonosa, no se comportaba como se esperaba, pues no se produjo ninguna dispersión o efecto cuando se acercaba un cuerpo moderadamente electrificado, pero que una influencia más poderosa dispersa la gota como de costumbre. Así mismo mencionó en su artículo que Fuchs atribuía este comportamiento de cohesión a una disminución de la adherencia entre el chorro de agua jabonosa y las paredes del orificio (Rayleigh, 1879, p. 409).

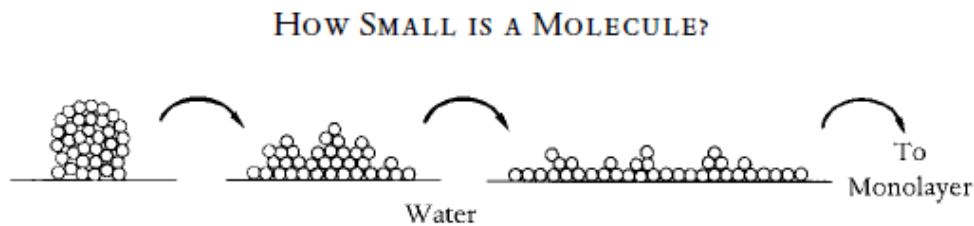
Los aportes de este autor permiten considerar inicialmente que él se encontraba familiarizado con el comportamiento eléctrico en las sustancias, sin apartarse de esta escuela de pensamiento, se empieza a cuestionar sobre el aparente movimiento de los cubos de alcanfor en la superficie del agua.

Inicialmente se atribuye este comportamiento a fuerzas repulsivas, pues según la experiencia de Lord Rayleigh entraban en un movimiento vigoroso al estar en contacto con el agua. No obstante, su actividad experimental se centró en la cantidad de aceite necesario para detener los movimientos aparentes del alcanfor. Sin nombrar la tensión superficial, Lord Rayleigh trató de determinar experimentalmente la cantidad de aceite que se necesitaba para detener dichos

movimientos, calculando experimentalmente la cantidad de aceite y el volumen, determinó el grosor de la película de aceite.

A partir de Franklin, la preocupación de poder determinar con mayor precisión las razones por las cuales el agua al parecer se repelía de sustancias aceitosas, comenzó a ser el foco de los autores. Rayleigh comentó en 1890 sobre la dificultad de comprender números muy grandes y la necesidad de analogías para ayudar a la visualización (Tanford,2004, p.94); parece ser, que la preocupación de este autor iba más allá de las observaciones, buscaba cuantificar lo observado de cómo las partículas acuosas se comportaban al contacto con aceite. Esta idea está relacionada con la siguiente representación:

Figura 4. Una mono capa del tamaño de una molécula.



Fuente: Tanford, 2004.

Para comprender este valor, Rayleigh pensó en la gota de aceite como un montículo de partículas de aceite molecular que se encuentra encima de una enorme masa de partículas de agua. Imagina que las partículas de aceite caen del montículo (comprendiendo montículo como la sustancia agrupada de forma no uniforme) y las demás partículas empujan a un lado las que ya se han caído hasta llegar a una mono capa. ¿Cuándo se detendrá el proceso? ¿Cada molécula de aceite descansa sobre el agua? Las primeras experiencias realizada por Franklin no se enfocaron en estas cuestiones, sino directamente en la repulsión que ocurre cuando el aceite tiene contacto con el agua, mientras que las experiencias de Rayleigh se centraron en determinar el espesor de la fina capa de aceite.

Los estudios realizados por Lord Rayleigh sobre la dinámica del movimiento de los líquidos dispersos sobre otros formando capas, le permitió contemplar que el espesor de la capa formada al esparcirse una gota de aceite sobre una extensa superficie de agua debe ser aproximadamente de orden molecular, como escribió en su artículo publicado el 27 de marzo de

1890, titulado “*Medidas de la cantidad de aceite necesaria para comprobar los movimientos del alcanfor sobre el agua*”.

Es evidente a la vez que la cantidad de grasa requerida es excesivamente pequeña, tan pequeña que bajo las condiciones ordinarias del experimento parece probable que eluda nuestros métodos de medición. Sin embargo, en vista del gran interés que se atribuye a la determinación de las magnitudes moleculares, el asunto parecía bien digno de investigación (p. 365).

En este experimento Lord Rayleigh quiso demostrar el efecto de las capas superficiales del aceite de oliva sobre la tensión superficial del agua determinando la densidad de una gota de aceite. Se cuestionó si ciertas propiedades de la superficie del agua (polarización de la luz, la viscosidad) se deben a que están contaminadas con películas de grasa. Para su experimento toma un recipiente de 84 cm de radio circular, mientras un trozo de alambre de platino contenía el aceite de oliva caliente y pesado, seguidamente:

Cuando todo está listo, se deposita alcanfor sobre el agua a dos o tres lugares muy alejados unos de otros y entran inmediatamente en un movimiento vigoroso. En esta etapa, el extremo aceitado del alambre se baja con cuidado para tocar el agua, la película de aceite avanza rápidamente a través de la superficie, empujando ante sí cualquier polvo o alcanfor. Luego se pone en contacto la superficie del líquido con todas aquellas partes del alambre en las que pueda haber aceite de manera que se asegure la completa remoción (Lord Rayleigh, 1890, p. 365)

Con este experimento Lord Rayleigh midió el peso del aceite y su espesor; también incluyó una columna en la que comenta el efecto sobre el fragmento de alcanfor, siendo predominante los efectos de: apenas perceptible, suficientemente cerca, sólo lo suficiente, sobre lo suficiente, todos los movimientos casi se detuvieron, etc. Por lo que escribe “se verificó por prueba de que el aceite residual era incapaz de detener los movimientos de alcanfor sobre una superficie que incluía solo unas pocas pulgadas cuadradas (Lord Rayleigh, p. 365)

Figura 5. Grosor de una capa de aceite y sus efectos en fragmentos de alcanfor

Date.	Weight of oil.	Calculated thickness of film.	Effect upon camphor fragments.
Dec. 17 . . .	0·40 mg.	0·81	No distinct effect.
Jan. 11 . . .	0·52	1·06	Barely perceptible.
Jan. 14 . . .	0·65	1·32	Not quite enough.
Dec. 20 . . .	0·78	1·58	Nearly enough.
Jan. 11 . . .	0·78	1·58	Just enough.
Dec. 17 . . .	0·81	1·63	Just about enough.
Dec. 18 . . .	0·83	1·68	Nearly enough.
Jan. 22 . . .	0·84	1·70	About enough.
Dec. 18 . . .	0·95	1·92	Just enough.
Dec. 17 . . .	0·99	2·09	All movements very nearly stopped.
Dec. 20 . . .	1·31	2·65	Fully enough.
A fresh Sample.			
Jan. 28 . . .	0·63	1·28	Barely perceptible.
Jan. 28 . . .	1·06	2·14	Just enough.

Fuente: Lord Rayleigh, 1889, p. 365.

La actividad experimental de Lord Rayleigh aporta en el trabajo de grado, de tal forma que permite contemplar la forma en cómo se estaba entendiendo la tensión superficial y de cómo el contacto con sustancias aceitosas podía alterar dicha tensión. Determinar la cantidad de aceite necesario para frenar los movimientos del alcanfor es la primera medida que opta por hacer Lord Rayleigh para esta medida, pues hasta el momento no se había desarrollado un método que permitiera determinar la tensión superficial del agua y de otras sustancias.

Es así que, aunque Rayleigh estaba convencido de que las películas de aceite sobre agua se extendían hasta poseer el espesor de una sola molécula, no contaba con la técnica experimental que le permitiera llevar a cabo las mediciones. No fue solo hasta que Friedrich Pockels se comunicó por medio de una carta para que Rayleigh conociera los hallazgos de su hermana:

Tanto ella como yo hemos leído los trabajos donde usted estudia la interacción de las capas de aceite sobre la superficie del agua. Si hay alguien en el mundo capaz de entender la magnitud del trabajo de mi hermana es usted. Ella ha realizado estos experimentos con las limitaciones que un hogar ofrece. Qué sería capaz mi hermana de conseguir si dispusiera de los medios adecuados (Pockels, F., 1891)

4.5.2. La tensión superficial y el esparcimiento de contaminantes en la superficie del agua.

Agnes Pockels aparece en este entramado del estudio de la interacción entre agua y aceites, aun en condiciones académicas que por la época no se dieron en contextos universitarios, sino más bien caseros. Pockels nació a mitad del siglo XIX en lo que hoy conocemos como Italia, fue una

mujer que, para su época desarrolló distintas prácticas experimentales que dieron paso al conocimiento de la interacción del agua con los llamados aceites y grasas que podían pasar desapercibidos en los quehaceres del hogar, así como de la medición del cambio en la tensión superficial producida en el agua que denominaba contaminada.

Pockels, quien no pudo asistir a la universidad porque no se admitían mujeres para ese momento, fue animada por su hermano Friedrich Pockels a que le escribiera una carta a Lord Rayleigh; el resultado fueron varias publicaciones en artículos de la revista Nature, los más importantes para este estudio fueron: *“Sobre la contaminación relativa de la superficie del agua por iguales cantidades de diferentes sustancias (1892)”*, *“Relaciones entre la tensión superficial y la contaminación relativa de las superficies del agua (1893)”* y *“Sobre el derramamiento de aceite sobre el agua (1894)”*; en estos documentos Pockels relató cómo construyó el dispositivo que ella había diseñado para medir la tensión superficial, describiendo el método usado y los hallazgos más importantes, así como sus análisis sobre el comportamiento de sustancias aceitosas como aceite de oliva, canola y almendra sobre superficies de agua.

Comedero rectangular de hojalata de 70 cm. largo, 5 cm. ancho, 2 cm. de altura, se llena de agua hasta el borde, y una tira de hojalata de aproximadamente 1 1/2 cm. colocada a través de ella perpendicularmente a su longitud, de modo que la parte inferior de la tira esté en contacto con la superficie del agua y la divida en dos mitades. Desplazando esta partición hacia la derecha o hacia la izquierda, la superficie de cada lado se puede alargar o acortar en cualquier proporción, y la cantidad del desplazamiento se puede leer en una escala sostenida a lo largo del frente del canal (Pockels, 1891)

Lord Rayleigh publica la carta que ella escribió explicando que “por diversas razones no está en condiciones de publicarlos en revistas científicas y, por lo tanto, adopta este medio para comunicarles los más importantes” (1891). Con un instrumento casero, que se puede denominar la “cubeta de Pockels” se buscaba caracterizar el tamaño de las moléculas y el cambio de la tensión superficial del agua en contacto con sustancias como jabones y aceites, lo que además podía denominarse las impurezas o contaminantes y su interacción con estos.

Al usar un contenedor con inserciones fijas y móviles, buscaba identificar el espacio que diferentes moléculas ocupaban al realizar presión sobre distintas sustancias en agua. La tensión la encontraba usando además un tipo de balanza que estaba hecha de hojalata y que tenía un disco de

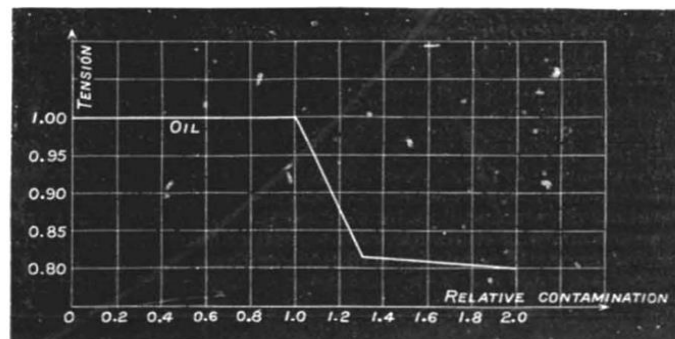
unos 6 mm. Con la aplicación de una fuerza determinada, Agnes logró observar si una capa de aceite era atravesada por la balanza y determinar un tipo de medida. Reconoce dos condiciones en las que puede existir la superficie del agua: el estado normal, en el que el desplazamiento del tabique no influye en la tensión, y el estado anómalo, en el que todo aumento o disminución altera la tensión (Pockels, 1891).

Colocando sobre la superficie del agua una pequeña cantidad de contaminante, consideraba que inicialmente la concentración de este contaminante generaba un efecto aglomerante, pero que a medida que se esparcía, se reduce su influencia, formando una mono capa molecular que no puede volverse más delgada, inclusive si hay más área, por lo que la tensión superficial se mantiene constante.

Cuando se agregaba a un comedero de hojalata un líquido o sólido distinto al agua, la tensión superficial disminuía, debido a que el tabique que dividía el recipiente se desplazaba hacia uno de los lados, hasta que se equilibraba y quedaba nuevamente en un lugar fijo.

Figura 6. Cambio de la tensión superficial del agua con aceite de provenza.

Figura 6. Cambio de la tensión superficial del agua con aceite de provenza



Fuente: Pockels, 1893, p. 153

En la gráfica se muestran los resultados obtenidos por Pockels con aceite de Provenza, aquí la superficie del agua se encuentra contaminada por grasa debido a que con otras sustancias la tensión tiende a comportarse diferente. Esta medida relacionada ahora con la tensión superficial dio como resultado varias publicaciones mediadas por Lord Rayleigh en revistas como Nature, si bien, no tuvo un reconocimiento apropiado por los estándares de la época, su trabajo además es reconocido actualmente en las investigaciones de las monocapas.

Según la gráfica que obtiene Agnes “el hundimiento de la tensión no comienza gradualmente desde el mismo comienzo de la contaminación, pero bruscamente, cuando éste ha llegado a cierto valor, y entonces la caída de la tensión tiene lugar muy rápidamente” (1893, p. 153). Por lo tanto, el interés de esta científica era medir qué cantidad de una sustancia se requiere para que una superficie de agua entre en estado anómalo y determinar el área superficial por una masa de sustancia contaminante (1892, p. 419)

Los hallazgos que logra Agnes es comprobar que la masa requerida para bajar la tensión no es la misma con diferentes sustancias, y, por otro lado, menciona que es probable que no todas las sustancias se esparcen en películas, sólo ciertas sustancias orgánicas parecen ser capaces de formar soluciones superficiales de este tipo, mientras que el efecto de los metales y las sales, anteriormente observado por ella es diferente.

En su artículo sobre el derramamiento de aceite en agua de 1894, comunica los resultados obtenidos al medir el cambio relativo de la tensión superficial con una determinada cantidad de diferentes aceites como oliva, canola y almendras. Colocando en diferentes posiciones el tabique o hoja de hojalata, Pockels logró medir como cambiaba la tensión superficial encontrando un patrón; cuando la superficie contaminada era pequeña, la tensión superficial era baja. A medida que la superficie aumentaba, la tensión superficial alcanzaba un mínimo y luego se volvía constante.

Pockels concluyó que los aceites en cantidades pequeñas no afectan la tensión superficial del agua, pero que puede disminuir, cuando el aceite que interactúa con el agua aumenta, lo que ella determinó en un punto limitado. La depresión de la tensión superficial que puede lograrse con aceite sin purificar no es tan grande, pero sí mucho mayor que la que produce el aceite puro (Pockels, 1894 p. 224).

Colocando sobre la superficie del agua una pequeña cantidad de aceite, inicialmente esta sustancia se encontraba aglomerada, pero a medida que se esparcía, se reducía su influencia, formando una mono capa molecular que no puede volverse más delgada, inclusive si hay más área, por lo que la tensión superficial se mantiene constante.

Con esta publicación, Pockels quería comunicar los experimentos realizados para comprobar la expansión y contracción de las superficies de aceite; además buscaba conocer si en

aguas contaminadas y limpias, los aceites se comportaban de forma similar o distintiva. Agnes buscaba indagar y observar el comportamiento del benzol en estas interacciones, corroborando el espesor de las películas de aceite y su expansión sobre el agua.

Observó que “la tendencia a esparcir, no solo de aceite puro, también del benzol y del petróleo, aumenta cuando se disuelve en ellos ácido oleico, palmítico o esteárico”. Por lo que, los aceites que fueron agitados con alcohol, eliminándose con cuidado los residuos de este, se colocaron sobre la superficie de agua recién formada en un plato pequeño, comprobándose que el aceite no se esparció y una segunda gota depositada en el mismo recipiente permaneció absolutamente inmóvil. Mientras que el aceite sin purificar cubre rápidamente toda la superficie.

Agnes escribió que cuando agitaba varios tipos de aceites con alcohol, la tensión del equilibrio aumentaba y la tendencia a esparcirse disminuía. En el caso del aceite de oliva, hubo poca diferencia entre el aceite purificado y el no purificado. Mientras que, si se disuelve ácido sebáceo en petróleo, esta última muestra una tendencia mucho mayor a extenderse.

La práctica realizada por Agnes Pockels, consiste en hacer que los ácidos grasos del aceite reaccionen con el alcohol, esto se puede interpretar como la pérdida de afinidad química entre esta sustancia y el agua, formando una nueva sustancia que puede poseer menor afinidad por el agua, y esta sería la razón de porque después de mezclarse los aceites con alcohol, hubo un efecto de esparcimiento menor.

Para examinar si el efecto de los ácidos sebáceos sobre la tensión de equilibrio se debe a una disminución de la cohesión del disolvente, he comparado las tensiones superficiales del benzol o petróleo puro y contaminado, y las de los aceites purificados y no purificados. En ningún caso he encontrado que la tensión superficial esté disminuida por el ácido sebáceo, por lo que llegué a la conclusión de que es la tensión interfacial la que está alterada. (Pockels, 1894, p. 224)

Finalmente, Pockels mencionó que todos los aceites se esparcen en una película hasta cierto espesor, que es diferente para los diferentes tipos de aceite, mencionando que:

Aparecen pequeños agujeros en el interior de la película, mientras que la circunferencia de esta última sigue aumentando, y por el aumento gradual del tamaño de los agujeros, la capa finalmente se rompe y se disuelve en pequeñas gotas ¿Por qué el aceite se retira así de la superficie mientras su circunferencia sigue aumentando? (Pockels, 1894, p. 224)

La explicación que brinda es que el aceite se esparce hasta la mínima tensión del aceite puro y que afuera de la película de aceite que se extiende sobre una gran superficie de agua, la tensión de ésta no desciende por debajo de la mínima tensión del aceite puro; es en el interior de los agujeros, una superficie recién formada que se saturaría instantáneamente con aceite, y aquí la tensión, por lo tanto, puede disminuir por el ácido sebáceo.

No obstante, finalizó mencionando que estos fenómenos son bastantes complejos, que la tensión de ninguna manera está determinada por la cantidad de sustancia contaminante en la unidad de área y que hay condiciones que aún deben ser investigadas.

Los aportes de Pockels a la investigación se encuentran por un lado en el ámbito técnico-experimental, gracias a su aparato se obtuvieron las primeras mediciones numéricas sobre el cambio de la tensión superficial del agua con aceite de provenza, obteniéndose un valor constante para sustancias, como el agua. Por otro lado, contribuye en las explicaciones en torno a porque no se esparcen todos los aceites, cree que los aceites desprovistos de ácido oleico no pueden esparcirse sobre el agua, y que, si se purifica aceite con alcohol disminuye su esparcimiento. Las observaciones de Agnes permiten un diálogo con lo observado en la práctica del aceite; “Se esparce en una película coherente hasta cierto espesor, que es diferente con varios tipos de aceite” (Pockels, 1894, p. 224), pudiéndose caracterizar y organizar su interacción de acuerdo con el espesor de la gota de distintos aceites, de la curvatura, de la forma. Así mismo, se establecen una serie de cuestionamientos relacionados con ¿Cuándo Pockels refería el cambio de tensión lo estaba comprendiendo desde la interacción molecular de las dos sustancias? ¿cómo relacionar las interpretaciones de los cambios de tensión con los comportamientos atractivos y repulsivos según la naturaleza del aceite?

4.5.3. Sobre el esparcimiento del aceite y el estudio de las monocapas.

Más de 20 años después, en 1917 Irving Langmuir publicó “La constitución y propiedades fundamentales de sólidos y líquidos”, y allí retoma los experimentos realizados por Agnes Pockels y resume lo obtenido frente a los cambios de la tensión superficial del agua cuando estaba expuesta a diferentes sustancias aceitosas.

Si bien, a primera vista la relación del trabajo de Agnes respecto a lo hidrofóbico e hidrofílico no es evidente, es importante en el momento que la tensión superficial se explica desde

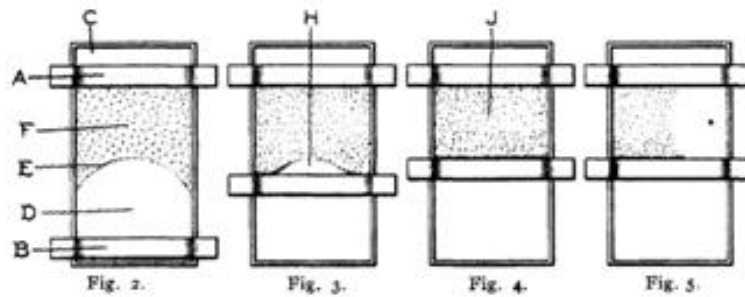
los trabajos de Rayleigh y Pockels en adelante por medio de términos como fuerzas, tensiones, atracciones y repulsiones. Estos conceptos, cobran fuerza en la profundización en curso, debido a, que como explica Szigety “Entre las moléculas de un líquido existen fuerzas intermoleculares de atracción que las mantienen unidas” (Szigety, 2012) al estar el agua interactuando con aceites, las fuerzas que posibilitan esas atracciones entran en una dinámica distinta.

Al considerar desde un orden conceptual este fenómeno, las fuerzas determinan que la organización de los aceites sobre el agua puede orientarse hacia las fuerzas de tensión, pero ¿cómo abordar entonces su relación con lo hidrofóbico? ¿Pueden las fuerzas del agua y aceite en interacción evidenciar afinidad? ¿Cómo comprender la tensión, desde propiedades como la polaridad y comportamientos hidrofílicos e hidrofóbicos?

Langmuir si bien trabajó los sólidos, los líquidos y hasta determinó una ecuación que lleva su nombre gracias a su trabajo con los gases, se enfocó en la interacción entre los aceites y el agua, escribió dos apartados mostrando su interés por “las películas de aceite en agua” y “las causas de la difusión de aceites en agua” dando argumentos basados en afinidades entre moléculas, solubilidad y componentes de sustancias que poseen o no grupos activos.

Para Langmuir, fue importante el trabajo realizado por Marcellin y Hardy, retomando que la interacción de agua y aceites se debe a la atracción entre moléculas, pero haciendo un hincapié en que para ello pueden actuar solo ciertos átomos. Sus prácticas experimentales se basaron en las desarrolladas por Pockels y Lord Rayleigh, usando dispositivos como el que se muestra en la figura 8, el cual consiste en colocar una cantidad muy pequeña de aceite en agua que está contenida en un canal largo y estrecho. El funcionamiento se basa en evitar que el aceite se extienda por toda la superficie mediante tiras de vidrio dispuestas a lo largo de la bandeja y que se apoyan en los bordes. Deslizando las tiras en la bandeja, la cantidad de aceite sobre la que se encuentra el agua puede extenderse o variar a voluntad (Langmuir, 1917, p. 1860).

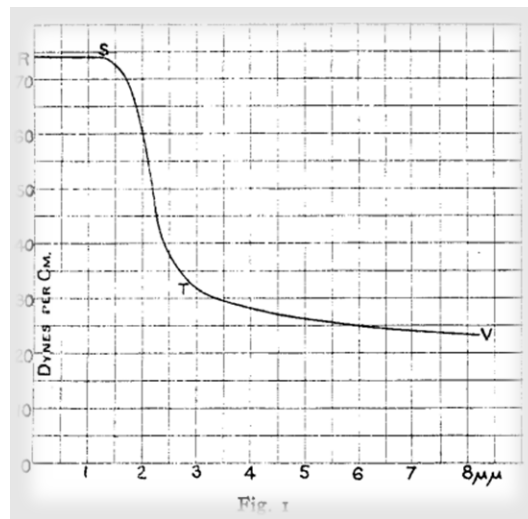
Figura 7. Dispositivo para medir tensión superficial y observar el espesor de las películas de aceite



Fuente: Langmuir, 1917

Rayleigh midió la tensión superficial y observó que a medida que se varió el “espesor” de la película de aceite al cambiar la posición de una de las barreras, la tensión superficial cambió de la manera que se muestra en la figura 8.

Figura 8. Gráfica del cambio de tensión superficial con aceite de ricino



Fuente: Langmuir, 1917.

Langmuir explica que esta gráfica fue obtenida de la experiencia con aceite de ricino, el cual empieza “a tener un efecto apreciable sobre la tensión superficial del agua cuando está presente en cantidad suficiente para formar una capa de $1,3 \times 10^{-7}$ cm de grueso”. Sin embargo, cuando el espesor de la película aumenta más allá del punto S entonces la tensión superficial cae rápidamente (curva S-T). En el trazo T-V hay un cambio lento hasta que se alcanza un valor casi constante. Según Langmuir, Rayleigh atribuye esta ligera disminución a una “falta de homogeneidad” en el aceite, como le menciona en su apartado de “las películas de aceite en agua”

Parecería como si la superficie aún conservase una afinidad por algún ingrediente menor susceptible de ser extraído, aunque saciado en cuanto al ingrediente principal. Con aceite de oliva, Rayleigh encontró que el espesor en el que la tensión comienza a disminuir es de $1,0 \times 10^{-7}$ cm. (Langmuir, 1917, p. 1859)

Langmuir afirma que Lord Rayleigh pensaba que “el punto S corresponde a una capa de una molécula de grosor e implica que el punto T corresponde a una doble capa de moléculas”, no obstante Henri Devaux ha ampliado este trabajo y ha desarrollado métodos experimentales para el estudio de películas de aceite dando claridad a la existencia de películas de aceite mono moleculares.

Langmuir retomó el concepto de monocapas al trabajar con agua y aceites; el instrumento usado por este físico se parecía a las bandejas usadas por Pockels y buscaba medir fuerzas, aquellas que dieran cuenta de cómo el agua se comportaba frente a ciertas sustancias aceitosas, usando un tipo de flotador que podía separar las monocapas del agua. Aquí para Langmuir y para la discusión que llevamos a cabo, se hace importante el concepto de fuerzas, para la comprensión de los aceites interactuando con el agua, profundizando en el comportamiento y efectos de atracción-repulsión o afinidad-interacción química, más allá de postular relaciones desde lo polar y apolar.

Las atracciones de las fuerzas irían de la mano de la explicación de que existe una relación de solubilidad entre el agua y los aceites; este elemento lleva a que Langmuir afirme que los hidrocarburos tengan mayor afinidad entre ellos, más no con el agua en sí. Otro componente actuaría de forma distinta: los carboxilos; tienen mayor afinidad con el agua, debido a su valencia (aspecto retomado de Lewis) y su fuerte interacción, sobre todo con el oxígeno.

Pero quizás de todo esto, lo más relevante del trabajo de Langmuir es lo que llamó una monocapa; y esta obedece a la dispersión de los aceites en agua, es allí donde de forma más visible, gracias al comportamiento del grupo carboxilo se dé una afinidad que de alguna manera no afecta la disposición de los hidrocarburos.

Esta explicación que luego se alimenta de lo observado con la relación del agua y el ácido oleico, da más elementos argumentativos frente a la película (monocapa) que ahora se organizaría de forma tal que los componentes que si son afines al agua se colocan solubles en ella, mientras que los hidrocarburos, se organizan de forma vertical frente al grupo carboxilo.

Los trabajos realizados con ácido oleico le permitieron proponer que cualquier atracción del agua por las moléculas de aceite se manifestaría como una solubilidad del aceite en el agua. Siendo el grupo carboxilo el responsable de una marcada afinidad por el agua. El aceite se esparce porque hay una mayor atracción entre ciertas moléculas del aceite que del agua.

Los trabajos realizados con ácido oleico le permitieron proponer que cualquier atracción del agua por las moléculas de aceite se manifestaría como una solubilidad del aceite en el agua; siendo el grupo carboxilo el responsable de una marcada afinidad por el agua.

Por medio de su montaje experimental se observa una película mono molecular hecha visible por el talco. Por lo que cuando se colocó una gota de ácido oleico de tamaño considerable en un lado de la superficie cubierta de talco inmediatamente la gota de ácido se extendió, empujando hacia atrás la superficie de talco.

Sus experimentos permitieron comprender que las películas de aceite poseen un empaquetamiento o grosor cercano al de las moléculas, por lo que menciona que el ácido oleico se esparce solo hasta cierto punto, sobre un área determinada en el agua. Hecho que se constata experimentalmente, pues la gota de aceite se expande hasta cierto límite, siendo importante el área superficial en la que se deposita la gota.

Langmuir explica que la dispersión del aceite se debe a la presencia de un grupo activo que él llamó **carboxilo**, que puede combinarse con el agua sin causar que las cadenas hidrocarbonadas se separen unas de otras; por lo que propone que un aceite que no posea grupos activos como el aceite parafinado no debería esparcirse.

Por tal motivo Langmuir pensaba que las moléculas de aceite en agua se orientan y empaquetan en la capa superficial para que el grupo carboxilo que está en contacto, se combine con agua, mientras que las colas de hidrocarburo se empaquetan una al lado de la otra y se colocan verticalmente sobre el carboxilo.

Figura 9. Representación de los grupos carboxilos de sus “colas”

Figura 9. Representación de los grupos carboxilos de sus "colas"

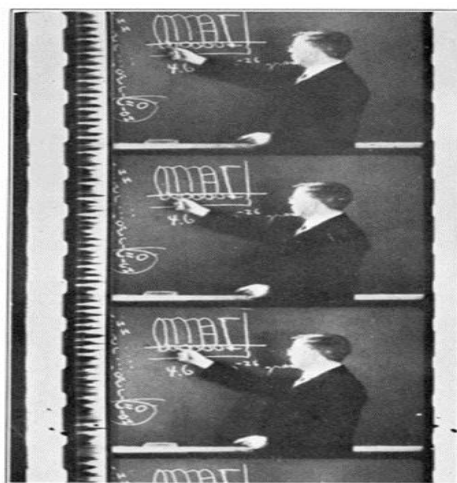


FIGURE 16.—"... THE ACTIVE END, OR CARBOXYL GROUP, SURROUNDING ITSELF WITH WATER JUST AS IF IT WENT INTO SOLUTION."

Fuente: Langmuir, 1931.

Las conclusiones que Langmuir propone frente al grupo carboxilo y su efecto en la interacción agua y aceites, proporciona un punto en común con las autoras, que frente a las prácticas experimentales desarrolladas y ampliadas en el siguiente capítulo, encaminan sus explicaciones a cómo las fuerzas de cohesión y adhesión trabajan a partir de la composición química de los aceites y/o ácidos grasos.

4.5.4. Sobre cómo se organizan y estructuran los aceites en la superficie del agua.

Frente a los experimentos caseros y más elaborados realizados por Langmuir y Pockels, es N. K. Adam quien retoma y hace más visible el desarrollo de las bandejas metálicas en contacto con agua y bajas concentraciones de aceites y ácidos grasos. En su texto *La estructura de las películas de aceite sobre agua*, da un gran protagonismo a lo realizado años antes por sus colegas; por ello, varias de las propuestas y nociones sobre estas sustancias en interacción aquí se retoman y se complejizan.

Durante 1929, Adam se especializó en las monocapas, aspecto que Langmuir había establecido y que había permanecido en el historial científico, hasta que Adam lo retoma y lo visibiliza; reanuda entonces las experiencias de superficies al tope de agua en las cuales caerían con ayuda de pipetas más precisas las gotas de ácidos grasos. Buscó establecer medidas más exactas respecto al espesor de las mismas y comienza por medio de un dispositivo que actuaba

como un flotador a, ejercer presiones o como se denominaba comprimir las sustancias al tener contacto.

Figura 10. Dispositivo adaptado por Adam para la medición de monocapas.

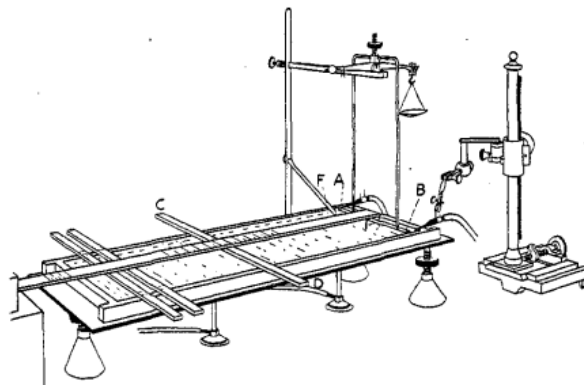


FIG. 1

Fuente: Adam, 1929.

El foco de comenzar las mediciones sobre las fuerzas que actuaban sobre las películas de aceite formadas, que se llamarían posteriormente monocapas, posibilitó entonces que, organizando mejor el montaje, las barreras omitirían fugas de las sustancias, aspecto a revisar desde Pockels y Langmuir, con esto, usando cera de parafina, se dispuso a continuar y probar la interacción ejercida.

Para Adam, la limpieza del contenedor era fundamental, por esto, cualquier agente que resultara contaminante se dirigía a la parte izquierda del montaje, justo cerca de las barreras creadas. Para iniciar las mediciones, primero de orden horizontal, la barrera llamada CD junto con una tira que se muestra como AB, que se ubica como en estado flotante, posibilitan con ayuda de la balanza un movimiento uniforme.

Las observaciones se dirigen entonces al peso de la sustancia y su peso molecular, podía conocer el número de moléculas añadidas en el aceite; su balanza y las fuerzas ejercidas, daban paso a este resultado; Adam consideraba las curvas obtenidas cuando el flotador aplicaba su fuerza en la película, conectando el área por molécula.

Claramente Adam inyectó más elementos a las películas y monocapas, imprimió además en su trabajo; usó aceites que fueran insolubles en agua, buscando reconocer cómo estas al entrar en contacto, interactuaban o se comportaban. Este científico consideró que la flotabilidad dada en

la película aceitosa se respondería tal vez al incluir el concepto flotabilidad, ya que sobre el agua permanecían sin entrar en una disolución.

Denominó que esta característica de la flotabilidad actuaba como una especie de fuerza de empuje y determinó que, las moléculas tenían un espesor de una molécula. Continuando con este trabajo, usó la compresión ejercida en los elementos de su bandeja para entre otras cosas hallar el empaquetamiento que las moléculas evidenciaban. Usó unos 26 acres como medida como un área estándar, y partir de allí, profundizó en su organización, preguntándose si las moléculas tendrían una direccionalidad en su estructura por sobre el agua; resulta así que, al probar con distintos aceites, incluso alcoholes, delimita su dirección perpendicular, lo que lo lleva a pensar y buscar conocer por qué se daría esto.

Frente a los intereses propios en la profundización, Adam propone desde la polaridad de las sustancias la discusión si es por la condición polar del agua con la no polar de los aceites, la razón del comportamiento de sus moléculas. Concibe así que, la parte polar de la molécula debe ir direccionado hacia el agua, adjudicando posibles acciones de carácter soluble justo en dicho extremo.

Siguiendo con los mecanismos de interacción, y volviendo a lo que denominó empaquetamiento, Adam (1929) postula un modelo gráfico para ello:

Figura 11. Representación gráfica de la estructura de una monocapa de aceite.

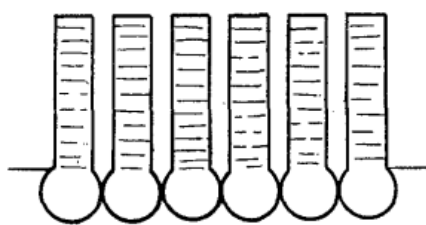


FIG. 3

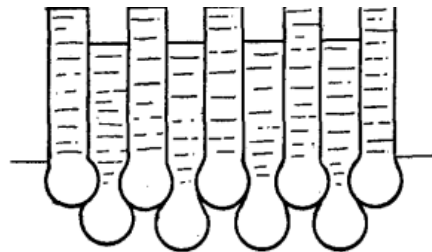


FIG. 4

Fuente: Adam, 1929.

Aquí, la disposición de las moléculas se debe a un grupo en la parte final de las mismas, que posibilita pensar que las cadenas no estarían en un contacto real, sino que las cabezas podrían agruparse en los espacios que encuentren para ello. Esto siempre y cuando estén bajo presión, presión que él ejercía en su bandeja. ¿Cómo determinar si esto ocurre sin la intervención de la

bandeja desarrollada por Adam? ¿Cómo estas cadenas propuestas por el autor podrían dar cuenta de las primeras nociones respecto a lo hidrofílico e hidrofóbico?

Las autoras consideran que Adam tuvo un papel fundamental, no sólo en hacer mucho más visible lo trabajado por Pockels y Rayleigh, sino que se atreve a modelar explicaciones respecto a cómo las moléculas de las sustancias se organizan; si bien, desde Franklin se dieron visos de explicaciones, estas últimas dan cuenta de elementos que son más cercanos a lo hidrofílico e hidrofóbico, es Adam quien hace visible el camino de conexión entre estas nociones y lo que hoy se enseña de manera muy puntual a nivel escolar.

Retomando el discurso de Adam, este propone que dicho empaquetamiento se debe al grupo Hidroxilo, y, además, que las películas formadas en forma de capa, para el complemento de sus investigaciones, iría de la mano con el cambio de temperaturas en la práctica. Las autoras toman distancia de las variables de temperatura, ya que no son parte de su foco de investigación, pero no se omiten, ya que los aspectos térmicos dan paso a cuestionamientos que darían cuenta de cómo los cuerpos y sustancias varían en sus comportamientos, sin embargo, desde la propuesta inicial de profundización y práctica experimental no se manipularon factores térmicos.

La cohesión, aspecto relevante en estas discusiones, toma fuerza aquí debido a que los hidrocarburos presentes en los aceites sean los responsables de este comportamiento. Respecto a la temperatura, al parecer podía afectar a las películas al aumentar la velocidad en que sus películas colapsaban.

Otra perspectiva se dirige al aumentar la temperatura la expansión podría aumentar también, pero no a tal punto como cuando se vaporiza un líquido. Caracterizó más tarde que las películas que se expandían eran gases bidimensionales; pero en este apartado Adam no se detiene mucho.

La cohesión, la flotabilidad, lo referido a polar y apolar, y sobre todo las fuerzas entre moléculas tuvieron trascendencia gracias a lo trabajado por Franklin, Pockels, Langmuir y Adam, claro está, que posteriormente, el trabajo fue desarrollándose a la par de cómo se integraban en capas y luego incluso organizaciones más complejas como doble capas de aceites.

Las autoras toman una posición respecto al trabajo de Adam y se acercan más a que su propia explicación se liga a cómo los ácidos grasos en los aceites, de acuerdo a su composición pueden posibilitar acercamientos a los comportamientos hidrofóbicos e hidrofílicos, ya que, consideran que el grupo Carboxilo es esencial para que los aceites se esparzan o se mantengan en su forma circular, donde la cohesión se hace evidente.

Langmuir por su parte presenta puentes donde el diálogo desde su perspectiva se presta a los intereses de las autoras, si bien, se tiene presente que los montajes mismos y el discurso fue modificándose, se tiene claro que la labor de Pockels es relevante.

En este punto, es innegable que los aportes del estudio histórico generaron herramientas valiosas que posibilitaron comprensiones de cómo se proponen actividades experimentales, montajes y propuestas de modelos, que dan cuenta de los intereses particulares de cada científico. Si bien cada uno aborda un fenómeno en particular, ya sea el de la tensión superficial, el del tamaño molecular de las capas de aceite o de flotabilidad, los aportes de sus publicaciones configuraron el fenómeno de estudio de esta investigación. Los comportamientos hidrofílicos e hidrofóbicos están direccionados a las explicaciones conceptuales realizadas principalmente por Pockels, Langmuir y Adam, pues se destacan tres elementos que pueden ser soporte para construir las explicaciones de los comportamientos hidrofílicos e hidrofóbicos:

-Los aceites se organizan de forma que los grupos afines al agua quedan en contacto con ella y los que no son afines, se ubican de forma perpendicular, haciendo visible la expansión de la capa de aceite por sobre el agua.

-La composición o naturaleza de los aceites determina su esparcimiento sobre el agua, por ejemplo, si es un aceite que no posea una valencia secundaria, denominada así por Langmuir, su expansión será limitada o no habrá.

-Las fuerzas intermoleculares presentes en el agua y los aceites proporcionan una explicación relevante para las autoras, en tanto que la fuerza de cohesión posibilita una organización en las sustancias, haciendo no sólo que la forma de la gota permanezca esférica en pro de mantener sus fuerzas atractivas respecto al agua, sino que posibilita la comprensión de las extensiones, la alta y baja tensión superficial evidente en las concavidades formadas de las gotas

o de los fragmentos que aparecen en aceites que estaban conformados por mezclas de ácidos grasos, y que se separan de acuerdo a la afinidad que tienen por el agua.

Esto conllevó a poder adentrarse en propuestas que a pesar de que fueran de décadas y siglos anteriores, enriquecieron no sólo la comprensión del fenómeno de la interacción agua y aceites, sino que hizo evidente un foco de explicativo respecto al comportamiento de las moléculas de ambas sustancias cuando entran en contacto. Hay que reconocer que hay situaciones diferenciadas, y que, de acuerdo con dichos comportamientos, el agua y el aceite pueden dar cuenta de lo que se conoce como lo hidrofílico e hidrofóbico, ampliando la forma en como estos pueden comprenderse.

Por ello se plantean las siguientes preguntas que guiarán el desarrollo experimental y servirán de apoyo para la construcción de explicaciones de los comportamientos hidrofílicos e hidrofóbicos: ¿Qué elementos de la composición química de los aceites son relevantes para comprender sus interacciones con el agua? ¿Cómo hilar relaciones desde el papel del grupo carboxilo para poder comprender los comportamientos de agua con distintos aceites? ¿Cómo posibilitar la construcción de explicaciones de lo hidrofóbico e hidrofílico a partir de la cohesión de los líquidos? ¿Qué papel desempeñan las autoras en una propuesta de aula en la construcción de explicaciones sobre lo hidrofílico e hidrofóbico?

5. Actividades experimentales

La actividad experimental es una forma de proceder, de construir conocimiento y de formulación de preguntas que, con elementos como la observación, la generación de hipótesis, la manipulación de variables, etc., posibilita la construcción de conocimiento y de adquisición de varias habilidades que como docentes de ciencias y para los estudiantes resultan muy importantes en el estudio de fenómenos naturales.

Es importante además considerar que una perspectiva fenomenológica como la que se desarrolló en este proyecto va de la mano con la actividad experimental, ya que proporciona un cuestionamiento a partir de las actividades desarrolladas, propicia espacios para organizar el fenómeno por medio de las cualidades observadas y brinda la oportunidad de formalizar dichas explicaciones para la comprensión de los comportamientos hidrofílicos e hidrofóbicos.

A partir de esto, las autoras desarrollaron prácticas para profundizar en el estudio agua-aceites. Con miras a ampliar las experiencias, se observa la interacción de las sustancias, y se profundiza a través de las formas como las sustancias se expandían, contraían, formaban fragmentos o permanecían con formas establecidas todo el tiempo. A causa de estos comportamientos observables, de la organización de la gota al entrar en contacto con el agua y de las particularidades de cada aceite se puede construir explicaciones para estos comportamientos.

Es relevante mencionar que las prácticas se realizaron, además, para poder dialogar con los autores que desde el estudio histórico crítico aportaron con sus nociones, propuestas experimentales y teóricas, respecto a la forma como aceites y agua interactúan, promoviendo espacios de reflexión, para encontrar caminos similares y confrontar lo observado por cuenta propia con lo observado por ellos, en su momento con tecnologías de su época.

A continuación, se muestra de forma sintética lo desarrollado por las autoras en cuanto a las prácticas experimentales:

Tabla 3 Recuento de actividades experimentales

ACTIVIDAD EXPERIMENTAL	PROPÓSITO	ELEMENTOS CLAVES	APORTES AUTORES
Gotas de distintos aceites sobre superficies de agua en plato.	Observar e identificar el comportamiento de cinco aceites en agua: Mineral, ricino, canola, oliva y ácido oleico.	Los aceites presentan distintos: <ul style="list-style-type: none"> -esparcimientos; se expanden o contraen -formas circulares o irregulares -curvaturas cóncavas, convexas y planas. -Fases: No varían con el tiempo o se caracterizan por presentar momentos distintos en el esparcimiento sobre el agua. 	Faraday- Distinción entre afinidad y cohesión. -Franklin: Fuerzas repulsivas y de no adherencia. -Pockels: Organización heterogénea de los aceites (aparición de agujeros)
Construcción de un sistema de interacción entre agua y aceites.	Caracterizar la interacción de 5 aceites con agua, en una superficie delimitada, mismo volumen de agua y añadiendo Maicena, buscando reconocer cómo las fuerzas cohesivas se comportan.	-Se caracterizan cuatro fases en el aceite de Oliva: Expansión, fragmentación, unión y segmentación -Diámetro final: Canola:7mm, ácido oleico: 6 mm, mineral: 5 mm, oliva; 17 cm, ricino: 9.5 cm, -La organización de cada gota de aceite puede estar relacionada con los comportamientos hidrofílicos e hidrofóbicos: Una parte puede observarse por debajo del agua mientras otra queda por fuera de la superficie.	Langmuir: grupos activos (carboxilo) y naturaleza química de los aceites. Pockels: fragmentos de tamaños distintos, con formas irregulares dan cuenta de fuerzas de cohesión débiles y una menor tensión superficial. Adam K: Organización estructural de los ácidos grasos.

<p>Agua sobre aceite</p>	<p>Identificar cómo interactúa el agua con 5 distintos aceites, colocando como base las sustancias aceitosas, buscando caracterizar cambios respecto a la práctica # 1 y 2.</p>	<p>Las gotas de agua presentaron: alta cohesión, bajo esparcimiento, curvatura cóncava, forma esférica, no hay unificación de gotas de agua. -La tensión superficial de la gota de agua es mayor, que en los aceites con grupos activos se observa una curvatura convexa, con respecto a la superficie del aceite. -El aceite se comporta como una especie de membrana elástica.</p>	<p>Faraday: Fuerzas cohesivas en sustancias de la misma naturaleza. Franklin: Fuerzas repulsivas por sustancias de distinta naturaleza. Pockels: Los aceites en pequeñas cantidades no afectan la tensión superficial del agua. Langmuir: Composición uniforme del aceite mineral y la ausencia de grupos activos</p>
<p>Globo y chorro de agua vs globo y chorro de aceite</p>	<p>Observar y reflexionar sobre los efectos que tienen el aceite de oliva y el agua, cuando se acercan a un cuerpo electrificado.</p>	<p>-Polaridad en términos de composición -No se observa una interacción significativa entre un globo electrificado y el aceite de oliva. -El agua posee propiedades eléctricas notorias que hacen que se desvíe la trayectoria al acercarse un cuerpo cargado</p>	<p>Lord Rayleigh:- Efectos entre agua y agua jabonosa en contacto con un cuerpo electrificado. -Franklin: Repulsión entre cuerpos electrificados. -Langmuir: diferencia en la composición y en la estructura de las sustancias.</p>
<p>¿Cuántas gotas de aceite son un mililitro?</p>	<p>Organizar el fenómeno del esparcimiento de una gota de cinco tipos de aceites sobre una superficie de agua</p>	<p>¿A mayor esparcimiento, menor grosor de la gota y por ende mayor atracción al agua? ¿A mayor grosor de la gota, menor esparcimiento y por ende mayor repulsión? -Se toma el valor en masa de cada aceite, y se mide el diámetro de la gota, para posteriormente, con la fórmula del volumen de un cilindro, calcular la altura o espesor de la capa de los cinco aceites que se extienden sobre el agua. -La relación entre el grosor de las gotas de los aceites y su capacidad de perder la cohesión o aumentarla.</p>	<p>Rayleigh: determinó experimentalmente con la cantidad de aceite y el volumen, el grosor de la película de aceite.</p>

Fuente: Elaboración propia, 2023

5.1. Prácticas experimentales: Caracterización de la interacción del agua y distintos aceites.

Las siguientes prácticas experimentales se realizaron con el fin de observar el comportamiento de cinco aceites con el agua, permitiendo una caracterización de cómo se da la interacción de estas sustancias en 4 diferentes escenarios.

Es importante establecer los parámetros teóricos bajo los cuales se basaron los análisis de estas prácticas, por ello, a continuación, se especifican para que la comprensión del fenómeno sea clara, resaltando las fuentes que proporcionaron conceptos relevantes como los suministrados por Faraday, Pockels, Langmuir y Rayleigh.

La cohesión se comprende como la fuerza que se da entre los líquidos utilizados (agua y aceites), se caracteriza por la atracción que posibilita a las sustancias mantenerse unidas; en estas prácticas, se hace relevante la cohesión en tanto los aceites pueden comportarse de forma expansiva o de retracción al estar en contacto con el agua.

Si esta cohesión disminuye, se asume que el comportamiento de los aceites así mismo varía respecto a su interacción con el agua, por ejemplo, si un aceite se expande, se interpreta que las fuerzas cohesivas disminuyen su atracción, lo que ocasionaría la expansión de la sustancia. Estas fuerzas favorecen la comprensión de propiedades que tienen las sustancias, una específica en el estudio de la interacción agua y aceite, es la tensión superficial.

Los referentes que se consideraron para determinar la comprensión de la cohesión o repulsión de las moléculas fueron: Faraday, *Las fuerzas de la materia: e historia química de una vela*, publicado en 1860, así como los estudios realizados por Agnes Pockels en sus trabajos sobre la contaminación relativa de la superficie de agua por cantidades iguales de sustancia (1892) y sobre el esparcimiento del aceite en agua (1894), Lord Rayleigh e Irving Langmuir, quienes, gracias a sus prácticas experimentales y publicaciones, posibilitaron explicaciones respecto a capas aceitosas, interacciones de agua con distintos aceites y el principio de tensión superficial.

La tensión superficial desempeña un papel importante en estas prácticas experimentales y en sus análisis, por ello, el trabajo desarrollado por Agnes Pockels es base conceptual de cómo se interpreta lo que sucede con los aceites al interactuar con el agua.

La tensión superficial dependerá de la naturaleza de las sustancias, es la fuerza que actúa en la superficie de un líquido y tiende a minimizar el área superficial de este, resultado de las

fuerzas de cohesión de sus moléculas; dicha tensión se comporta de tal manera que las moléculas que están al interior de la sustancia se atraen entre sí en todas las direcciones, mientras las que se encuentran en la superficie suelen atraerse por aquellas que se hallan debajo de estas, conformando una capa que permite distinguir los aceites del agua si estos no se expanden, o por el contrario una capa casi imperceptible cuando los aceites se esparcen, reduciendo su tensión superficial. Sin embargo, esta tensión se ve alterada en mayor o menor medida de acuerdo al tipo de aceite y a la interacción que se establezca con el agua, esto conlleva a la búsqueda de explicaciones de acuerdo a la naturaleza química de los aceites, posibilitando la interpretación de los comportamientos observados en las sustancias estudiadas.

Sobre esto, las autoras se remiten a lo postulado por Langmuir: “Cuando el químico considera las fuerzas que actúan entre átomos o moléculas, no los considera fuerzas de atracción entre los centros de las moléculas, pero piensa más bien en la naturaleza específica de los átomos que forman las moléculas y la manera en el que estos átomos ya están combinados entre sí. Él piensa en moléculas como estructuras complejas, cuyas diferentes partes pueden actuar completamente diferente hacia cualquier reactivo dado (Langmuir, 1917, p. 185).

Frente a ello, las explicaciones de las prácticas experimentales estuvieron basadas en las distintas composiciones que los aceites tienen y cómo esto posibilitó comportamientos observables en la organización de las sustancias al interactuar; por ejemplo, en la expansión, la formación de concavidades, la no expansión de los aceites y las formas esféricas o irregulares que se evidenciaron.

Retomando a Vite, la tensión les da cierta rigidez a los líquidos, considerando que tengan por lo general una superficie mínima que esté expuesta, las fuerzas de cohesión son entonces las responsables de que los líquidos puedan tomar formas esféricas o formas irregulares, según sea la situación, las esféricas dan cuenta de mayor cohesión entre las moléculas de la sustancia en particular, mientras que aquellas que pierden esta figura, suelen esparcirse, evidenciando menor fuerza de cohesión.

Cabe anotar que Pockels trabaja con aceites similares y configura explicaciones respecto a grasas y agua en condiciones de comportamiento al interactuar en distintas superficies. Aquí la intención no es emular sus prácticas sino tomar como referencia sus explicaciones como base argumentativa frente a los análisis resultantes de las prácticas aquí descritas.

Por otro lado, los análisis que surgen de las actividades experimentales contemplan la gran distinción entre los conceptos de afinidad química y cohesión, aspecto trabajado por Michael Faraday en su memoria “Cohesión, afinidad química”, en este, se destaca que el autor distingue:

Vemos ahora que el agua se compone de dos clases de partículas que se atraen mutuamente en una forma muy diferente a la de la gravitación o de la cohesión. A esta nueva fuerza la llamaremos afinidad Química, o fuerza de la acción química entre diferentes cuerpos. Ya no estamos tratando de la atracción del hierro por el hierro, o del agua por el agua, de la madera por la madera o de los cuerpos semejantes entre sí -como cuando hablábamos de la fuerza de cohesión; tratamos de otro tipo de atracción, la atracción entre las partículas de naturaleza diferente. La afinidad química depende por completo de la energía con la cual las partículas de diferentes especies se atraen mutuamente (Faraday, 1860).

A partir de esta diferenciación, se toma distancia de la afinidad química, para centrar el estudio en las fuerzas de cohesión, debido a que las sustancias trabajadas, no formarán ni participarán en el desplazamiento de componentes para dar sustancias nuevas, sino que poseen características y/o propiedades que posibilitan su comprensión al interactuar y comportarse de maneras particulares; por ello, se tienen en cuenta las fuerzas de atracción entre las mismas sustancias para poder analizar cómo reaccionan al entrar en contacto distintos aceites con el agua, que después del tiempo siguen siendo las mismas sustancias iniciales (no se mezclan, no reaccionan).

Considerando lo anterior, los hallazgos y análisis estuvieron centrados en las fuerzas de cohesión y de tensión superficial, ya que tienen una relación directa desde lo conceptual con las observaciones y prácticas experimentales llevadas a cabo, esto con miras a poder construir explicaciones sobre los comportamientos hidrofílico e hidrofóbico, desde una perspectiva fenomenológica.

5.2. Práctica experimental No 1. Gotas de distintos aceites sobre superficies de agua en plato.

Para la primera practica se tenía como objetivo observar e identificar comportamientos de cinco distintos aceites en agua: Mineral, ricino, canola, oliva y ácido oleico. Para el desarrollo de esta práctica se escogieron los siguientes parámetros: usar un mismo recipiente, verter una gota de

aceite sobre una cantidad de agua que ocupe el volumen total del contenedor, sin embargo, no se estableció una cantidad determinada de agua.

Esta primera actividad experimental permitió realizar observaciones, descripciones e identificar aspectos relevantes en la interacción de las dos sustancias.

Aceite mineral: La gota que se vertió no presentó expansión, la forma circular que posee inicialmente no se perdió, permaneció en el mismo lugar donde cayó y no se evidenció desplazamiento por sobre la superficie de agua. Se observó una curvatura cóncava respecto a la superficie del agua, pues cuando se dio una mirada horizontal, se identifica que sobresale.

La gota mantuvo su cohesión, se caracterizó de esta manera porque la forma circular se mantuvo durante la observación, al añadir más gotas, no se unieron entre sí. La cohesión de sus moléculas fue tan fuerte que entre ellas no se dio espacio para deformarse y hacer una nueva unión con moléculas del mismo tipo.

Figura 12. Aceite mineral sobre agua



Fuente: Elaboración propia, 2023

Análisis: Esta sustancia al no evidenciar un comportamiento de expansión, puede ser explicada a partir de fuerzas de cohesión entre las moléculas del mismo aceite y con relación a su comportamiento con el agua. La tensión superficial mediada por las fuerzas intermoleculares, en este caso, se reflejó por medio de la continuidad de la forma de la gota de aceite, ya que esta no se distorsionó; al permanecer circular, la gota no se expande, es decir, la fuerza de cohesión entre las moléculas del aceite mineral es tan fuerte que su forma no varía.

El área superficial de este aceite no varía, por ende, tampoco su volumen, esto se considera, retomando los aspectos que Vite propone, la gota permanece con un diámetro igual a la inicial, no se esparce, no modifica su forma, (Vite, 2014)

Esto, debido a que no se evidenció esparcimiento por sobre el agua y porque la forma de la gota, siendo circular y al no expandirse, continuó siendo la misma; se puede considerar que la única interacción del aceite con el agua se da en el contacto de la base de la gota y la superficie del agua, pero allí, las fuerzas de cada sustancia al parecer son tan fuertes entre ellas, que no posibilitan una interacción mayor con la otra sustancia.

Su forma cóncava parece una capa o membrana que se encapsula en sí misma evitando que se mezcle con el agua o por lo menos se expanda sobre esta.

Aceite de ricino: Al caer la gota se evidenció una expansión al instante, pero después de un tiempo, se detuvo este comportamiento, quedó estática. Se expande al punto de ser poco visible respecto a la superficie del agua. Cuando se vertió, se observó un efecto de rompimiento, que se interpreta como un efecto de vencimiento de las fuerzas que mantenían unido al aceite, se observa como si se estuviera expandiendo desde el centro de la gota hacia afuera, pero conservando su forma.

El cuerpo aceitoso presentó también una fragmentación, se evidenció gotas más pequeñas dentro de la inicial. Esta expansión cabe resaltar, se dio al momento de verter la gota sobre la superficie acuosa y después de un tiempo aparecen dichas fragmentaciones; la forma de la gota expandida continuó con una forma circular durante el tiempo de observación.

Figura 13. Aceite de ricino sobre agua



Fuente: Elaboración propia, 2023

De los aceites estudiados, este es el que más se diluyó, esto quiere decir, que, en la observación, la capa de aceite se hizo más difícil de distinguir por sobre la superficie del agua. La formación de pequeños fragmentos dentro de la gota inicial, al expandirse posibilitó desde su interacción con el agua, comprender que, si el aceite se fragmentó en formas circulares, es debido a una posible modificación en su organización.

Análisis: Esta sustancia al interactuar con la superficie del agua evidenció una expansión que va en constante crecimiento, a partir de esta observación, se plantea que las fuerzas de cohesión del aceite son menos fuertes, comparadas con el aceite mineral, ya que la forma de la gota varió de tamaño, así como su diámetro. Al entrar en contacto con el agua, este aceite demostró poca cohesión en sus moléculas y su área superficial fue en aumento, su volumen al parecer se incrementó de igual forma. Se constituye entonces por sobre la superficie ya cubierta por el aceite, una capa muy delgada que no presenta concavidades, más bien se caracteriza como lisa.

Esto posibilitó interpretar que predominan las fuerzas atractivas en el aceite, ya que se esparce, pero tiene un límite, además la forma circular se mantuvo a lo largo de la observación. Esto fue observado por Pockels y Langmuir, quedando mencionado que la gota de aceite se expande hasta cierto límite.

Al igual que en la anterior experiencia, el aceite se caracterizó como una delgada monocapa que se comporta de manera flexible sobre la superficie del agua y que se dispuso de forma tal que parece que la tensión superficial que ejerce el aceite no fue suficiente para romper la tensión superficial del agua. Las moléculas de agua tienen evidentes fuerzas de atracción entre sí. En la superficie del agua, las moléculas están atraídas hacia los lados, lo que crea una capa superficial fuertemente cohesiva.

Esto, considerando los elementos que Vite da respecto a cómo se disponen las moléculas de los líquidos, las cuales tienen una tendencia a organizarse de acuerdo con las fuerzas que ejercen las moléculas de la superficie, que se atraen con aquellas que se encuentran debajo y en los costados (Vite, 2014) se conecta con la observación del aceite respecto a su tensión superficial, ya que al expandirse esta disminuye, pero aun con este comportamiento, no pierde su forma circular, lo cual puede dar paso a nuevas preguntas sobre, ¿qué posibilitó que el aceite se expandiera? ¿Por qué tuvo un límite?

Aunque las moléculas de agua y aceite no son muy afines entre sí, todavía se evidenció cierta adhesión entre ellas; esto significa que las moléculas de agua tienden a atraer las moléculas de aceite hacia su superficie, observándose la expansión del aceite, que permanece con una forma circular y tiene un límite.

De acuerdo con las fragmentaciones que se observaron en el aceite de ricino, se indaga sobre su composición química, debido a que se cree que este es una mezcla de distintos ácidos grasos.

El aceite de ricino está constituido por 18 carbonos, en un 87% por el ácido ricinoleico, el cual tiene una insaturación en el carbono nueve (9), posee tres grupos hidroxilos, los cuales proporcionan una cualidad polar adicional al grupo carboxilo. Al tener menor proporción de los otros ácidos grasos (3-4 % ácido oleico y ácido linoleico (5-8%) se determina que el esparcimiento que tiene este tipo de aceite se debe a que contiene varios grupos activos (Carboxilo e hidroxilo) que, al interactuar con el agua demuestran una expansión inmediata pero limitada, pues mantiene su forma circular.

Después de un tiempo se evidenciaron fragmentaciones al interior de la gota, que mantuvieron una forma circular y regular; esto demostró que al igual que en el aceite de oliva, que se describirá posteriormente, al interactuar con el agua, se separaron los diferentes ácidos grasos que lo componen, posibilitando una organización heterogénea, con un borde caracterizado por fragmentaciones muy pequeñas que mantienen formas circulares.

Las fuerzas de cohesión de los distintos ácidos que componen este aceite proporcionaron una caracterización en donde la expansión fue evidente, pero al tiempo, la naturaleza del ácido ricinoleico, permitió, gracias a su composición basada en triglicéridos, la evidente expansión observada al contacto con el agua.

Retomando a Langmuir, al tener tres de estos grupos activos de ácido, su sección transversal ocupa un área tres veces mayor que la del ácido oleico, lo que demuestra que tres cadenas, dispuestas una al lado de la otra, cada una sujeta por un extremo activo en la superficie del agua, aumentan el área (Langmuir, 1931). Esto quiere decir que, al contener mayor número de grupos activos en su estructura, su esparcimiento es mayor sobre la superficie del agua.

Aceite de oliva.

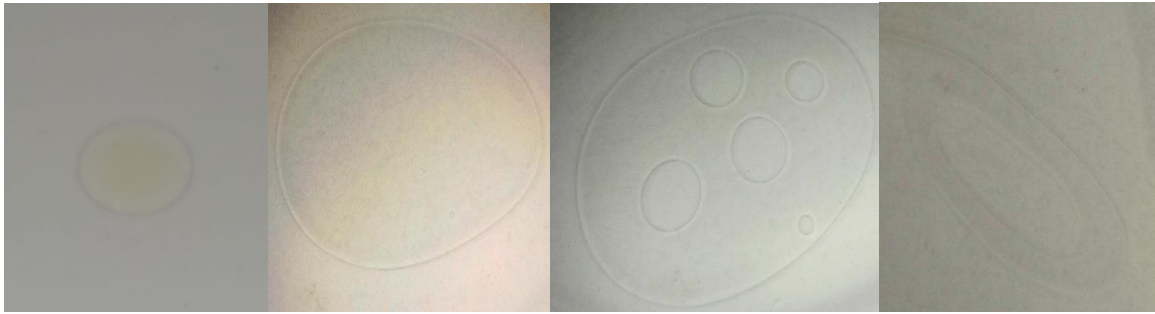
Al entrar en contacto con la superficie del agua, la gota se expandió, la forma inicial circular se pierde, tomando forma irregular a medida que se esparce por el plato. Este aceite presentó, además, fragmentación de la gota inicial a unas más pequeñas, que se desplazaron por la superficie, estas se fueron agrandando y tiempo después (10 minutos), aumentaron su tamaño, reduciendo el número de fragmentos, los cuales mantuvieron formas irregulares.

Inicialmente los fragmentos de esta sustancia en formas esféricas aparecieron en los límites de la superficie del aceite, pero luego comienzan a crecer de tamaño. Parece que una gota de aceite logrará dividirse en más de cien partes. Posteriormente los fragmentos comienzan a crecer y a unirse dejando de ser cien fragmentos, para quedar unos pocos. La gota no se expande más aun teniendo más espacio dentro del plato. Finalmente se fusionan todos los fragmentos de aceite, formando una película en la superficie en la que se puede distinguir un borde y un centro.

Como postulaba Pockels, “Ahora consideremos el comportamiento del aceite común. Se esparce en una película coherente hasta cierto espesor, que es diferente con varios tipos de aceite. Entonces aparecen pequeños agujeros en el interior de la película, mientras que la circunferencia de esta última sigue aumentando, y por el aumento gradual del tamaño de los agujeros, la capa finalmente se rompe y se disuelve en pequeñas gotas” (Pockels, 1894, p. 224)

De acuerdo con este comportamiento observable, las autoras encuentran una explicación similar que se enmarca en la existencia de distintos ácidos grasos en la constitución del aceite de Oliva, si este fuera un aceite puro, probablemente no se organizaría en forma de fragmentos como los que fueron visibles en la práctica. Aquí cada componente del aceite hace variar las tensiones que se manifiestan en la organización de las sustancias, por ejemplo, al esparcirse, los fragmentos con tamaños menores en la gota extendida, se interpretan como que sus fuerzas de cohesión son mayores, mientras que los fragmentos grandes, demuestran que las fuerzas cohesivas son menores, ya que es allí donde el ensanchamiento es mayor, se pierde además la forma esférica y el desplazamiento del aceite es constante en el tiempo de observación.

Figura 14. Aceite de oliva sobre agua



Fuente: Elaboración propia, 2023

Las observaciones, descripciones y registro fotográfico posibilitan caracterizar el esparcimiento del aceite de oliva en cuatro fases: Expansión, fragmentación, unión y segmentación.

La poca fuerza de cohesión se hizo más evidente, la rápida expansión de la gota sobre la superficie del agua posibilitó esta caracterización. La cohesión se perdió al momento que la atracción de las moléculas disminuyó al entrar al contacto con las moléculas del agua, entre la misma sustancia, la repulsión entre moléculas se evidenció además por la pérdida de la forma esférica que se transformó en toda la observación a distintas figuras irregulares.

Análisis: De los aceites observados, es este, el que demostró mayor dispersión, así mismo se hizo evidente al perder la forma circular de la gota. Este aceite, además, demostró una rápida expansión por sobre la superficie de agua; al instante de verterse, se esparció obteniendo formas irregulares que permanecieron en toda la observación.

El aceite de oliva así evidenció poca cohesión, lo cual, considerando los demás aceites observados, posibilitaron una nueva organización. La fragmentación observada, se debió a que el aceite de oliva no es una sustancia pura, es una mezcla de ácidos grasos.

El aceite de oliva está constituido por diferentes sustancias como: ácido oleico, ácido palmítico, ácido linoleico y triglicéridos (Pérez, 2023); estos posibilitaron una reacción distinta, ya que cada componente al interactuar con el agua desempeñó un papel importante en cómo se organizaban las moléculas respecto a su cohesión.

Cabe resaltar que los hidrocarburos hacen parte importante de este aceite, lo cual afectó la disposición de las moléculas al entrar en contacto con el agua. Para caracterizar los componentes

del aceite de oliva, se tuvieron en cuenta sus principales propiedades químicas, por ejemplo, la presencia y cantidad de insaturaciones, así como del grupo funcional carboxilo, considerando además las características propias de los ácidos grasos (cantidad de carbono).

El ácido oleico, compuesto por una cadena de 18 carbonos, con un doble enlace en el carbono número 9, permitió su caracterización como un ácido mono insaturado que posee cierta rigidez a nivel estructural; al ser insaturado, este doble enlace proporcionó fuerza entre las moléculas, con longitudes de enlaces menores que en los enlaces simples entre los átomos de carbono.

Esto significó que las moléculas con enlaces dobles tuvieron una cohesión intermolecular más fuerte, lo que se interpretó como cuando las moléculas que se encuentran atraídas entre si están unidas por ángulos de enlace más cortos, permitiendo mayor fuerza de cohesión entre las cadenas carbonadas. Así mismo, los ácidos grasos insaturados presentan disposiciones estructurales lo que hace que su organización sea más rígida, proporcionando comportamientos de ligeras atracciones, que fueron evidentes en los fragmentos que se establecieron dentro de la gran gota de aceite expandida.

Así como menciona Langmuir, “la molécula de esta sustancia contiene, además del hidrocarburo cadena, dos factores distintivos: el grupo carboxilo y el doble enlace. La marcada diferencia entre los puntos de congelación y otras propiedades de los ácidos oleico y esteárico sugiere que el doble enlace puede desempeñar un papel importante en la dispersión de los aceites en el agua. (1917, p.1864). Es así que, se reconoce que la naturaleza química de la sustancia es factor importante para que un aceite se expanda o no, poseer un gran número de grupos activos como los carboxilos o los dobles enlaces, aumentan el área de expansión.

El ácido palmítico, compuesto por 16 carbonos, se caracterizó por su condición de ácido saturado, esto proporciona cualidades a las observaciones obtenidas frente al comportamiento del aceite. Los enlaces simples que se presentan en su composición química permitieron una explicación en la que se propone que sus fuerzas de atracción son fuertes, comparadas con los otros ácidos grasos presentes. A partir de esto, se caracterizó que este ácido en particular permitió una interacción distinta en el sistema aceite de oliva con agua; ya que, a diferencia del ácido oleico, sus enlaces pudieron promover una expansión menor, debido a que posee una menor cantidad de grupos activos en su estructura, formando entonces, fragmentos en la superficie de la gota inicial de tamaños diversos.

Respecto al ácido linoleico, se caracterizó como un ácido graso omega-6 poliinsaturado, se encuentra unido a un grupo carboxilo, además, está constituido por 18 carbonos, presenta en su estructura 2 dobles enlaces que proporcionan en esta caracterización elementos importantes para poder explicar la dispersión del aceite de oliva. Resaltando, lo mencionado por Langmuir en (1920) que menciona que las áreas cubiertas por los aceites o grasas son proporcionales a el número de grupos activos presentes.

Los dobles enlaces presentes en el ácido poliinsaturado permitieron la organización espacial de la cadena así, se pudo entonces caracterizar a este ácido como un componente que brinda más fluidez al sistema aceite de oliva, ya que con su presencia, la expansión se dio por sobre la superficie del agua, comportándose de tal manera que su cohesión se perdió, así como la forma inicial circular de la gota y al interactuar con el agua, sus fuerzas cohesivas se debilitaron, posibilitando fragmentaciones de la gota misma, en donde se pudieron evidenciar fragmentos de tamaños distintos y que con formas irregulares dieron cuenta de fuerzas de atracción débiles y una menor tensión superficial.

De esta manera, el aceite de oliva, siendo una mezcla de ácidos grasos, tuvo un comportamiento distinto, comparado con los demás aceites estudiados, ya que la composición química, las fuerzas intermoleculares presentes, la disposición de las cadenas de carbono, así como los grupos carboxilo, determinaron que la interacción con el agua no se diera de forma uniforme, más bien, debido a las cualidades diferentes, el aceite se fragmente, se organice y vuelva a encontrarse en dos grandes agrupaciones, los cuales prevalecen a lo largo de la observación.

Los distintos ácidos posibilitaron analizar que las fuerzas de atracción entre las moléculas de los diferentes aceites evidenciaran momentos de expansión, fragmentación y unión, que la cohesión se pierda, el área aumente y la tensión del aceite sea débil, al esparcirse en la superficie acuosa.

Aceite de Canola

La gota de aceite que se vertió sobre la superficie no presentó un aumento de su tamaño, se ve como una gota voluminosa; permaneció en la misma posición, no se desplazó, ni cambió su forma circular. Es visible respecto a la superficie horizontal del agua, formando una curvatura cóncava.

Al contacto con el agua, no se expande de forma fácil, conserva su organización inicial en el tiempo, no se comporta de forma expansiva, más bien al contrario, permanece en el lugar donde cae, su interacción con el agua parece estar más restringida. Las gotas más pequeñas que quedan dispersas inmediatamente se unen a la grande, es decir no quedan fracciones ni gotas separadas.

Pareciera que la gota no interactuara con el agua, pues permanece inmóvil y sin cambios perceptibles con el transcurrir del tiempo. No obstante, los efectos posibles podrían ser de expansión limitada, y contracción constante, de lo contrario la gota perdería su forma esférica.

Figura 15. Aceite de canola sobre agua



Fuente: Elaboración propia, 2023

Análisis: La cohesión que presentó el aceite de Canola es alta, ya que al no expandirse por sobre la superficie del agua, sus moléculas continuaron unidas, pero no en relación con el agua; su organización al no aumentar su diámetro indicó que las fuerzas que la mantenían así son muy fuertes en comparación con el aceite de oliva o ricino.

La gota sobresalió, fue notable respecto al agua, se mantuvo por sobre esta sin desplazamientos ni cambios de forma. El aceite de canola es un ácido graso mono insaturado, compuesto en su cadena por un enlace doble, y compuesto además en casi el 50% por ácido erúcico, otros con menor porcentaje, como el ácido linoleico y linoleico.

Al no extenderse, se determinó que debido al ácido erúcico, la gota mantuvo su forma circular y una curvatura cóncava, la baja proporción de los ácidos linoleico y linoléico al estar en contacto con el agua se solapó, ya que no se esparció.

Ácido oleico.

Al entrar en contacto con el agua, las gotas se expanden de forma reducida, estas permanecieron en el mismo lugar, su forma fue circular, y se evidenció una concavidad respecto a la superficie del agua. Al caer la gota de aceite no hubo una expansión significativa, las fuerzas de cohesión del ácido oleico son fuertes, debido a que la forma circular no se perdió, no se presentó una expansión, las gotas observadas tuvieron un rango de 5 a 6 mm de diámetro.

Importante resaltar que las gotas de aceite no se unieron al alterar el sistema y provocar movimiento en el agua, las gotas se desplazaron y al estar cerca no se formó una sola.

Figura 16. Ácido oleico sobre agua



Fuente: Elaboración propia, 2023

Se atribuyó este comportamiento a las fuerzas intermoleculares, a la cohesión específicamente; este ácido es monoinsaturado, compuesto por 18 carbonos, además de un doble enlace en el carbono nueve; esto resultó en postular que gracias a la presencia del grupo Carboxilo y de una insaturación en su estructura el aceite se expande de forma limitada, pero las fuerzas cohesivas son tan fuertes, que actúan inmediatamente y no posibilitan cambios en la forma y en el esparcimiento de esta. No obstante, al ser un ácido graso puro no presentó ninguna fragmentación, sino más bien, un comportamiento uniforme. Llegando a pensarse que no hay una reestructuración en la organización del ácido graso, al estar en contacto con el agua.

5.3. Práctica Experimental No. 2 Construcción de un sistema de interacción entre agua y aceites.

El objetivo de esta práctica fue caracterizar la interacción de 5 aceites con agua, en una superficie delimitada, mismo volumen de agua y añadiendo Maicena, buscando reconocer cómo las fuerzas cohesivas se comportan.

Se organizaron cuatro montajes con palos de balsa de 40 cm, las cuales formaron un cuadrado y a este se le añadió como base un fragmento de bolsa plástica negra, se vertieron 400 ml de agua y con ayuda de una malla muy delgada, se añadió Maicena espolvoreada en la superficie de agua con el fin de percibir fácilmente la extensión del aceite sobre la superficie. Posteriormente a cada sistema se añadió una gota de cada aceite estudiado y se observó cómo se comportaba, midiendo su expansión final. A continuación, las observaciones obtenidas:

Aceite mineral:

Al añadir 1 gota de aceite al sistema se evidenció que su forma inicial era circular, permaneció así durante todo el tiempo de observación (20 minutos), se presentaron ligeros movimientos por sobre el agua, esto quiere decir un máximo de 1 cm en su desplazamiento.

Figura 17. Medida de diámetro de aceite mineral sobre agua



Fuente: Elaboración propia, 2023.

La superficie de las gotas se caracterizó como cóncava respecto a la superficie del agua, su diámetro fue de 5 mm y así permaneció, no se observaron expansiones más allá de esta medida.

Análisis: En esta práctica experimental se observó que el comportamiento no varía respecto al primer ejercicio hecho en el plato, incluso el aumentar la cantidad de agua, permitió continuar con lo postulado sobre las fuerzas intermoleculares del aceite mineral al estar en contacto con el agua.

Sus moléculas evidenciaron una unión considerable, aun en contacto con agua y Maicena, esto posibilitó postular que las fuerzas cohesivas del aceite hacia la parte superior (superficie), moldean una concavidad respecto al agua; parece una capa delgada que se resiste a moverse y desplazarse, y menos aún, mezclarse con el agua.

En la interfaz entre la gota de aceite y el agua, la cohesión entre las moléculas de aceite fue más fuerte que la adhesión entre las moléculas de agua y las de aceite. Las moléculas de aceite tendieron a agruparse y minimizar su superficie expuesta al aire y al agua debido a las fuerzas de cohesión, formando así una gota de aceite esférica.

Aceite de Ricino.

Al añadir la gota, esta se expandió con gran rapidez y facilidad sobre el agua; al pasar el tiempo (alrededor de unos 15 minutos), la forma permaneció circular, alcanzó un diámetro de 9.5 cm; este aceite evidenció una fragmentación de sí mismo en pequeñas gotas, las cuales iniciaron con tamaños muy pequeños y se ubicaron en uno de los bordes de la gota inicial.

Figura 18. Medida de diámetro de aceite de ricino sobre agua



Fuente: Elaboración propia, 2023

Análisis: Se observó un comportamiento similar al primer ejercicio experimental realizado en el plato. El aceite evidenció una expansión significativa y una fragmentación en uno de los bordes de la gota inicial.

Las fuerzas de cohesión del aceite expusieron un comportamiento donde, la capa del aceite es dispersa y su coloración se va perdiendo por sobre el agua. Se interpreta este comportamiento respecto a las fuerzas del aceite mismo, las cuales pierden cohesión y se expanden como respuestas a interactuar con el agua. La cohesión de este aceite es baja cuando interactúa con el agua, por ello

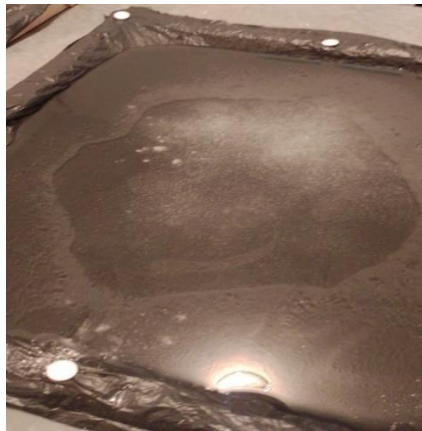
se esparce, la atracción de sus moléculas se reduce, pero hasta cierto límite, ya que al llegar a los 9,5 cm. no se expande más.

Aceite de Oliva.

Este aceite se expandió con gran facilidad, al instante se observó su dispersión sobre el agua; de todos, este aceite es el que presentó más cambios en su forma, ya que, al momento de estar en contacto con agua, su forma circular varió a figuras irregulares que se fueron desplazando y expandiendo.

La gota inicial se fue fragmentando de tal manera, que se formaron pequeños fragmentos internos que también poseían irregularidad en su forma, al pasar los minutos, estas gotas se fueron uniendo entre ellas, lo cual al final posibilitó la constitución de dos gotas internas de mayor tamaño dentro de la gota inicial de aceite, que ya expandida continuó con una forma irregular. La forma de la gota aun con su forma irregular alcanzó 17 cm. de diámetro en su borde más extenso.

Figura 19. Medida de diámetro de aceite de oliva en agua.



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Análisis: El aceite de Oliva presentó baja cohesión en sus moléculas, ya que, al expandirse y al entrar en contacto con el agua, demostró que esta interacción desencadenó un aumento en su volumen y área. Las fuerzas intermoleculares de este aceite actuaron de forma tal, que, al perder su cohesión, provocaron una dispersión de la sustancia y por ende de la organización molecular inicial, haciendo evidente una expansión desde que se vertió la gota y durante 15 minutos de observación.

La forma de la gota circular se perdió y se comenzó a presentar una forma irregular, lo cual también indicó que la cohesión no es fuerte en este aceite, así como su tensión superficial. Al pasar los minutos, dicha gota, ya dispersa, presentó fragmentaciones irregulares, que dieron paso a dos grandes formas que finalmente prevalecieron así.

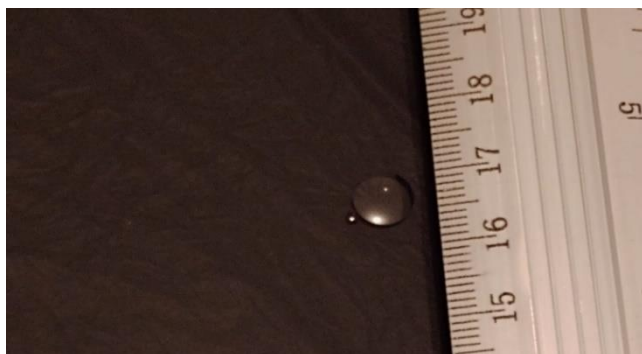
Se retoma en este análisis que este aceite es una mezcla de ácidos grasos, como los son el Palmítico y el Oleico, que, al interactuar al tiempo con el agua, presentaron distintas organizaciones, que evidenciaron un comportamiento no homogéneo, sino más bien diferente, de acuerdo a la composición química de cada componente, haciendo que las fuerzas intermoleculares, expusieran agrupaciones, fragmentaciones y formas no circulares; es decir, cada constituyente grasoso aportó interacciones distintas que apartan a este aceite de los demás observados, en cuanto a patrones de comportamiento.

Aceite de Canola.

La gota que se vertió sobre el agua permaneció con forma circular y se expandió de forma muy leve. No presentó cambios en su forma, pero si algo de desplazamiento, es decir un máximo de 1 cm. en movimiento sobre el agua.

El color de la gota perdió su tono inicial que es amarillo, y se observó con un tono más claro (ámbar). La gota inicial, mantuvo un diámetro de 7 mm., el cual se mantuvo en el tiempo de observación (15 minutos).

Figura 20. Medida de diámetro de aceite mineral sobre agua



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Análisis: Este aceite continuó con un comportamiento similar al observado en el plato de la primera práctica experimental; la forma circular no se perdió, lo cual da evidencias de que su

fuerza de cohesión es alta, las moléculas que se atraen entre sí continuaron de esa manera y no permitieron perder la forma inicial por sobre el agua.

En el caso de estas sustancias, la cohesión entre las moléculas de aceite fue mayor que la adhesión presente entre estas y las del agua, esto se debe a que las moléculas de aceite son similares entre sí en términos de polaridad y estructura molecular, lo que las hizo más propensas a interactuar y unirse, formando una gota con fuerte atracción en sus moléculas.

La cohesión en la gota de aceite de Canola también pudo ser lo suficientemente fuerte como para mantener la forma, sin embargo, eventualmente, si se agita la gota de aceite con agua lo suficientemente fuerte, la cohesión de la gota de aceite puede romperse, dispersándose en el agua, sin que se puedan mezclar con el tiempo.

Ácido Oleico.

Esta sustancia al entrar en contacto con el agua no presentó expansión por sobre la superficie acuosa, la forma esférica de las gotas vertidas prevaleció en la observación (15 minutos). El diámetro de las gotas se determinó en un rango de 6 mm que así permaneció sin presentar expansión de las mismas. El contorno esférico continuó, y una forma cóncava fue evidente comparada con la superficie del agua en el montaje. No se evidenció desplazamiento de las gotas, sólo al momento de alterar el sistema de forma manual.

Figura 21. Medida de diámetro de ácido oleico sobre agua



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Análisis: Las gotas que se vertieron sobre agua posibilitaron determinar que el ácido Oleico posee una fuerza de cohesión muy fuerte, ya que la forma esférica no se modificó, no se observó tampoco una expansión de esta sustancia.

Las moléculas del agua y este ácido graso interactuaron de tal forma, que posibilitaron una adhesión mínima, ya que no se dio un desplazamiento de la gota sobre el agua, permaneció en el mismo lugar donde se vertió. La tensión superficial del aceite fue alta, ya que como se mencionó sus cualidades de forma no variaron, no se presentó expansión.

Elementos de discusión entre los aceites observados.

La diferencia en la expansión entre el aceite mineral y el aceite de oliva, por ejemplo, se puede explicar en términos de la cohesión de las moléculas en cada tipo de aceite. El aceite mineral, generalmente compuesto principalmente por hidrocarburos no polares, tiene una cohesión molecular más fuerte debido a la uniformidad en la composición de sus moléculas y la falta de grupos polares. Esta mayor cohesión significa que las moléculas de aceite mineral tienden a mantenerse más juntas, lo que resulta en una menor expansión cuando se coloca sobre la superficie del agua.

Por otro lado, el aceite de oliva contiene una variedad de moléculas, incluidos ácidos grasos y otros componentes polares, es una mezcla. Esto puede conducir a una cohesión molecular más débil en comparación con el aceite mineral; por lo que se podría pensar que las moléculas de aceite de oliva tienden a separarse más fácilmente, lo que permite una expansión más significativa a medida que las moléculas se alejan unas de otras.

La diferencia en la expansión entre estos aceites se relaciona con sus propiedades de cohesión, siendo el aceite mineral más cohesivo y el aceite de oliva menos cohesivo en términos de sus moléculas.

Comenzamos a determinar que interpretamos la interacción agua-aceites a partir de la reciprocidad de las acciones o comportamientos de estas sustancias a expandirse o a contraerse, a conservar su forma o deformarse, y a permanecer sobre la superficie o a formar una concavidad. Comparando la forma como estos cinco aceites interactúan con el agua, empezamos a establecer que el comportamiento da indicios de la naturaleza de cada sustancia

La caracterización que se lleva a cabo para determinar los comportamientos de los distintos aceites en contacto con el agua, están mediadas por las fuerzas de cohesión que se presentan y son evidentes en la observación y descripción.

Para el análisis del comportamiento de los distintos aceites se toma en cuenta las fases caracterizadas con el aceite de oliva; Al caer la gota es posible identificar una serie de efectos: expansión, fragmentación, unión, y segmentación. Aquí se retoma lo expuesto por Langmuir y Rayleigh, ya que a partir del estudio histórico crítico se logra reconocer las explicaciones que ambos daban; las moléculas actúan en la forma como sus componentes químicos interactúan al estar en contacto con el agua; el aceite de Oliva por ejemplo exhibió distintos momentos, ya que sus ácidos constituyentes hacen parte de una mezcla; en el caso de los aceites Mineral y Canola, los comportamientos fueron más homogéneos en cuanto a una expansión mínima, donde la cohesión dada por sus componentes químicos, posibilitaron esferas que se mantuvieron durante el tiempo de observación.

A continuación, se definirán las cuatro fases caracterizadas de la observación del aceite de Oliva:

- **Expansión:** La gota se ensancha un poco al contacto con el agua, pierde su coloración amarilla.
- **Fragmentación:** Se forma un tipo de burbujas en la parte límite de su superficie. No se percibe fácilmente tiene apariencia translúcida. Parece que una gota de aceite logrará dividirse en más de cien partes.
- **Unión:** Los fragmentos comienzan a crecer y a unirse dejando de ser cien fragmentos, para quedar unos pocos. Los tamaños aumentan, las formas de los fragmentos ya no son esféricas, toman forma irregular.
- **Segmentación:** Se fusionan todos los fragmentos de aceite, formando una película en la superficie en la que se puede distinguir un borde y un centro.

Las interacciones posibilitan presentar a las expansiones de los aceites de Ricino y de Oliva como sistemas diferentes respecto a lo observado en el Mineral y el de Canola. El aceite de Oliva al ser una mezcla evidencia una composición a partir de ácidos como el oleico, el linoleico y el palmítico, los cuales en conjunto presentan un comportamiento en el cual la composición química desempeña un papel relevante.

Los grupos Carboxilo comienzan a establecer organizaciones de la gota original, además de los dobles enlaces presentes en sus estructuras, posibilitan entonces que el aceite se expanda

perdiendo su forma circular original, y se comienzan a debilitar las fuerzas de atracción entre sus moléculas, al haber varias de distintos ácidos, el sistema juega con la estructuración individual de cada componente en conjunto, por ello, la irregularidad en las formas es constante, la fragmentación va de pequeños agujeros a una segmentación de grandes orificios y finalmente dos grandes fragmentos que permanecen inmóviles.

El grupo carboxilo se dispone de tal forma, como mencionaba Langmuir, en donde el grupo activo es aquel que continua una interacción con el agua, evidente en su dispersión; de otro lado, lo que el autor denomina cola, comenzaría a ser la parte de la organización del aceite que no es atraída por el agua, y donde la cohesión se mantiene de alguna manera fuerte, ya que no se presenta una disolución con el agua.

Si bien, la intención no es evidenciar mezclas entre agua y aceite, es el punto donde los grupos activos de los distintos ácidos pueden actuar de tal forma que se evidencia una organización de los aceites al entrar en contacto con el agua. De este modo, una estructura denominada por cabezas y colas comienza a tener sentido en cuanto a las fuerzas intermoleculares se comportan en las distintas prácticas experimentales desarrolladas; la composición química de los aceites determina como sus ácidos se organizan, la cohesión aumenta en cuanto aumenta la tensión superficial, disminuye en cuanto esta disminuye y se refleja en las expansiones del aceite de oliva y ricino al aumentar su área superficial.

De acuerdo con la actividad experimental, las organizaciones que tiene cada gota de aceite con el agua pueden estar relacionadas con los comportamientos hidrofílicos e hidrofóbicos, pues se observa que hay cierta afinidad del aceite por el agua, debido a que una parte puede observarse por debajo del agua mientras que otro segmento de la gota queda por fuera de la superficie, formando una concavidad.

Por el contrario, el mineral y el de canola sus cohesiones permanecen más fuertes, y la constitución y organización por medio de enlaces dobles y grupos activos carboxilos, posibilitan que las gotas no se expandan, la tensión superficial aumente y no se presente una dilución con el agua.

Para comprender el comportamiento del aceite de oliva se propone que, al ser una mezcla de ácidos grasos, el aceite debe estar organizado de una forma diferente en un estado inicial a

cuando entran en contacto con el agua, pues al interactuar con ella, se observan algunas fases denominadas expansión, fragmentación, unión y segmentación. Inmediatamente entran en contacto parece que hay un cambio en la organización interna de la mezcla; una parte del aceite se puede reorientar observando efectos de repulsión entre el mismo aceite (se forman fragmentos de aceites que no se pueden juntar), efecto que se puede justificar por la presencia de al menos dos fases dentro del aceite, pero que al mismo tiempo sigue su expansión por sobre el agua hasta alcanzar una capa fina (efecto de atracción).

En el estado de fragmentación identificado en el aceite de oliva, se observa que, debido a la nueva reorganización por la interacción con el agua, se produce un comportamiento con efectos repulsivos con el mismo aceite. Entre los límites del aceite se observa que lo que antes era una mezcla homogénea, se está organizando, con dos comportamientos completamente opuestos; una interacción es la que está ocurriendo dentro de los llamados fragmentos de aceite y otro el que tiene la capa que tiende a deformarse como una mancha en la superficie del agua.

Estas fuerzas de cohesión, según la actividad experimental, se pueden mantener o se pueden redistribuir teniendo en cuenta que es el agua quien permite la distribución de tales fuerzas, y que para distribuir las es importante considerar que hay una estructura o composición particular que favorece la interacción.

Estas actividades experimentales y el razonamiento desarrollado hasta ahora proporcionan elementos para pensar que el agua al interactuar con los aceites tiene un efecto en la reorganización de las sustancias por la polarización de los componentes de la sustancia. Esto, frente a lo hidrofílico e hidrofóbico, desempeña un papel importante, porque los aceites utilizados presentaron distintas formas de interactuar con el agua, lo que, a su vez, permitió plantear que sus moléculas interactúan de forma diferente, a causa de sus composiciones y naturaleza químicas.

Cuando el aceite no es una mezcla (Canola y Mineral), no hay una extensión significativa; no se está polarizando, prevalecen las fuerzas de cohesión por encima de la interacción con el agua. El aceite no influye en la reorganización del agua o al parecer, el agua tiene unas fuerzas cohesivas tan fuertes, que el aceite no genera esa misma estructura. No es lo mismo que el agua interactúe con el agua y con el aceite. Las fuerzas de cohesión son diferentes en los distintos aceites.

5.4. Práctica experimental No. 3. Agua sobre aceite

El objetivo de la tercera práctica experimental es identificar cómo interactúa el agua con 5 distintos aceites, colocando como base las sustancias aceitosas, buscando caracterizar cambios respecto a la práctica # 1 y 2.

Aceite Mineral + 1 gota de agua: La gota de agua que se vierte sobre la superficie aceitosa mantiene su forma circular, sobresale por encima de la superficie aceitosa, con una curvatura que se denomina cóncava que se manifiesta de forma clara en el tiempo de observación. Cabe anotar que este mismo comportamiento se dio en la experiencia donde las gotas de aceite mineral se vertieron sobre agua.

Ambas sustancias continúan sin mezclarse, las gotas permanecen separadas, ya que no se evidencia que con el movimiento se unifiquen o por más contacto cercano que tengan, no se logran integrar.

Permanecen en el lugar donde se adicionaron, pero al mover el plato las gotas se desplazan sobre la superficie, pero no se unen. La gota de agua puede desplazarse fácilmente sobre la superficie de aceite, perdiendo su forma esférica, parece que se estuviera rompiendo una fuerza que hace que la gota de agua mantuviera su forma.

De los aspectos relevantes, el agua se percibe que posee alta cohesión, bajo esparcimiento, curvatura cóncava y no hay unificación de gotas de agua.

Figura 22. Agua sobre aceite mineral



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Análisis: La disposición y forma de las gotas de agua puede ser explicada debido a distintos factores, como, por ejemplo, el estudiado por Faraday, quien postula que la organización de las moléculas al permanecer con una forma definida se da “porque el agua que la compone tiene una

atracción tan grande de partícula a partícula que, en realidad, confiere a esta burbuja las mismas propiedades de una pelota de goma” (Faraday, 1860).

Las propiedades de las fuerzas intermoleculares desempeñan aquí un papel relevante, ya que, al invertir las superficies de la primera práctica experimental, ambas sustancias evidencian que las gotas vertidas mantienen su forma redonda, lo cual posibilita de nuevo, evidenciar que las fuerzas cohesivas del agua misma son tan fuertes que no producen un esparcimiento por sobre el aceite mineral.

En este sentido se puede comprender que la forma y el comportamiento de las gotas de agua en un medio líquido inmiscible, es causado, por un lado, por la fuerte atracción entre las moléculas del agua. Como resultado, el agua se mantiene junta debido a la fuerza cohesiva. Por otro lado, por efectos repulsivos entre las sustancias, como se mencionó anteriormente la composición uniforme del aceite mineral y la ausencia de grupos activos en su estructura hace que las moléculas de agua presenten concavidades respecto a la superficie del aceite, por la poca atracción que hay entre las dos sustancias, produciendo que la gota de agua tome una forma esférica durante el tiempo de observación.

Aceite de Ricino + 1 gota de agua: La gota de agua inicialmente se observa con una curvatura cóncava por encima de la superficie. Las gotas de agua no se unen fácilmente, pero al mover un poco el plato, la gota empieza a perder su forma circular y comienza un proceso de pérdida de volumen, se observa un efecto de rompimiento de las fuerzas que mantiene unido al agua, es como si se estuviera expandiendo desde adentro hacia afuera haciendo perder un poco su concavidad, No obstante desde la vista lateral, se observa como si hubiera una membrana o una zona interfacial que hace que el aceite se curve en la superficie por la gota depositada pero que no alcanza a romper la tensión superficial del aceite aparentemente.

Figura 23. Agua sobre aceite de ricino



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Con respecto al agua, la gota presenta alta cohesión, bajo esparcimiento, curvatura cóncava, y no hay unificación de gotas. La forma inicialmente es circular, pero la pierde con el tiempo tomando forma irregular.

Análisis: Las sustancias con alta tensión superficial como el agua tienen una tendencia mayor a formar gotas. Las moléculas en estas sustancias están fuertemente unidas, lo que permite que las gotas mantengan su forma esférica y minimicen su área superficial, es decir tienen una fuerza cohesiva alta. Según lo propuesto por Young y Laplace, la tensión superficial actúa para minimizar el área superficial de la gota. Dado que una esfera tiene el área menor superficial para un volumen dado, las gotas líquidas adoptan formas esféricas para minimizar su energía superficial.

Pero se observa que cuando se realiza un movimiento mecánico, esta gota pierde fácilmente su forma y se aplana un poco, se evidencia que este movimiento dispersa momentáneamente las fuerzas cohesivas deformando las gotas.

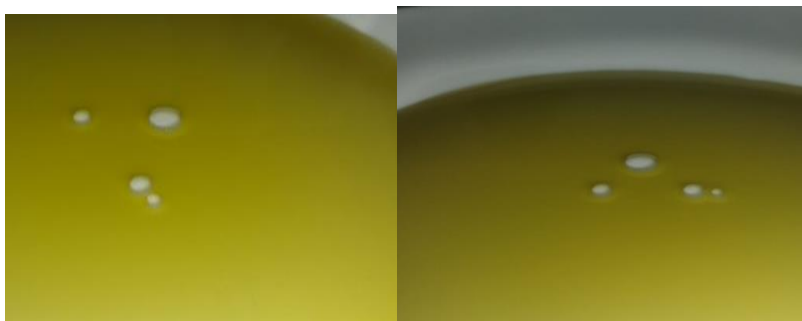
A pesar de que la gota de agua posee una tensión superficial alta y una densidad mayor, no se observa que la gota de agua atraviese la superficie del aceite, más bien se observa como si el aceite se comportara como una especie de membrana elástica. Las moléculas superficiales del aceite se encuentran en un equilibrio debido a las fuerzas de cohesión entre las moléculas superficiales de aceite, es decir que cada molécula está siendo atraída en todas las direcciones, pero en la parte superficial se origina una tensión que es responsable de que la superficie se comporte como una membrana elástica capaz de soportar la gota de agua.

Aceite de Oliva + 1 gota de agua

En el aceite de oliva, contrario a la primera experiencia, la gota de agua no presenta una expansión significativa. Se observa que la gota de agua se mantiene fija en el lugar que cae, sobresale sobre la superficie del aceite, presentado una curvatura cóncava. El color del aceite hace muy visible la forma circular de la gota, a pesar de que había varias, estas no se unen por más que se coloquen cerca.

Al igual que el aceite de ricino, alrededor de la gota de agua, se observa como si el aceite se comportara como una membrana elástica, que hace que se curve la superficie donde se deposita la gota de agua.

Figura 24. Agua sobre aceite de oliva



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Con respecto al agua, la gota presenta alta cohesión, bajo esparcimiento, curvatura cóncava, y no hay unificación de gotas. La forma que inicialmente era circular, no la pierde con el tiempo.

Análisis: Las moléculas de agua en la superficie de la gota están sujetas a fuerzas de atracción hacia el interior de esta, desde todas las direcciones. Sin embargo, las moléculas en el interior de la gota también están sujetas a fuerzas de atracción desde todas las direcciones.

Para minimizar la energía superficial, la gota de agua se ajusta adoptando una forma esférica. En una esfera, todas las moléculas de la superficie están aproximadamente a la misma distancia del centro, lo que minimiza la fuerza de atracción en la superficie. Además, una esfera tiene el área menor superficial para un volumen dado, lo que minimiza aún más la energía superficial total de la gota.

Por tal razón, las gotas de agua adquieren forma esférica, pues representa un estado de equilibrio en el cual la gota minimiza su energía superficial y, por lo tanto, su tendencia a adoptar esta forma es fundamental en diversos fenómenos naturales.

Otra explicación de por qué el agua no se extiende de la misma forma que el aceite se debe a las fuerzas cohesivas entre las moléculas del mismo tipo, parece que la fuerza cohesiva del agua es más fuerte que las fuerzas de adhesión que genera el aceite sobre el agua, por tal motivo no hay una expansión notoria en la gota de agua.

Aceite de Canola + gotas de agua

Se vierten 3 gotas de agua sobre la superficie de Canola, se evidencia que no se expanden por sobre el aceite, sino que permanecen conservando forma circular y con curvatura cóncava respecto a la superficie.

Se observan leves desplazamientos en la superficie aceitosa, al alterar el sistema, moviendo el aceite, las gotas quedan cerca pero no se unen. Cabe anotar que este mismo comportamiento se dio en la experiencia donde las gotas de aceite se vertieron sobre agua.

Las gotas de agua adquieren una forma esférica que les permite un desplazamiento fácil sobre el aceite. El aceite se comporta como una membrana elástica, pues, aunque se observe la concavidad, la superficie de aceite se curva donde se deposita la gota de agua.

Figura 25. Agua sobre aceite de canola



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Con respecto al agua la gota presenta alta cohesión, bajo esparcimiento, curvatura cóncava, y no hay unificación de gotas. La forma es circular y se conserva con el tiempo. Se observa un desplazamiento fácil sobre la superficie cuando se hace un movimiento mecánico en el plato.

Análisis: En esta práctica, el comportamiento de la gota de agua sobre el aceite de canola posibilitó caracterizar un comportamiento similar al obtenido en la práctica # 1.

La atracción entre las moléculas del agua fue tan fuerte que su forma circular se mantuvo a lo largo de la observación, así mismo, al alterar el sistema, las gotas tuvieron tanta cohesión que entre ellas que no se unieron, incluso así tengan la misma composición.

Analizando el comportamiento desde la tensión superficial de la gota, es más fuerte en los bordes de la gota que en el centro, ya que las moléculas en los bordes están rodeadas por menos moléculas vecinas. Esto causa que la superficie se curve hacia adentro, formando una superficie cóncava.

Por otro lado, aunque las moléculas de agua y aceite no son muy afines entre sí, existe cierta atracción entre ellas. Esto significa que las moléculas de agua tienden a atraer las moléculas de aceite hacia la superficie del agua.

Al realizar movimiento manual sobre la gota de agua, se desplaza fácilmente, conservando su forma sobre la superficie del aceite. En este sentido se puede comprender que la forma y el comportamiento de las gotas de agua en un medio líquido inmiscible se da por efectos repulsivos entre las sustancias, presentándose concavidades y un efecto de hundimiento en la superficie del aceite, como si se comportara como una membrana cuando se deposita la gota de agua.

Ácido oleico + gotas de agua.

Al añadir dos gotas de agua sobre la superficie del ácido oleico, no se evidencia expansión, la forma circular tiende a permanecer, pero se evidencia una pequeña elongación de las mismas al pasar los minutos.

Durante el tiempo de observación (15 minutos) las gotas no presentaron desplazamiento sobre el aceite, sólo hasta que se alteró el sistema, las gotas permanecieron separadas una de la otra, pero posteriormente se dio unión entre ellas.

Es importante reconocer que esta unión no se dio al alterar el sistema cuando la base era acuosa y se añadieron gotas de ácido oleico; allí las gotas no se unieron.

Se realiza entonces el análisis correspondiente, donde las gotas de agua pierden su cohesión para poder unirse a gotas son su misma constitución química. Su tensión superficial permaneció alta, al no evidenciar pérdida de forma esférica.

La cohesión del ácido oleico evidenció un comportamiento donde el desplazamiento de las gotas se dio con mayor facilidad, al parecer si la mayor cantidad de volumen es de aceite, el agua reacciona demostrando desplazamiento por sobre esa superficie, pero no pérdida de forma.

Las fuerzas intermoleculares se comportaron manteniendo la cohesión en el caso del agua, demostrando menos adhesión respecto al ácido oleico, manteniendo una circularidad en la forma, dando indicios de una tensión superficial alta y desplazamiento por sobre la base aceitosa.

Figura 26. Agua sobre ácido oleico



Fuente: Elaboración propia, 2023

5.5. Práctica Experimental # 4. Globo y chorro de agua vs globo y chorro de aceite

En este experimento se pretendía observar si el aceite de oliva podía ser afectado cuando se acerca un globo que fue electrificado previamente por frotamiento con cabello. Por tal motivo se realiza el experimento con el chorro de agua inicialmente y posteriormente con el aceite. Esta práctica experimental obedece a algunos cuestionamientos que sobre la polaridad de las sustancias se suscitan al indagar sobre su efecto, cuando se desarrollan explicaciones entorno a lo hidrofóbico e hidrofílico, el cómo el agua y aceites reaccionan o se comportan al entrar en contacto con un globo con carga electrostática.

Figura 27. Antes y después del frotar un globo con cabello y colocarlo cerca de un chorro de agua



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Cuando se coloca un globo que ha sido cargado electrostáticamente por frotamiento cerca de un chorro de agua, se puede observar que se desvía hacia el globo. Este fenómeno se debe a la atracción electrostática entre el agua que sale de la llave y el globo. La atracción electrostática se refiere a la fuerza atractiva entre partículas cargadas eléctricamente. En este caso, el agua tiene carga eléctrica debido a la distribución de las partículas presentes en ella, mientras que el globo puede cargarse eléctricamente debido a la fricción con otros materiales, como el cabello o la ropa. Este tipo de explicaciones se deben a los diversos hallazgos históricos en relación al fenómeno de la electricidad.

Para abordar este fenómeno se pone a consideración pensar que entre las sustancias se desarrollan relaciones de atracción similares a las fuerzas newtonianas. En el siglo XVII y principios del XVIII los enfoques que predominaban para explicar los fenómenos se daban en términos de corpúsculos que se asociaban según su forma y tamaño.

William Gilbert logró establecer una clasificación de materiales en dos categorías, los materiales que presentaban buena electrificación por frotamiento los llamó materiales eléctricos, y a los que no presentaban efecto de atracción, los denominó no eléctricos. (García Arteaga, Edwin German, 2015, citado en Mora, 2020, p.22)

En 1733 el botánico francés Du Fay observó que cuando acercaba a un péndulo, previamente electrizado con una barra de vidrio, una barra de resina frotada en lugar de rechazar

el péndulo era atraído por esta barra. Luego de repetidos experimentos concluyó que en la naturaleza existían dos tipos de **electricidad la vítrea y la resinosa**.

En 1743, en las colonias inglesas de América, Benjamín Franklin realiza experimentos con una máquina de frotamiento y observa que se puede cargar eléctricamente a dos personas que se encuentran aisladas y que si estas se tocan entre sí no se observa ningún fenómeno, pero si tocan a un tercero que está en contacto con la tierra salta una chispa entre ellas (Vettorel, et al, 2016, p.2). El análisis de estos experimentos lo llevaron a pensar que existe un único fluido eléctrico, contenido en todos los cuerpos, y que el efecto del frotamiento no hace más que quitar o agregar fluido por lo que decidió asignarle el signo más al agregado de electricidad y el menos al defecto. La elección del “+” y el “-” por parte de Franklin ha permanecido hasta el presente y es la razón por la que se le asigna el signo negativo a la carga del electrón

El modelo de acción a distancias supuso que las fuerzas atractivas y repulsivas en la naturaleza eran capaces de actuar a través del espacio vacío. Durante el siglo XVIII, como lo ha demostrado un gran número de importantes estudios históricos, los filósofos naturales buscaron hacer fructífero el deseo de Newton, expresado en el Prefacio a los Principia, de que todos los fenómenos de la naturaleza fueran explicados en términos de fuerzas atractivas y repulsivas que operan a distancia entre las partículas diminutas de los cuerpos.

Siguiendo con la actividad, cuando el globo se frota con el cabello o sobre lana, puede transferir partículas eléctricas, adquiriendo así una carga eléctrica puntual. El agua que sale del grifo también puede estar cargada eléctricamente debido a diversas razones como a su estructura molecular o a causa de la fricción con las tuberías.

Como resultado de cargas eléctricas desiguales entre en el globo y el agua, se produce una fuerza atractiva entre estos. Esta fuerza puede ser lo suficientemente fuerte como para desviar el chorro de agua hacia el globo, ya que las partículas cargadas en el agua son atraídas hacia el globo cargado eléctricamente.

Una de las condiciones para que ocurra la desviación de un chorro de aceite al acercarse un globo dependerá de si el aceite y el globo están cargados eléctricamente y de las propiedades específicas del aceite en cuestión (composición). Si el aceite y el globo están cargados eléctricamente, se debería observar una desviación similar al experimento con el chorro de agua.

La razón detrás de esto sería la misma: la atracción electrostática entre el globo cargado eléctricamente y las partículas cargadas en el aceite. Sin embargo, los aceites no conducen fácilmente la electricidad ni se cargan, comportándose como un aislante eléctrico por lo que no mostrará una interacción significativa con un globo cargado eléctricamente.

Es decir, si el aceite pudiera cargarse eléctricamente o en su estructura presentar una distribución desigual de estas cargas, se observaría que el globo que está cargado eléctricamente ejerce una fuerza atractiva que desvía el chorro de aceite similar a lo que se observó con el agua.

Figura 28. Antes y después del frotar un globo con cabello y colocarlo cerca de un chorro de aceite.



Fuente: Elaboración propia, 2023.

No obstante, se observa en la experiencia que hay un pequeño desvío en el chorro de aceite, casi imperceptible, lo que hace considerar que el aceite no posee propiedades eléctricas notorias que hagan que se desvíe la trayectoria al acercarse un cuerpo cargado. Es importante tener en cuenta que no todos los aceites se cargan fácilmente y que la capacidad de un aceite para cargarse eléctricamente depende de otros factores, incluyendo su composición y las impurezas presentes.

Los aceites que contienen impurezas o iones disueltos pueden cargarse eléctricamente cuando se frota con ciertos materiales, como un globo. La carga eléctrica en un aceite puede ser debida a la fricción o al contacto con superficies cargadas, o a su composición molecular.

El aceite de oliva no es un buen conductor y no se ioniza debido a su estructura molecular. Por lo tanto, cuando se acerca un globo cargado a un chorro de aceite de oliva, no hay una interacción significativa entre el globo y el aceite. El aceite de oliva no contiene suficientes cargas eléctricas libres para ser atraído por el campo eléctrico del globo, lo que resulta en la ausencia de desviación del chorro de aceite hacia el globo previamente cargado. Se podría concluir que la diferencia en la composición y en la estructura entre el agua y el aceite de oliva explica por qué se produce la desviación en el chorro de agua y no en el chorro de aceite de oliva cuando se acercan a un globo cargado.

5.6. Práctica experimental No 5. Cuantas gotas de aceite son 1 mL.

El objetivo de esta práctica es organizar el fenómeno del esparcimiento de una gota de cinco tipos de aceites sobre una superficie de agua. Esta práctica experimental se apoya en los cuestionamientos que Irving Langmuir tenía sobre las relaciones entre el tamaño de las moléculas con su esparcimiento en superficies de agua en forma de monocapa. Por ello, las autoras se cuestionan si ¿A mayor esparcimiento, menor grosor de la gota y por ende mayor atracción al agua? ¿A mayor grosor de la gota, menor esparcimiento y por ende mayor repulsión? Estas preguntas surgen, además, debido a que se evidencia que existen relaciones distintas frente a los aceites, su grosor y su esparcimiento. Por lo tanto, considerando lo observado en las prácticas experimentales y el diálogo con lo postulado por Langmuir se hace significativo e invita a llevar a cabo una medición del grosor de las gotas de aceite y así poder analizar la expansión por la atracción o repulsión entre los aceites y el agua.

Para esta actividad se colocaron 400 mL de agua y se agrega una gota de aceite de Canola, Oliva, Mineral, Ricino y ácido Oleico. Posteriormente se calcula cuantas gotas se necesitan para completar 5 mL. Se toma el valor en masa de cada aceite, y se mide el diámetro de la gota, para posteriormente, con la fórmula del volumen de un cilindro, calcular la altura o espesor de la capa de los cinco aceites que se extienden sobre el agua. Con los gramos que aporta una gota de cada aceite y con el valor de la densidad, se obtiene el volumen de la gota.

-Peso vaso: 3 g

-Gotas para completar 5 cm³

Tabla 4. Cálculos para estimar el grosor de una gota de aceite

CANOLA	RICINO	OLIVA	MINERAL	ÁCIDO OLEICO
98 gotas ----- 4 g	93 gotas ----- 3 g	94 gotas ----- 2,6 g	108 gotas ----- 2 g	110gotas ----- 3g
1 gota ----- V?	1 gota ----- V?	1 gota ----- V?	1 gota ----- V?	1 gota ----- V?
$X= 0,04 \text{ g} * (1 \text{ cm}^3 / 0,9 \text{ g}) = 0.044 \text{ cm}^3$	$0.032 \text{ g} * (1 \text{ cm}^3 / 0,9 \text{ g}) = 0.036 \text{ cm}^3$	$0.027 \text{ g} * (1 \text{ cm}^3 / 0,9 \text{ g}) = 0.03 \text{ cm}^3$	$X= 0,05 \text{ g}$	$X= 0,03 \text{ g}$
$h= V / \pi * r^2$	$h= 0.06 \text{ cm}^3 / \pi * (8\text{cm})^2$	$h= 0,03 \text{ cm}^3 / \pi * (4.75 \text{ cm})^2$	$0.02 \text{ g} * (1 \text{ cm}^3 / 0,9 \text{ g}) = 0.02 \text{ cm}^3$	$0.03\text{g} * (1 \text{ cm}^3 / 0,9 \text{ g}) = 0.033 \text{ cm}^3$
$h= 0,044 \text{ cm}^3 / \pi * (0.35 \text{ cm})^2$	$h= 7,16 * 10^{-4} \text{ cm}$ de grosor de aceite de oliva	$h= 4,23 * 10^{-4} \text{ cm}$ de grosor de aceite de ricino	$h= 0.02 \text{ cm}^3 / \pi * (0.25 \text{ cm})^2$	$h= 0.033 \text{ cm}^3 / \pi * (0.6 \text{ cm})^2$
$h= 1,14 * 10^{-1} \text{ cm}$ de grosor del aceite canola			$h= 1,02 * 10^{-1} \text{ cm}$ de grosor de aceite mineral	$h= 2,917 * 10^{-2} \text{ cm}$ de grosor de ácido oleico.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Con los resultados obtenidos es posible formular una organización a los aceites desde el que menos se expande al que más se expande.

Tabla 5. Datos para organizar los aceites que menos se expanden al que más se expande

Aceite	No gotas	Masa (g)	Masa de 1 gota (g)	Diámetro(c m)	Altura (cm)	
Canola	98	4	0.078	0,7 cm.	$1,14 * 10^{-1}$	0.114 cm.
Oliva	93	3	0.06	16 cm.	$7,16 * 10^{-4}$	0.000716 cm.
Mineral	108	2	0.05	0,5 cm.	$1,02 * 10^{-1}$	0.102 cm.
Ricino	94	2.6	0,027	9,5 cm.	$4,23 * 10^{-3}$	0.00423 cm.
Ácido oleico	110	3	0.033	0.6 cm	$2.92 * 10^{-2}$	0.0292 cm.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Mineral >canola > ácido oleico > ricino >oliva

La finalidad de medir la cantidad de gotas de aceite obedeció a querer indagar si estos resultados se relacionaban o podrían hacerlo con su capacidad de esparcimiento, retomando los resultados obtenidos, se determinó lo siguiente:

-El aceite que al interactuar con agua obtuvo un mayor grosor fue el de Canola, este no evidenció una expansión al estar en contacto con el agua en las distintas prácticas experimentales, por ello se empezó a determinar relaciones entre el grosor de las gotas con su capacidad de esparcimiento, aspecto que se relaciona con la cohesión presente entre las moléculas del aceite de Canola, ya que estas mantuvieron la forma esférica de las gotas, y de hecho presentaron formas cóncavas respecto a la superficie del agua, interpretándose como efectos repulsivos.

-Aceites como el Mineral y el ácido Oleico presentaron grosores cercanos, ya que teniendo un menor esparcimiento el aceite mineral que el de Canola, los resultados que se obtuvieron demuestran una baja expansión para ambos. Estos dos aceites evidenciaron gotas con formas esféricas permanentes durante las observaciones y sus desplazamientos por sobre el agua no fueron visibles. Hasta este momento, el grosor de las gotas de los aceites tiene una coherencia con lo manifestado en las prácticas experimentales, es decir podemos empezar a afirmar que, debido a la alta cohesión de sus fuerzas intermoleculares, aunque las atracciones en estos aceites fueron mayores, se evidencia una baja tensión superficial, formas definidas sin expansiones, curvaturas cóncavas, que sobresalen sobre la superficie del agua. No obstante, aunque el grosor obtenido a nivel numérico es similar, la voluminosidad de la gota y curvatura se observa diferente.

-El aceite de Ricino tuvo comportamientos particulares, hubo expansión por sobre el agua, pero tuvo un límite, no perdió su forma circular, pero su grosor es menor en comparación con los otros aceites. La presencia de ácidos grasos como el Oleico, Linoleico y Ricinoleico proporcionan una mezcla, y por ende comportamientos distintos de aceites con menos ácidos constituyentes. Por esto, las autoras consideran que así mantenga su forma circular, su expansión visible, da cuenta de una pérdida de grosor, en comparación con los otros aceites utilizados, lo cual se evidencia en los resultados de la práctica.

-El aceite de Oliva tuvo el grosor más bajo de todos los aceites utilizados en la práctica experimental, teniendo en cuenta que este fue el aceite con mayor dispersión y pérdida total de la

forma esférica, tiene sentido desde los resultados numéricos. Las autoras analizan que su esparcimiento inmediato al entrar en contacto con el agua se dio debido a sus componentes grasos, cuyos grupos Carboxilos actuaron de forma colectiva pero individual, formando fragmentos de la sustancia, agrupándose en pequeñas estructuras irregulares, y luego organizándose en estructuras más grandes, hasta quedar dos grandes segmentos de aceite sobre la superficie acuosa. De este modo, las autoras pueden organizar la experiencia, por medio del reconocimiento de la relación entre el grosor de las gotas de los aceites y su capacidad de perder la cohesión o aumentarla.

6. Análisis y construcción del discurso sobre los comportamientos hidrofílicos e hidrofóbicos.

La forma en que se organizan las gotas de aceite en la superficie del agua invita a cuestionarse: ¿Qué genera movimiento en algunos aceites al entrar en contacto con el agua? ¿Por qué se expanden algunos aceites? ¿Qué relación tiene el área de interacción con el comportamiento de los aceites? ¿Por qué hay una fracción que permanece en la parte superior del aceite y otra que se percibe por debajo? ¿Qué tipo de interacción se estaría dando por encima y por debajo de la superficie del agua? ¿Es posible estructurar estas cualidades y variables para dar una organización a este fenómeno?

La actividad experimental posibilita poner en discusión elementos de orden disciplinar y teórico. Inicialmente se interpreta que una repulsión menor con el agua facilita su expansión, y esto es posible de analizar en los diferentes tipos de aceite. Solo el de Oliva presenta una fácil expansión, perdiendo su forma regular, mientras que el de Canola y Mineral no se expanden en la misma proporción, y conservan una forma circular. Estos efectos permiten comprender que las fuerzas de atracción del Aceite de Oliva no son iguales a las fuerzas de atracción del aceite de Canola y Mineral, por lo que la primera generalidad observada es que debe haber atracciones por el agua que hace que se expanda y una fuerza de repulsión, que hace que la sustancia permanezca agrupada y que no se disuelva, es decir, atracción entre la misma sustancia, pero también entre sustancias diferentes, puesto que se evidencia para el caso de los cinco aceites, que hay expansiones diferentes.

Lo distintos esparcimientos se evidenciaron porque, a pesar de que todas las sustancias usadas están dentro del grupo de ácidos grasos, la mayoría comprendían una constitución uniforme, por ello, estos aceites exhibieron comportamientos similares respecto a mantener su forma esférica (alta tensión superficial), formas cóncavas (respecto a la superficie del agua) y un grupo funcional Carboxilo, excepto el aceite Mineral.

Los esparcimientos de los aceites pueden estar influenciados por sus fuerzas de cohesión, completamente relacionadas con su composición química, se evidenciaron, manteniendo una forma circular, pero con expansiones nulas, mínimas o como con el aceite de Ricino, limitadas. El aceite de Oliva al ser una mezcla, como se explicó, tuvo distintos momentos de expansión, formas irregulares y agrupaciones posteriores.

Figura 28. Representación gota de aceite sobre superficie de agua.



Fuente: Elaboración propia, 2023.

¿Pero cómo poder explicar el comportamiento del aceite de Oliva? A simple vista se observa que el aceite de Oliva está en una sola fase pero que, en contacto con el agua, y según las etapas que fueron posibles de describir, se separa en lo que denominamos, un centro y un borde. Es decir, que el agua tiene un efecto de separar mezclas de aceites, pues se logra distinguir que el aceite se separa en dos fases. Y aunque después del tiempo la gota no vuelve a ser la misma, se podría inferir que el aceite que se encuentra en el centro interactúa de forma distinta a la que se ubica en el borde. Para caracterizar este comportamiento, se acude a fuerzas de atracción y de repulsión, tomando como referencia, la última etapa que fue nombrada segmentación.

Este tipo de interacción nos permite atribuir dos características a la polaridad en términos de la composición de la sustancia: Hay una fracción que genera atracción en el aceite, que hace que con el tiempo se expanda, pero también de repulsión, que hace que no se disuelva y permanezca extendida en forma de capa en la parte superficial del agua. El borde formado en el aceite de Oliva podría presentar fuerzas de atracción pues se evidencia que adopta una extensión mayor, contrario a lo que ocurre en el centro.

Esta aproximación invita a explicar que el aceite de oliva al ser una mezcla de distintos aceites se separa en contacto con el agua, identificándose que hay un efecto de atracción entre las mismas sustancias (permanecen juntas) y de atracción hacia el agua (por su expansión), a este primer comportamiento podría denominarse hidrofílico, se hace referencia a la capa extendida y de forma irregular que permanece en la parte superficial del agua. Mientras que el efecto hidrofóbico se podría asociar a la capa de aceite, que conserva su forma (fuerza de atracción) pero contrario al borde, no se expande fácilmente (efecto hidrofóbico).

Para comprender estas interacciones se hace necesario pensar en una posible organización de los lípidos con relación al agua, de acuerdo con los efectos y a su organización, es por ello por lo que la construcción de explicaciones respecto a este fenómeno se centra en cómo las atracciones de las moléculas de las sustancias utilizadas se comportan en interacción, no aisladas.

Hasta este punto hemos logrado observar, describir e identificar cualidades desde la experiencia. El siguiente paso es poder realizar la organización de las cualidades o efectos que hemos identificado en la interacción de estas dos sustancias: La curvatura que adquiere la gota de aceite en contacto con el agua, la forma que conserva sobre la superficie y su expansión.

Tabla 6. Organizado las variables del esparcimiento de aceite sobre agua

ACEITE VARIABLE	OLIVA	CANOLA	MINERAL	RICINO	ÁCIDO OLEICO
EXPANSIÓN	Se expande fácilmente	No se expande fácilmente	No se expande fácilmente	Se expande fácilmente	No se expande fácilmente
CURVATURA	Plana	Cóncava	Cóncava	Plana	Cóncava
FORMA	Irregular	Circular	Circular	Irregular	Circular

Fuente: elaboración propia, 2023.

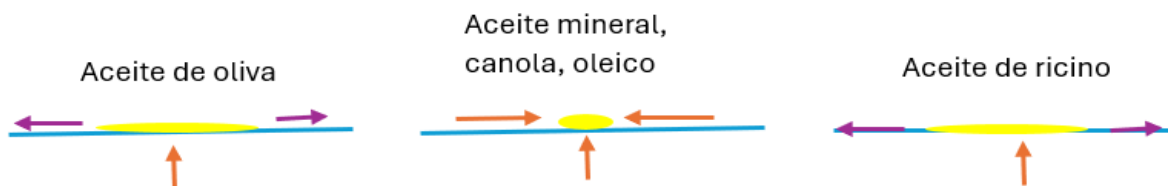
Cuando el aceite se esparce sobre el agua, la tensión superficial no se rompe, pero se ve afectada por las propiedades intermoleculares entre estas dos sustancias. La tensión superficial es una característica inherente a los líquidos como el agua y el aceite, y es causada por las fuerzas de cohesión que existen entre las moléculas de la superficie del líquido.

Es así como, a partir de las prácticas experimentales, las autoras comienzan una configuración conceptual, que da cuenta de los comportamientos hidrofílicos e hidrofóbicos en

cuanto a la interacción de las moléculas de agua y aceites al entrar en contacto. Aquí, y de acuerdo con las observaciones realizadas, la cohesión como principal fuerza intermolecular en este estudio, proporciona elementos de discusión y construcción de conocimiento, ya que, al realizar las prácticas con distintos aceites y con diferentes variables, el comportamiento de las moléculas dio como resultado que, las autoras pudieran identificar y caracterizar que la expansión de los aceites sobre agua, resultaran en distintas formas de organización, que dan cuenta de las fuerzas atractivas y repulsivas de las sustancias, lo cual indica que de acuerdo a su composición puedan actuar de forma hidrofílica o hidrofóbica.

Así, la cohesión es una fuerza intermolecular importante para estudiar los comportamientos hidrofílicos e hidrofóbicos, principalmente porque esta es la fuerza de atracción entre las moléculas de la misma sustancia, es decir no formarán ni participarán en el desplazamiento de componentes para dar sustancias nuevas, sino que estarán mediadas por la disminución o aumento de esta fuerza, generando una reorganización por su composición o naturaleza química, y haciéndose alusión una polarización en términos de composición.

Figura 29. Diagrama de fuerzas gota de aceite sobre superficie de agua.



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Como se puede observar en la figura 29, la representación de las fuerzas de repulsión, denominadas fuerzas cohesivas fuertes, por su atracción entre el mismo tipo de sustancia, hacen que el aceite se extienda menos, generando una curvatura cóncava que sobresale de la superficie, para el caso del aceite mineral, canola y oleico; estas se ven reflejadas en las flechas color naranja. Por otro lado, el aceite como el de ricino o de oliva se extienden fácilmente, lo que representaría un comportamiento atractivo entre las dos sustancias, a causa de una diferencia de polaridad, haciendo alusión a que los componentes que posee el aceite son de naturaleza química distinta, generando como consecuencia efectos atractivos, entre el agua y el aceite; estas se representaron

con las flechas moradas. Por tal motivo, se considera que, de acuerdo con la naturaleza del aceite, van a propiciarse ciertos comportamientos relacionados con efectos repulsivos o atractivos que coexisten entre la interacción de las dos sustancias. Estas interacciones permiten comprender que los aceites se comportan de forma que estas fuerzas repulsivas se minimizan, formando separaciones que son llamadas polaridades, capaces de dar una organización de los componentes del aceite, y haciendo visibles estructuras que evidencian una mayor o menor atracción hacia el agua.

El fenómeno no se aísla y se enriquece con la tensión superficial, y es aquí, que las explicaciones se centran en cómo las sustancias se organizan al entrar en contacto con otra sustancia, posibilitando organizaciones de expansión, contracción, formación de fragmentos, pérdida de coloración, formas cóncavas, etc. Aquí el agua posibilita en relación ciertos comportamientos que fueron observables al actuar con 5 aceites distintos.

El comportamiento de las sustancias puede entonces obedecer a cómo los grupos funcionales de los aceites reaccionan con el agua; promoviendo que la tensión superficial de cada sustancia varíe, aumente o disminuya; este fenómeno de la tensión es pertinente en cuanto contribuye en la construcción de explicaciones, centradas en el papel de las fuerzas intermoleculares. Por ejemplo, en el aceite de oliva, las fuerzas que generan atracción están dadas en relación con sustancias de la misma naturaleza, pero que en interacción con el agua ocurre una fragmentación en la que hay un vencimiento en las fuerzas de cohesión entre los distintos ácidos grasos mezclados en el aceite.

Finalmente, estas prácticas experimentales posibilitan una idea de estructura que fue abordada por Langmuir en sus representaciones del grupo de valencia secundaria unido a su cadena hidrocarbonada, o en las representaciones de Adam, en las que se reconoce las cabezas y las colas; estas estructuras que los autores postulan frente a las interacciones entre las moléculas de las dos sustancias, permiten el reconocimiento en cómo estas se organizan y se orientan de acuerdo a los comportamientos hidrofílicos e hidrofóbicos del agua y los aceites.

Se llega a construir fenomenológicamente que los comportamientos hidrofílicos e hidrofóbicos, pueden caracterizarse a partir de la identificación de cualidades, de organizarlas y hacer mediciones que permitan realizar comparaciones entre los distintos esparcimientos del

aceite, su fuerte cohesión entre sus constituyentes y el vencimiento de estas debido a las distintas polaridades que se producen, cuando entran en contacto los constituyentes de las dos sustancias.

Por ende, se considera que este enfoque fenomenológico promovió una idea de estructura en la que la disposición de los aceites va a ser de tal forma, que el aceite que posee una mayor interacción con el agua va a encontrarse cerca de esta, y tenderá a esparcirse, mientras que el aceite con menos interacción no se esparcirá, demostrando sus efectos hidrofóbicos respecto al agua.

7. Propuesta de implementación pedagógica del proyecto de investigación.

Como propuesta pedagógica las autoras plantean la realización de una Unidad Didáctica que tiene como objetivo acercar a los estudiantes a una construcción de los comportamientos hidrofílicos e hidrofóbicos, a partir de las fuerzas intermoleculares que se generan entre el agua y el aceite estando en interacción. Es así, que se abordarán las ventajas de hacer uso de esta herramienta, iniciando con la descripción general de la misma, los propósitos, los conocimientos previos, los aspectos institucionales y el contexto poblacional, para finalmente, mostrar la secuencia de actividades que se encuentran dentro de la Unidad Didáctica.

La Unidad Didáctica se presenta como una estrategia pedagógica que se aborda en fases; en esta, los conocimientos previos de los estudiantes desempeñan un papel fundamental al permitir un proceso continuo que involucra desde los cuestionamientos iniciales hasta la experimentación, la relación conceptual y la discusión de explicaciones y comprensiones. Es importante destacar que, según Arias (2017), para lograr una apropiación adecuada de los conceptos disciplinarios, es esencial no solo dominar las teorías que respaldan su enseñanza, sino también emplear estrategias y enfoques que se contextualizan en las condiciones de aprendizaje.

El contexto que se promueve aquí trasciende los límites disciplinares y busca enriquecer la comprensión y el cuestionamiento de un fenómeno a través de la historia de las ciencias y la implementación de actividades experimentales significativas en el aula. La actividad experimental en el desarrollo de la Unidad Didáctica también permite introducir elementos que ayudan a ver al fenómeno desde múltiples perspectivas y explicaciones, en lugar de limitarse a una única visión. Por lo que se reconoce que observar y prestar atención a diversas variables presentes en el fenómeno, así como establecer conexiones con lo aprendido previamente y fomentar una discusión crítica con los científicos que contribuyeron al desarrollo del conocimiento científico es primordial

en el desarrollo de todas las actividades de aprendizaje. Todo esto podría enriquecer las propias construcciones que los estudiantes realizan.

7.1. Descripción de la Unidad Didáctica

A través de esta unidad didáctica se pretende en un primer momento ampliar las experiencias de los estudiantes a partir de prácticas experimentales en las cuales se reflexione en torno a las interacciones entre el agua y distintos aceites, en un segundo momento, a través del desarrollo de diversas actividades se invita a los docentes y estudiantes a cuestionarse sobre la observación, descripción e identificación de cualidades o efectos que se identifican en la interacción de estas dos sustancias. Finalmente, se pretende que los estudiantes contemplen la posibilidad de organizar estas cualidades y variables para dar una organización a este fenómeno por medio de la construcción de explicaciones.

A lo largo de la Unidad Didáctica, se explorarán aspectos históricos que permitirán reconocer la ciencia como una actividad de la cultura, como señala Matthews (2017) La Ciencia no se presenta como una construcción inmutable e inalterable, sino que está intrínsecamente ligada a hechos, experiencias y eventos del pasado que han influido en la forma en que explicamos la naturaleza y el mundo que habitamos. Estas interpretaciones fueron evolucionando con el tiempo y han dado lugar a conceptos como los comportamientos hidrofílicos e hidrofóbicos, que son fundamentales en la comprensión actual del fenómeno.

Es importante mencionar que para la estructuración de la unidad didáctica cobra importancia el reconocimiento de los aportes de Irving Langmuir y de actividades experimentales, ya que, estas posibilitan cuestionarse sobre el fenómeno de las interacciones entre el agua y aceites, organizar cualidades y variables observables que posibiliten una mejor comprensión de los comportamientos hidrofílicos e hidrofóbicos para dar una caracterización a este fenómeno.

Las preguntas son punto de partida en el diseño que se plantea en esta Unidad Didáctica, puesto que es de interés de las autoras iniciar cada fase a través de cuestionamientos, retomando así el valor de preguntarse en la clase de Ciencias, dando cabida a construcciones previas realizadas por los estudiantes y que no sean simplemente quienes de forma unidireccional reciban un tipo de conocimiento, alentándolos a desempeñar un papel activo basado en sus experiencias.

Otro elemento clave en la Unidad Didáctica es su enfoque fenomenológico que enfatiza la actividad experimental, debido a que cuestionamos los elementos revisados desde las propiedades del agua (polaridad, solvencia, etc.) y construimos experiencias sensibles que posibiliten la generación y organización de efectos, y con ello “construir descripciones en donde se discriminen factores o efectos que han adquirido importancia, comparaciones en las que se establezcan un criterio de orden o de agrupación y relaciones entre los distintos criterios” (Malagón, Sandoval & Ayala, 2013, pp. 91-92)

Con este elemento, otro propósito de esta Unidad Didáctica es colocar a discusión los elementos conceptuales que se proponen en el currículo escolar y en los libros de texto y abordar desde un enfoque fenomenológico la construcción de explicaciones del comportamiento polar/apolar o hidrofílico/hidrofóbico del agua con diferentes aceites.

Los estudiantes con guía de su docente estarán todo el tiempo cuestionando su conocimiento previo, por medio de las prácticas a desarrollar y en dialogo con sus compañeros, se orientarán a trabajar el fenómeno de los comportamientos hidrofílicos e hidrofóbicos entre el agua y el aceite. Se espera que su pensamiento cambie a la vez que el mismo fenómeno se transforma, puesto que “participar en la construcción de una determinada fenomenología es participar en la construcción de las formas de hablar de dicho fenómeno. A medida que se adelantan elaboraciones acerca de los instrumentos y, correspondientemente, interpretaciones del fenómeno en consideración, también se va construyendo y transformando el lenguaje que lo define y limita” (Romero, 2017).

7.2. Propósito de la Unidad Didáctica

Para esta unidad Didáctica se tiene como propósito promover el desarrollo de explicaciones sobre la interacción del agua y el aceite tomando en cuenta elementos históricos y actividades experimentales que posibiliten identificar, describir, organizar e interpretar cualidades o variables del comportamiento polar/apolar o hidrofílico/hidrofóbico entre el agua con diferentes aceites.

7.3. Conocimientos previos para la Unidad Didáctica

Se considera importante en el desarrollo de esta Unidad Didáctica tener en cuenta las construcciones previas de los estudiantes que puedan participar del proceso. Las autoras así comparten que los conocimientos previos posibilitan no sólo un punto de partida, sino una riqueza cognitiva en la cual se considera que el estudiante es un ser con formaciones conceptuales que puede propiciar cuestionamientos y construir actividades experimentales con un enfoque fenomenológico, que posibiliten la interpretación o reconfiguración de la comprensión de un fenómeno.

Los conocimientos previos con sus diversos significados se potenciarán en la medida que se propone trabajo cooperativo, en el cual, los miembros de cada equipo de trabajo se relacionan en buscar darle solución a los cuestionamientos que van surgiendo a medida que el fenómeno de interés se va transformando y sus explicaciones y comprensiones se van consolidando.

Por lo anterior, los conocimientos que se esperaba que tuvieran los estudiantes para el desarrollo de la Unidad Didáctica son: Qué es una sustancia, tipos de sustancias, mezclas y sus tipos, propiedades de la materia y propiedades del agua. Estos conocimientos previos dan una base conceptual para poder abordar y profundizar sobre las interacciones entre agua y aceites, enfocándose a nivel molecular, ya que, reconociendo cómo la materia se constituye, se puede comprender posteriormente el fenómeno y lograr el objetivo de caracterizar cómo las interacciones de las sustancias de interés pueden dar cuenta de los comportamientos hidrofílicos e hidrofóbicos.

7.4. Reflexiones sobre el aprendizaje

Sobre este punto, se hace hincapié en las reflexiones en cuanto a cómo el docente puede evaluar su práctica, debido a que, de las actividades resultan no sólo cambios de conceptos y redes individuales de pensamiento, sino que es una invitación a cómo el aula de clase en sus diversas actividades puede enmarcar cambios a nivel personal y grupal, y posibilitar que el estudiante pueda preguntarse en torno a cómo aprende, reconociendo qué fue significativo, qué no lo fue, qué debe mejorar y qué debe reforzar.

Por lo tanto, es importante desde el inicio de esta Unidad didáctica realizar un seguimiento al proceso de enseñanza, en este caso particular, por parte del docente se debe considerar si se logran los objetivos trazados, ya que si bien, existen otros elementos que pueden determinar el

aprendizaje de los estudiantes, la forma como se plantean las secuencias dentro del diseño propuesto puede permitir que el acompañamiento del profesor, optimice los aprendizajes y sean más tangibles los alcances en cuanto a la caracterización de los comportamientos hidrofílicos e hidrofóbicos. Para esto, se plantean las siguientes preguntas que pueden ayudar al docente en este recorrido de implementación: ¿Qué avances o dificultades tuvieron los estudiantes con la Unidad Didáctica? ¿Qué aprendizajes debo reforzar en la siguiente unidad? ¿Qué actividades y estrategias funcionaron y cuáles no?

7.5. Aspectos Institucionales.

No debe desconocerse el contexto educativo en el que como docentes de ciencias naturales nos desenvolvemos; nuestro país ha generado por medio del Ministerio de Educación Nacional una serie de estándares propios para los distintos grados de básica primaria, básica secundaria y media.

Es un aspecto clave poder encontrar el grado más adecuado para esta propuesta de aula, ya que, consideramos los temas y ejes temáticos que a nivel nacional se establecen, es por esto, que teniendo en cuenta los Estándares Básicos de Competencias y Derechos Básicos de Aprendizaje, es el grado séptimo, el grupo focal en el cual se pretende que sea implementada la Unidad Didáctica.

Algunos de los factores más importantes están ligados con los Estándares Básicos en Ciencias naturales, entre los cuales se destacan:

- Entorno vivo: Justifico la importancia del agua en el sostenimiento de la vida.
- Compromisos personales y sociales: Reconozco que los modelos de la ciencia cambian con el tiempo y que varios pueden ser válidos simultáneamente.
- Aproximación al conocimiento científico y natural: Identifico condiciones que influyen en los resultados de un experimento y que pueden permanecer constantes o cambiar (variables).
- Diseño y realizo experimentos y verifico el efecto de modificar diversas variables para dar respuesta a preguntas.

Desde los DBA, se tiene en cuenta el siguiente enunciado:

- Explica cómo las sustancias se forman a partir de la interacción de los elementos y que estos se encuentran agrupados en un sistema periódico.

7.6. Contexto poblacional

Los estudiantes de grado 7°, a nivel nacional pueden contar con una edad de 12, 13 y 14 años, edad en la que el pensamiento formal ya se está estructurando y está además en un momento donde los saberes obtenidos, de la mano de muchos cambios en su forma de ver el mundo, da paso a cuestionar lo que han aprendido, por qué lo han aprendido, etc.

El pensamiento concreto resulta un espacio interesante en el desarrollo de esta propuesta, debido a las redes cognitivas que se van formando, y es para nosotras relevante, debido a que, es allí, donde cuestionar y determinar criterios frente a los fenómenos científicos y naturales, enfoca al docente a experimentar y poner en duda la ciencia tradicional, dando paso a una ciencia cambiante, que el estudiante además pueda ver posible modificar, no solo memorizar.

A continuación, se muestran los elementos centrales de la propuesta de implementación de la Unidad Didáctica:

SOBRE EL ESPARCIMIENTO DE LOS ACEITES EN AGUA PARA HABLAR DE LOS COMPORTAMIENTOS HIDROFÍLICOS E HIDROFÓBICOS.

Propósito: Ampliar las experiencias y construir otras explicaciones a las que se dan comúnmente para la interacción de agua y aceite, cuestionando las definiciones existentes de los comportamientos hidrofílicos e hidrofóbicos y explorando la forma en cómo se construye dicho conocimiento, por medio de prácticas experimentales que dan forma al entendimiento actual de este fenómeno.

Tabla 7 Elementos centrales de la Unidad Didáctica

ELEMENTOS CENTRALES	EXPLICACION DESDE LAS AUTORAS	ACTIVIDADES UNIDAD DIDÁCTICA
CONOCIMIENTOS PREVIOS	Los conocimientos previos posibilitan no sólo un punto de partida, sino una riqueza cognitiva, el estudiante es un ser con formaciones conceptuales que puede propiciar cuestionamientos y construir actividades experimentales que posibiliten la interpretación o reconfiguración de la comprensión de un fenómeno.	Pretest conocimientos previos sobre el agua y el aceite.
ACTIVIDAD EXPERIMENTAL	Con miras a ampliar las experiencias, se observa la interacción de las sustancias, y se profundiza a través de las formas como las sustancias se expanden, se contraen, formaban fragmentos o permanecían con formas establecidas.	-Cómo se comportan los aceites sobre agua. -Cómo se comporta el agua sobre los aceites.
ACERCAMIENTO HISTÓRICO A LA INTERACCIÓN AGUA-ACEITES	Dialogar con los científicos que se interesaron por el esparcimiento de aceite sobre el agua, contemplar las preguntas que llevaron al desarrollo de sus prácticas experimentales, los conceptos que surgen cuando realizan las explicaciones de sus comprensiones del fenómeno.	Irving Langmuir y el estudio del esparcimiento de los aceites en agua. -Lectura: Fuerzas “físicas” versus fuerzas “químicas”. - Langmuir.
ENFOQUE FENOMENOLÓGICO	Se busca identificar variables, cualidades, medir magnitudes que relacionen el esparcimiento de aceite sobre superficies de agua, para organizar el fenómeno de los comportamientos hidrofílicos e hidrofóbicos, que dan paso a una formalización.	Identificación, organización y medición de variables para caracterizar del esparcimiento de aceites sobre agua

Fuente: elaboración propia, 2023.

8. Conclusiones.

Este trabajo de investigación posibilitó para las autoras un recorrido que abarcó aspectos disciplinares, pedagógicos y personales que se integraron en alcances muy significativos, a partir de la profundización, el estudio histórico crítico y las prácticas experimentales que abrieron caminos a más cuestionamientos y a cambios de visión de la ciencia y transformaciones de las prácticas docentes, que seguramente se verán reflejados en su labor inmediata y a futuro.

El objetivo que direccionó este trabajo de investigación fue caracterizar las interacciones agua y aceites para explicar los comportamientos hidrofílicos e hidrofóbicos, considerando un estudio histórico crítico y una base fenomenológica que comprendiera las fuerzas intermoleculares para construir explicaciones en el aula; es decir, basar el estudio en los comportamientos cohesivos o expansivos de estas sustancias al estar en contacto.

El objetivo general de este trabajo de grado buscaba caracterizar las interacciones entre el agua y aceites para construir explicaciones frente a los comportamientos hidrofílicos e hidrofóbicos; como cierre de estas conclusiones, los conceptos de hidrofilia e hidrofobia e hidrofobicidad son fundamentales para entender las interacciones moleculares en diversos contextos de la ciencia y el mundo natural. Las moléculas hidrofóbicas, que no interactúan favorablemente con el agua, tienden a agruparse debido a las fuerzas de cohesión, minimizando así su exposición al agua. Por otro lado, las moléculas hidrofílicas tienen la capacidad de formar enlaces de hidrógeno con el agua, lo que les permite dispersarse fácilmente en un medio acuoso. Esta investigación ha proporcionado una visión profunda de cómo los comportamientos hidrofóbicos e hidrofílicos, impulsados por las fuerzas intermoleculares, pueden influir en la estructura y organización de sustancias como el agua y el aceite.

Los conceptos de hidrofilia e hidrofobia pueden constituir un eje temático en la escuela donde por medio de la implementación de la unidad didáctica diseñada, se pueden generar espacios interdisciplinarios donde los maestros puedan configurar las ciencias en un entramado e integración de saberes y prácticas; que los estudiantes no aprendan conceptos de forma aislada, sino que puedan contextualizar y relacionar de forma significativa con sus experiencias de vida, lo realizado hace doscientos años, comparar, debatir y construir desde una perspectiva fenomenológica, las explicaciones relacionadas con las fuerzas de atracción y repulsión que dan cuenta de la naturaleza

de las sustancias, y de efectos relacionados con la polaridad en términos de composición. Afirmándose así, que sustancias de la misma clase de polaridad, presentará comportamientos de repulsión, caso contrario cuando las sustancias que entran en contacto poseen una polaridad distinta, es decir, existe una asimetría en su composición, produciéndose efectos de atracción.

Para iniciar, se dirá respecto a la construcción de explicaciones, que las autoras lograron articular elementos de los seminarios, la profundización disciplinar, el estudio histórico crítico y las prácticas experimentales para poder configurar que las fuerzas de cohesión y adhesión hacen posible que el agua y los aceites presenten distintos comportamientos, que se basan en cómo sus moléculas interactúan, ya sea de forma atractiva o repulsiva.

Las autoras concluyen que, debido a la constitución química de los aceites, los comportamientos de las sustancias en interacción pueden variar, pero que se mantuvo un patrón respecto a los aceites y ácidos grasos que no eran producto de mezclas, como lo fue el aceite Mineral, de Canola y Oleico. También se logró establecer que existe una tensión superficial alta gracias a su alta fuerza cohesiva, representada por aceites que no se expandieron, que mantuvieron formas esféricas y que no presentaban desplazamientos sobre la superficie del agua.

Otro aspecto a resaltar fue el comportamiento del aceite de Oliva, ya que, al ser una mezcla de ácido Palmítico, Linoleico y Oleico, evidenció un comportamiento totalmente distinto, esto debido a que al no ser un aceite puro, posee constituyentes que frente al agua demostraron formas irregulares, baja tensión superficial, una dispersión instantánea y a una serie de cambios de organización que se caracterizaron en la observación en fragmentos de aceite que aumentaban su diámetro, se agrandaban, luego se unían y quedaban como dos grandes estructuras finales en forma de un borde y un centro.

Se concluye además que, a partir del diálogo con autores que se abordaron en el estudio histórico, que las preguntas que surgían en las autoras eran similares a la de Langmuir, Pockels y Rayleigh, no obstante, las prácticas experimentales propias arrojaron resultados que fueron novedosos respecto a lo consultado en la literatura. El ácido Oleico por ejemplo evidenció una alta tensión superficial, es decir, una dispersión casi nula al interactuar con el agua, aspecto que no se dio con autores como Pockels y Langmuir; sin embargo, la ciencia está para poder contrastar y aprender de la experiencia; cabe anotar aquí que no se pretendía emular los trabajos de los autores,

sus prácticas experimentales enriquecieron las miradas al fenómeno, a la construcción de explicaciones y el comprar resultados, para poder generar más cuestionamientos al respecto.

Fue claro que los alcances de comprensión y construcción de explicaciones evocaron a que lo que se comprende como hidrofílico e hidrofóbico puede y debe abordarse a nivel escolar con mayor complejidad, que, como docentes de Ciencias, se tiene una responsabilidad que trasciende a mostrar teorías, principios y experimentos en clase; los fenómenos deben ser parte del currículo, de las planeaciones, que sean un elemento atractivo y accesible a los estudiantes, en donde su papel se complejice y sean ellos los que cuestionen las reglas ya marcadas por los libros de texto y la visión antigua de una ciencia con todas las verdades establecidas.

Para enunciar y establecer las conclusiones respecto a los objetivos específicos planteados, se desarrollan a continuación, para hacer evidente los alcances desde la discusión de los resultados obtenidos.

El primer objetivo específico se enmarcaba en realizar un estudio histórico crítico del agua y el agua en interacción con los aceites, y como ello podría posibilitar explicaciones respecto a lo hidrofílico e hidrofóbico; este objetivo logró desencadenar en las autoras una serie de inquietudes relacionadas con el contexto de surgimiento, datos socioeconómicos y una recopilación de experiencias de décadas anteriores, que enriquecieron las formas de comprender el fenómeno, proporcionaron un dialogo donde las motivaciones de cada uno de los autores, se apropió al leer, estudiar, representar y comprender sus experimentos y publicaciones, permitiendo espacios de indagación frente a sus intereses y los propios.

Las autoras recorrieron un camino que evidenció que, para abordar un fenómeno, existen diversas formas, dependiendo de las preguntas propuestas, la época y las técnicas de experimentación con que se cuenten. En el caso propio, las prácticas fueron de la mano de los cuestionamientos que el fenómeno nos suscitaba, con cada asesoría, cada pregunta, posibilitó espacios donde las experiencias fortalecían y ayudaban a evidenciar comportamientos entre los aceites y el agua, así como plantear explicaciones a partir de la literatura.

Seguido a ello, las prácticas experimentales fueron un elemento fundamental para poder construir explicaciones. La observación de los comportamientos de los aceites posibilitó la indagación; además de conectarse con un enfoque fenomenológico que hizo de las autoras, sujetos

que transformaron todo el tiempo sus nociones, las convirtieron en conceptos y lograron articular que las fuerzas intermoleculares explican los comportamientos de los aceites en interacción con el agua en cuanto a sus atracciones y repulsiones, obedeciendo a estructuras químicas y grupos funcionales que promueven o no cohesión y adhesión entre las moléculas.

Frente a esto, las autoras iniciaron su proyecto de investigación con nociones relacionadas a agua y aceites mediados por la densidad de ambas sustancias, pero ignoraban en la práctica y observaciones intencionadas, que su aproximación variaría tanto; al profundizar en elementos teóricos y conceptuales, fueron saliendo a la luz, aspectos como las fuerzas intermoleculares, y estas, explicadas desde la naturaleza química de las moléculas y átomos que se relacionan formando capas, expandiéndose, permaneciendo con formas esféricas o simplemente con formas irregulares que obedecen a la existencia o no de grupos funcionales.

Las experiencias lograron ser sistematizadas, aquí la observación de los detalles en las formas, colores, organizaciones y estructuras, fueron relevantes para poder contrastar, comprender y caracterizar aceites al estar en contacto con el agua.

La actividad experimental se considera, como una herramienta que abre oportunidades educativas al interesarse por el fenómeno, buscar formas de cambiar las disposiciones de los montajes, cuestionar lo establecido en los textos y ver al fenómeno cambiante, en un mundo donde las variables, las fallas, los resultados pueden asombrar y las sustancias dar respuestas, pero más preguntas al observador.

La propuesta de aula enmarcada en una unidad didáctica logró establecerse por medio de una perspectiva fenomenológica, a través de la formulación de preguntas, espacios de indagación a partir de ellas y prácticas experimentales que buscan que los estudiantes no sólo tengan un acercamiento a los comportamientos de hidrofilia e hidrofobia, sino al camino que esto conlleva, donde el sujeto todo el tiempo se cuestiona, no acepta respuestas fijas, percibe a la ciencia como un camino de investigación sin pretensiones a verdades absolutas y donde es posible reconocer que la historia contribuya y posibilite cuestionar el presente y lo que se ha hecho.

Las autoras tuvieron por medio del desarrollo de esta investigación y los seminarios de la Maestría reflexiones que las invitan a repensar su labor, el mensaje que se le están brindando a los estudiantes en distintos contextos, la visión de ciencia que se quiere romper y la que se quiere

plantear, sobre las tensiones que posibilitan autoevaluarse y cuestionarse, sobre el papel de las preguntas, las prácticas experimentales y la ciencia como una actividad que se enriquece y surge de la cultura.

Frente a ello, se concluye que la ciencia es parte del conocimiento que la cultura construye, no es una arista apartada e individual que actúa por sí misma en un mundo aislado; la ciencia se construye en contextos sociales, económicos y políticos que se establecen y afectan el qué hacer, el cómo hacer y el dónde implementar. Por ello en este estudio, la historia de las ciencias desempeñó un papel muy importante, concluyendo que los aportes no sólo en la profundización de un fenómeno son notables y significativos, sino que proporcionan más indagación, más cuestionamientos, a la vez que posibilitan contextos que dan razón a lo que los científicos se preguntaban y desarrollaban años atrás.

Bibliografía.

- Adam, N. K. (1929). The structure of surface films on water. *The Journal of Physical Chemistry*, 29(1), 87-101.

-Asimov, I. (2013). Breve historia de la química. Alianza Editorial.

-American Society Chemistry (2023). La revolución química de Antoine Lavoisier. <https://www.acs.org/education/whatischemistry/landmarks/historia-quimica/lavoisier.html>

- Arias Gómez, D. H., y Torres Puentes, E. (2017). Unidades didácticas. Herramientas de la enseñanza. *Noria Investigación Educativa*, 1(1), 41–47. <https://doi.org/10.14483/25905791.13072>

-Becerra, A. y Vásquez, E. (2013). La investigación dirigida enfocada al estudio de la contaminación química del agua como estrategia para el desarrollo de competencias. <http://repository.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/236/TO-16069.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

-De Benjamin Franklin a William Brownrigg, 7 de noviembre de 1773”, Founders Online, Archivos Nacionales, <https://founders.archives.gov/documents/Franklin/01-20-02-0250>. [Fuente original: *The Papers of Benjamin Franklin*, vol. 20, del 1 de enero al 31 de diciembre de 1773, ed. Guillermo B. Willcox. New Haven y Londres: Yale University Press, 1976, págs. 463–474.]

-Georges, Jean. (2000) Bachelard, la infancia y la pedagogía. Capítulo II. Fondo de cultura económica Ltda. Bogotá.

-Galindo, A. A. (2006). Construcción de explicaciones científicas escolares. *Revista Educación y Pedagogía*, Medellín, Universidad de Antioquia, Facultad de Educación, vol. XVIII, núm. 45, (mayo-agosto), 2006, pp. 73-83.

-Giraldo, M.; Cañada, F.; Dávila, M. & Melo, L. (2021). Ideas alternativas de los alumnos de secundaria sobre las propiedades físicas y químicas del agua. <https://doi.org/10.17227/01213814.37ted63.75>

-Guerrero, Manuel. (2012). El agua. Fondo de cultura económica. México.

-Grapí, Pere (Editor) (2012) La Representación de lo Invisible. Tabla de los diferentes rapports observados en química entre diferentes sustancias. Publicaciones Universidad de Alicante.

-Kotsias, B. A (2010). La mancha de petróleo y la membrana celular. MEDICINA - Volumen 70 - N.º 4, 2010. <http://www.scielo.org.ar/pdf/medba/v70n4/v70n4a18.pdf>

-Lavoisier, A. (1770). Acerca de la naturaleza del agua y las experiencias por las cuales se ha pretendido probar la posibilidad de su cambio en tierra. Memorias de la academia de ciencias.

-Langmuir, I. (1917). The constitution and fundamental properties of solids and liquids. II. Liquids. Journal of the American chemical society, 39(9), 1848-1906.

-Langmuir, I. (1920). The mechanism of the Surface phenomena of flotation. Transactions of the Faraday Society, 15(June), 62-74.

-Langmuir, I. (1931). Experiments with oil on water. Journal of Chemical Education, 8(5), 850.

-Malagón, F.; Sandoval, S. Ayala, M. (2013). la actividad experimental: construcción de fenomenologías y procesos de formalización. Praxis Filosófica. <https://www.redalyc.org/pdf/2090/209029792006.pdf>

-Mathews. M. (2017). La enseñanza de la ciencia. Un enfoque desde la historia y la filosofía de la ciencia. Fondo de cultura económica. México.

-Mèlich, J. C. (2005). La persistencia de la metamorfosis. Ensayo de una antropología pedagógica de la finitud. revista Educación y Pedagogía, (42), 11-27.

-Ministerio de educación Nacional (2010). Colombia aprende. Cartilla Ciencias Naturales y educación ambiental. Bogotá, Colombia. Ministerio de Educación Nacional.

-Ministerio de Educación Nacional (2006). Estándares Básicos de Competencias Lenguaje, Matemáticas, Ciencias y Ciudadanía. Bogotá, Colombia: Ministerio de Educación Nacional de Colombia.

-Montero Anzola, J. (2007). La fenomenología de la conciencia en E. Husserl. Universitas Philosophica, 24(48).

- Motta, C. (2020). Pensando la experimentación en el campo de la electrostática un estudio histórico para la enseñanza de los fenómenos de atracción y repulsión en grado sexto, desde una perspectiva fenomenológica. Universidad Pedagógica Nacional.

- Norris, S. P., Guilbert, S. M., Smith, M. L., Hakimelahi, S., & Phillips, L. M. (2005). A theoretical framework for narrative explanation in science. *Science education*, 89(4), 535-563.

- Osorio, S. S., Sánchez, J. F. M., & Manrique, M. M. A. (2011). El papel de la actividad experimental en la ordenación de cualidades y construcción de fenomenologías. *Revista científica*, 13(1), 155-161.

-Piñeros, F. J. (2018). El caso de la molécula del agua: caracterización del uso del lenguaje químico en el discurso del docente en Química <http://repository.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/11075/TO-23007.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

-Plinio el Viejo. *Historia Natural*. Libro XII- XVI. Editorial Gredos S.A, 2010. España. <https://tiresioterrestino.blog/wp-content/uploads/2020/05/Plinio-El-Viejo-Historia-Natural-Libros-XII-XVI.pdf>

-Plinio el Viejo. *Historia Natural*. Libro I-II. Editorial Gredos S.A, 2010. España. https://www.mercaba.es/roma/historia_natural_I-II_de_plinio_el_viejo.pdf

-Pockels, A. (1892). Surface tension. *Nature*, 43(1115), 437-439.

-Pockels, A. (1893), Relations Between the Surface-Tension and Relative Contamination of Water Surfaces. *Nature* 48, 152–154 (1893). <https://doi.org/10.1038/048152a0>

-Pockels, A. (1893). Relations between the surface-tension and relative contamination of water surfaces. *Nature*, 48(1233), 152-154.

-Pockels, A. (1894). On the spreading of oil upon water. *Nature*, 50(1288), 223-224.

-Rayleigh, L. (1889). On the tension of recently formed liquid surfaces. *Proceedings of the Royal Society of London*, 47, 281-287.

- Rayleigh, L. (1890). XXXIV. On the theory of surface forces. *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, 30(185), 285-298.

- Roca Tort, Montserrat (2005). Las preguntas en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Revista Educar n°33. Cataluña. España.
- Romero, Ángel. 2017. La experimentación en la clase de ciencias Aportes a una enseñanza de las ciencias contextualizada con reflexiones meta científicas. Editorial Universidad de Antioquia. Antioquia. <https://educar.unileon.es/Antigua/Didactic/UD.htm>
- Sandoval, S., Malagón, J., Garzón, M., Ayala, M., Tarazona, L. (2018). Una perspectiva fenomenológica para la enseñanza de las ciencias. <http://hdl.handle.net/20.500.12209/9423>.
- Sánchez, P. y Ruiz, A. (2013). El conocimiento sobre el agua a lo largo de la historia de la química.
- Szigety, E., Viau, J., Ferreira, M. A. T., & Gibbs, H. (2012). Tensión superficial: un modelo experimental con materiales sencillos. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 9(3), 393-400.
- Tanford, C. (2004). Ben Franklin stilled the waves: An informal history of pouring oil on water with reflections on the ups and downs of scientific life in general. OUP Oxford. Faraday, M. (1860). Various forces of matter and their relations to each other. University of Gasglow. London.
- Terán, L. V. (2014). Características de los líquidos. Vida Científica Boletín Científico de la Escuela Preparatoria No. 4, 2(4).
- Vettorel, S., Tabares, I., & Oliva, A. (2016). 7404-16 Física Electroestática.
- Zuleta, E. (2018). Tribulación y felicidad del pensamiento-Antología del pensamiento Social en Colombia. Universidad Santiago de Cali.

Anexos.

8.1. Anexo 1. Unidad Didáctica.

UNIDAD DIDÁCTICA.

SOBRE EL ESPARCIMIENTO DE LOS ACEITES EN AGUA PARA HABLAR DE LOS COMPORTAMIENTOS HIDROFÍLICOS E HIDROFÓBICOS.



DESCRIPCIÓN

En la vida cotidiana, es común observar cómo diferentes sustancias al entrar en contacto interactúan de maneras que nos permiten identificar la formación de mezclas homogéneas, las cuales a veces pueden mostrar un ligero estado de turbidez o un cambio en el color. Sin embargo, también existen situaciones en las que, al mezclar sustancias, no se combinan, exhibiendo un comportamiento diferente. Este es precisamente el caso cuando se mezcla agua y aceite.

Pensar en el comportamiento del agua con aceite suele vincularse a explicaciones relacionadas con mezclas heterogéneas, justificándose con propiedades de insolubilidad o diferencias de densidad para comprender el comportamiento de estas dos sustancias. No obstante, surgen otras explicaciones para dar cuenta de las observaciones, específicamente mediante el análisis de las propiedades hidrofílicas e hidrofóbicas que emergen de la interacción entre estas dos sustancias. Es en este contexto que se enfoca el diseño de la Unidad Didáctica: "**Sobre el**

esparcimiento de los aceites en agua", con el propósito de abordar los comportamientos hidrofílicos e hidrofóbicos.

A través de esta unidad didáctica se pretende en un primer momento ampliar las experiencias de los estudiantes a partir de prácticas experimentales en las cuales se reflexione en torno a las interacciones entre el agua y distintos aceites, en un segundo momento, a través del desarrollo de diversas actividades se invita al docente y a los estudiantes a cuestionarse sobre la observación, descripción e identificación de cualidades o efectos de la interacción de estas dos sustancias. Finalmente, se pretende que los estudiantes contemplen la posibilidad de caracterizar estas cualidades y variables para dar una organización a este fenómeno por medio de la construcción de explicaciones, haciendo uso de los análisis de las prácticas experimentales y del acercamiento a las publicaciones de Irving Langmuir.

La UD consta de cuatro secuencias de aprendizaje con un total de siete actividades, las cuales están direccionadas a la experimentación y la ampliación de experiencia de los estudiantes sobre los diferentes comportamientos de distintas sustancias aceitosas con agua, a la posterior medición, organización y comparación de los distintos aceites; es importante mencionar que por medio de preguntas, se visibilizarán las construcciones previas de los estudiantes, en cuanto son un elemento relevante para abordar las actividades y se entretajan relaciones conceptuales y experimentales. Finalmente se aborda el trabajo realizado por Irving Langmuir sobre su investigación del esparcimiento de aceites sobre agua como un acercamiento a la historia de las ciencias, la cual aporta en gran medida al reconocer el recorrido de las ideas y prácticas desarrolladas por autores y se puede llevar a cabo un diálogo con ellos sobre el fenómeno en particular. Para este diseño se socializará y discutirá la publicación de 1931.

ORIENTACIONES PARA EL PROFESOR

Para el desarrollo de esta UD las preguntas desempeñan un papel fundamental ya que los estudiantes al formularlas con el tiempo construyen habilidades de pensamiento de orden superior. Al plantear preguntas, se anima a los estudiantes a asumir riesgos y presentar sus propias construcciones mentales y cognitivas, además de cuestionarlas. Esto conduce a una reflexión sobre sus perspectivas iniciales, les brinda la oportunidad de contrastarlas y entender cómo su comprensión de las interacciones entre el agua y el aceite evoluciona, enriquece a través de

diversas explicaciones que el docente debe propiciar y generar espacios a nivel experimental, para que los estudiantes puedan comparar y generar explicaciones sobre los comportamientos e interacción de estas dos sustancias.

Se sugieren algunas preguntas que podrían ir direccionando el desarrollo de la UD: ¿Cómo interactúan el agua y aceite? ¿se comportan todos los aceites de la misma forma? ¿si no es así, a que causas se atribuyen esas diferencias y cómo estudiarlas desde una perspectiva fenomenológica?

Después de las actividades experimentales es menester preguntarse ¿los aceites al interactuar con el agua dan paso a comprender y explicar a qué se refieren los comportamientos hidrofílicos e hidrofóbicos?

En este punto, el ideal es que el estudiante comprenda que el agua no actúa ni se encuentra de forma aislada, sino que interacciona con otras sustancias, las cuales poseen comportamientos distintos.

Finalmente se espera que, con las actividades propuestas, los estudiantes junto con el docente puedan discutir, construir explicaciones y reconfigurar la forma en como comprenden las propiedades del agua en interacción con otras sustancias. Las preguntas orientadoras podrían ser ¿Es la polaridad del agua responsable de la manera cómo interactúan los aceites? ¿Hay fuerzas de cohesión en el agua, cómo saberlo? ¿Actúan estas a favor o en contra de relacionarse con los aceites? ¿Puede haber repulsión y atracción entre estas sustancias? ¿Qué comprendes por hidrofílico e hidrofóbico?

Los conceptos científicos que deben reconfigurar conceptualmente los estudiantes a partir de las prácticas experimentales y la revisión histórica de los aportes de Langmuir desarrollada en la Unidad Didáctica son sus observaciones e interpretaciones sobre: comportamiento Hidrofílico-Hidrofóbico, Interacciones, fuerzas de cohesión, fuerzas de repulsión y fuerzas de atracción.

ORIENTACIONES PARA EL ESTUDIANTE

La propuesta que se pretende desarrollar busca que las interacciones del agua con aceites puedan abordarse desde una perspectiva fenomenológica, esto quiere decir que en este recorrido, las preguntas serán muy importantes y el trabajo experimental igual; con equipos, lo que se piensa

sobre el agua los aceites, cómo se imaginan, como se han visto y observado, cambiará, como estudiante se tendrá la oportunidad de modificar lo que se percibe de estas sustancias.

Por tal razón es necesario que como estudiante se conciba la importancia de profundizar el estudio del agua desde distintas miradas, retomadas de las clases de ciencias naturales, física o química, para trascender en pensar que todas las propiedades que generan una serie de beneficios ecosistémicos, a nivel orgánico y celular, son a causa de la forma en cómo se relaciona con otras sustancias.

Las explicaciones que surgen en el desarrollo de la UD estarán influenciadas por las prácticas experimentales realizadas y por las comprensiones que alcance cada estudiante, que pueden ir cambiando a medida que se construyen variables para estudiar la forma en como interactúa el agua y los aceites. El objetivo es ampliar la experiencia mediante secuencias de aprendizaje y se espera que, para la construcción de explicaciones, se incorpore el estudio histórico del esparcimiento de aceites sobre agua profundizando en los aportes del científico Irving Langmuir. Para este ejercicio, es relevante el papel de las preguntas y cómo estas pueden propiciar espacios donde puedan evidenciarse descripciones, tablas y datos, análisis de información y reconfiguración del fenómeno.

Las discusiones deben girar en torno a relacionar no solo a propiedades intrínsecas del agua como la polaridad, o las fuerzas de cohesión en las moléculas de las sustancias, sino también en los efectos, comportamientos y variables que resultan de la interacción con sustancias aceitosas, por lo que deben primar cuestionamientos sobre ¿Por qué se expande o no se expande el aceite? ¿Qué hace que haya menos expansión? ¿Cómo se está entendiendo la interacción en términos de una mayor o menor repulsión del agua? ¿Cuándo hablamos de características polares en el agua, en qué momento de nuestra actividad experimental se pueden observar comportamientos polares/apolares o hidrofílicos/ hidrofóbicos?

OBJETIVO DE LA UNIDAD DIDACTICA

Ampliar las experiencias y construir otras explicaciones a las que se dan comúnmente para la interacción de agua y aceite, cuestionando las definiciones existentes de los comportamientos hidrofílicos e hidrofóbicos y explorando la forma en cómo se construye dicho conocimiento, por medio de un estudio histórico y de prácticas experimentales que han dado forma a nuestro entendimiento actual de este fenómeno.

OBJETIVOS DE ENSEÑANZA

CONCEPTUALES	Caracterizar los efectos de interacción entre agua y aceite en términos de fuerzas de cohesión, atracción y repulsión
	Reconocer los aportes del estudio histórico del esparcimiento de aceites en agua a partir de los aportes de Irving Langmuir como una estrategia para desarrollar nuevas formas de comprender las interacciones entre estas sustancias.
	Construir explicaciones de las distintas interacciones del aceite con el agua, tomando en cuenta las caracterizaciones y organización de variables observadas en las prácticas experimentales para dar respuesta a los comportamientos hidrolíticos e hidrofóbicos de las sustancias.
PROCEDIMENTALES	Comparar mediante prácticas experimentales el comportamiento de distintos aceites en agua, estableciendo variables o efectos que puedan ser medibles
	Organizar cualidades, comportamientos o efectos identificados en la práctica experimental con el agua y diferentes tipos de aceites.
VALORES Y ACTITUDES	Fomentar la indagación y la comprensión de por qué el agua y el aceite no se mezclan, estimulando la curiosidad y el interés en las ciencias, con el propósito de que las personas adquieran conocimientos fundamentales sobre las propiedades físicas y químicas involucradas en este proceso.
	Reflexionar y dar claridad con respecto a las creencias, los hechos y las interpretaciones sobre porque el aceite permanece en la “parte de arriba” del agua.

EVALUACIÓN

La evaluación tendrá en cuenta la forma de organización de los datos, las observaciones detalladas, las representaciones y el registro fotográfico sistemático, para el desarrollo de las actividades propuestas en la Unidad Didáctica. Cada secuencia de aprendizaje cuenta con actividades y entregables que permiten evaluar los objetivos de aprendizaje. Adicionalmente se propone una rúbrica que sirve para evaluar el proceso formativo. Esta rúbrica fomenta la autoevaluación reflexiva sobre el logro de los objetivos de la unidad didáctica, destacando criterios donde el estudiante ha sobresalido y donde puede mejorar. Por favor coloque la puntuación escogida por usted, al finalizar sume el puntaje obtenido.

Objetivo de aprendizaje	Criterios	Nivel				Puntuación
		Excelente (4)	Satisfactorio (3)	Puede mejorar (2)	Inadecuado (1)	
Objetivo UD	Ampliación de la experiencia	Amplía significativamente las experiencias más allá de las comunes, proporcionando una visión compleja del fenómeno.	Amplía las experiencias más allá de las comunes, incluyendo algunas explicaciones adicionales del fenómeno.	Amplía algunas experiencias, pero no fueron usadas para la comprensión del fenómeno.	La ampliación de experiencias fue mínima o inexistente para la comprensión del fenómeno.	
Objetivo UD	Cuestionamiento del conocimiento científico	Cuestiona de manera profunda y crítica las definiciones existentes de comportamientos hidrofílicos e hidrofóbicos, identificando sus limitaciones y posibles sesgos.	Cuestiona las definiciones existentes, señalando algunas limitaciones.	Cuestiona las definiciones existentes en cierta medida, pero no encuentra limitaciones ni posibles sesgos	El cuestionamiento de las definiciones existentes fue superficial o no se abordó.	

Objetivo conceptual	Aportes de Irving Langmuir	Reconozco de manera sólida los aportes históricos del trabajo de Langmuir sobre el esparcimiento de aceites en agua y cómo ha influido en la comprensión de las interacciones entre estas sustancias.	Reconozco los aportes históricos del trabajo de Langmuir, aunque podría profundizar en la conexión entre el estudio histórico y la comprensión actual del fenómeno.	Reconozco algunos aportes históricos del trabajo de Langmuir, pero la conexión con la comprensión actual es limitada.	El reconocimiento de aportes históricos es insuficiente o inexistente.	
Objetivo procedimental	Prácticas Experimentales	Diseñé y llevé a cabo prácticas experimentales de manera rigurosa, realizando un análisis profundo de los datos y de los hallazgos.	Realicé prácticas experimentales, aunque podría haber mejorado la rigurosidad y el análisis de datos.	Realicé prácticas experimentales, pero con limitaciones en términos de rigurosidad y análisis.	Las prácticas experimentales fueron deficientes o no se llevaron a cabo adecuadamente.	
Objetivo conceptual	Reflexión sobre la Construcción del Conocimiento Científico	Reflexioné sobre cómo se construye el conocimiento científico en este fenómeno, considerando la influencia de aportes históricos y experimentales.	Reflexioné sobre la construcción del conocimiento científico, aunque no tome en cuenta los aportes históricos.	No reflexioné sobre la construcción del conocimiento científico, pero sí sobre la importancia de las actividades experimentales	La reflexión sobre la construcción del conocimiento fue superficial o ausente.	
Objetivo procedimental	Caracterización de efectos de interacción	Puedo caracterizar de manera clara y precisa los efectos de interacción entre agua y aceite, explicando su interacción en términos de fuerzas de cohesión, atracción y repulsión involucradas.	Puedo caracterizar adecuadamente los efectos de interacción, pero sin profundidad o detalle en la explicación de las fuerzas involucradas.	Puedo caracterizar levemente los efectos de interacción, pero sin profundidad o detalle en la explicación de las fuerzas involucradas.	La caracterización de los efectos de interacción es insuficiente o inexistente.	

Objetivo procedimental	Comparación Experimental de Comportamiento	Compara de manera efectiva el comportamiento de distintos aceites en agua a través de prácticas experimentales, identificando variables medibles.	Realiza Comparaciones de distintos aceites, aunque podría haber mejorado la identificación de variables medibles o la precisión en las observaciones.	La comparación experimental es básica, con limitaciones en la identificación de variables o en la medición de efectos.	La comparación experimental es deficiente o no se realizó adecuadamente.	
Objetivo conceptual	Construcción de Explicaciones	Puedo construir explicaciones sólidas de las interacciones del aceite con el agua, utilizando las caracterizaciones y variables observadas en las prácticas experimentales.	Puedo construir explicaciones, aunque no hay una conexión entre las variables observadas y los comportamientos hidrolíticos e hidrofóbicos.	La construcción de explicaciones es básica, con limitaciones en la organización de variables observadas.	La construcción de explicaciones es deficiente o inexistente.	
Objetivo procedimental	Organización de Cualidades y Efectos	Organizo de manera clara las cualidades, comportamientos y efectos identificados en la práctica experimental con agua y diferentes aceites.	Organicé la información, aunque no establecí con claridad, la relación entre cualidades y efectos.	La organización de la información es básica, con dificultades en la claridad y la relación entre variables.	La organización de la información es confusa o no se logró adecuadamente	
Objetivo Valores y actitudes	Fomento de Indagación y Comprensión	Fomento efectivamente la indagación y comprensión sobre por qué el agua y el aceite no se mezclan, estimulando la curiosidad y el interés en las ciencias.	Fomento la indagación y comprensión, aunque podría haber involucrado más activamente a otros en el proceso.	El fomento de la información es básico, con limitaciones en la estimulación de la curiosidad y el interés.	El fomento de la indagación es deficiente o inexistente.	

SECUENCIAS DE APRENDIZAJE

No	Secuencia de aprendizaje	Objetivo de cada secuencia	Tiempo de actividad	Actividades de cada secuencia	Objetivo de cada actividad	Recursos Didácticos
1	Acercamiento a la naturaleza del agua y el aceite.	Ampliar las experiencias entorno a la interacción agua-aceites.	1 sesión 60 min	<p>Actividad 1. Pre test Conocimientos previos sobre el agua y el aceite.</p> <p>Lectura: El agua y el aceite, dos líquidos excepcionales.</p>	Identificar los conocimientos previos de los estudiantes sobre las propiedades del agua y del aceite, reconociendo las explicaciones usadas cuando interactúan estas dos sustancias.	-Lectura -pre test
			½ sesión 30 min	<p>Actividad 2. Practica experimental 1. Cómo se comportan los aceites sobre agua.</p>	Proponer actividades experimentales que permitan identificar, observar y describir el comportamiento entre el agua y (4) tipos de aceites.	Tabla 1. Anotaciones de aceite sobre agua Taller.

			½ sesión 30 min	Actividad 3. Práctica experimental 2. Invierte el orden de las superficies ¿Qué pasa con la gota de agua?	Observar y comparar los comportamientos que tiene una gota de agua cuando es colocada sobre la superficie de (4) tipos de aceite.	Practica experimental Tabla 2. Anotaciones de agua sobre aceite
2	Acercamiento a Irving Langmuir y el estudio del esparcimiento de los aceites en agua.	Comprender los aportes de Irving Langmuir y las prácticas experimentales entre el agua y los aceites	1 sesión 60 min	Actividad 4. Irving Langmuir y el estudio del esparcimiento de los aceites en agua.	Identificar elementos relevantes del trabajo de Irving Langmuir sobre el esparcimiento de aceite en agua, que posibilite cuestionar la forma en como abordó el fenómeno de interacción de las dos sustancias y que sirva de insumo para la posterior construcción de explicaciones sobre los comportamientos hidrofílicos e hidrofóbicos.	Fragmentos de la publicación de Irving Langmuir (4) Taller. Aportes al fenómeno del esparcimiento de aceite

3	Cómo interactúan las sustancias aceitosas con agua	Organizar el fenómeno de la interacción agua y aceite para construir explicaciones de por qué los aceites se comportan de formas distintas	1 sesión 60 min	Actividad 5. Practica experimental 3. Organizando el fenómeno del esparcimiento de aceite sobre agua.	Organizar las variables y cualidades de la interacción entre las dos sustancias, resaltando similitudes, diferencias y especulaciones de su comportamiento.	Lectura: Fuerzas “físicas” versus fuerzas “químicas”. - Irving Langmuir. Tabla 3. Aceite sobre agua, con variables.
			1 sesión 60 min	Actividad 6. Taller. Cálculo del grosor de una película de aceite.	Organizar el fenómeno del esparcimiento de una gota de cuatro tipos de aceites sobre una superficie de agua, por medio del cálculo del espesor de la capa de aceite.	Tabla 4. Datos de cuantas gotas son 1 mL de aceite. Tabla 5. Cálculo del espesor de una gota de aceite. -Informe de laboratorio
4	Construyendo explicaciones sobre los comportamientos hidrofílicos e hidrofóbicos.	Construir explicaciones del comportamiento hidrofílico e hidrofóbico a través del estudio histórico y de prácticas	1 sesión 60 min	Actividad 7. Construyendo explicaciones sobre los comportamientos hidrofílicos e hidrofóbicos	Construye explicaciones de las distintas interacciones del aceite con el agua, tomando en cuenta las caracterizaciones y organización	Lectura. Comprensiones sobre los comportamientos hidrofílicos e hidrofóbicos Poster-interpretación y

		experimentales de la interacción agua y aceites.			de variables observadas en las prácticas experimentales para dar respuesta a los comportamientos hidrolíticos e hidrofóbicos de las sustancias.	explicación de los diferentes aceites en agua (fotografías)
Secuencias totales	4	Sesiones totales	6	Tiempo total	6 horas	

SECUENCIA DE APRENDIZAJE I

ACERCAMIENTO A LA NATURALEZA DEL AGUA Y DE LOS ACEITES.

Objetivo de aprendizaje: Identificar las concepciones previas de los estudiantes sobre las propiedades del agua y del aceite, reconociendo las explicaciones usadas cuando interactúan estas dos sustancias.

ACTIVIDAD 1. Conocimientos previos sobre el agua y el aceite

Objetivo de aprendizaje: Hacer emerger las ideas previas con relación al agua y el aceite.

1- El agua y el aceite ¿se mezclan fácilmente?

- a. Si
- b. No
- c. No sé

2- ¿Forman una mezcla homogénea cuando se agitan juntos?

- a. Si
- b. No
- c. No sé

3- ¿La diferencia de densidades entre el agua y el aceite afecta la capacidad para mezclarse?

- a. Si
- b. No

c. No sé

4- ¿El aumento de la temperatura permite que el agua y el aceite se mezclen?

a. Si

b. No

c. No sé

5- ¿Las características del agua y del aceite influye en su capacidad para mezclarse?

a. Si

b. No

c. No sé

6- ¿Qué características caracterizan al agua? ¿Qué características crees que definen al aceite?

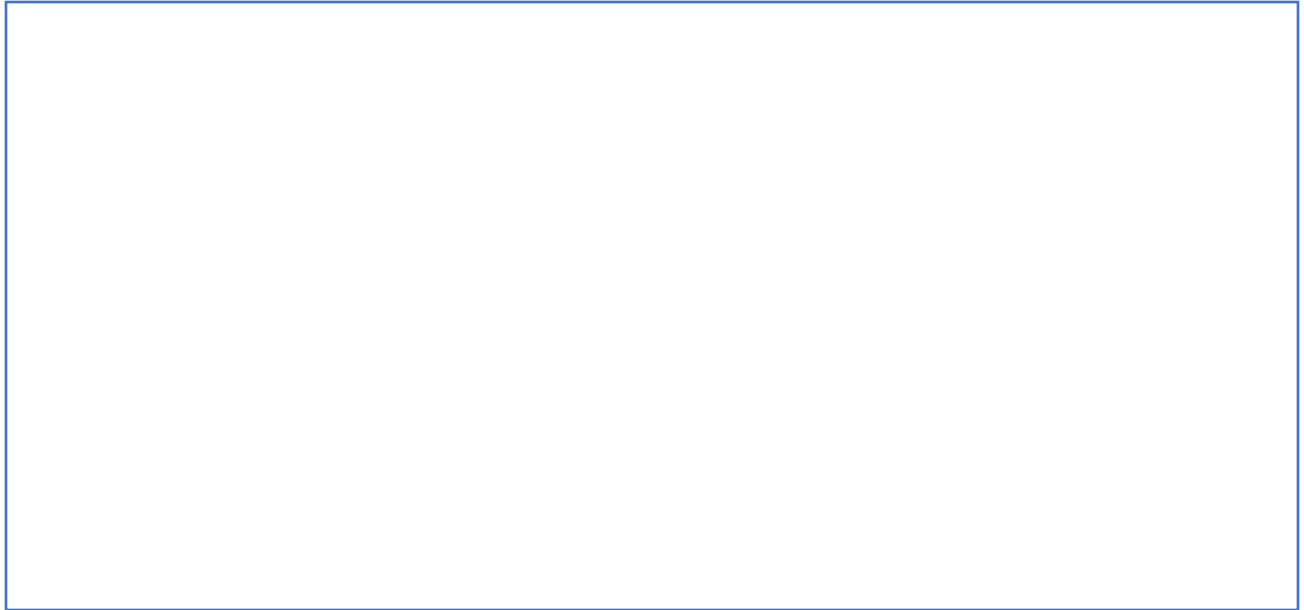
7- ¿Crees que todos los aceites son iguales, o consideras diferencias entre ellos?

8- ¿Has notado alguna vez la interacción entre el agua y el aceite? ¿Cómo describirías esa interacción?

9- ¿Qué crees que causa la dificultad para mezclar agua y aceite?

10- Con base a tu respuesta anterior ¿Cómo explicarías la interacción?

11- Representa por medio de un esquema, dibujo o representación que esperas que ocurra cuando se adiciona una gota de aceite con agua.



Con tus respuestas y las de tus compañeros, socialicen las respuestas dadas. El docente guiará la discusión con relación a la siguiente pregunta: ¿Cómo se comportan los aceites en agua?

Escribe tu hipótesis:

Lectura 1. El agua y los aceites, ¡dos líquidos excepcionales!

El agua es una sustancia poco común, casi todas sus propiedades parecen encontrarse al revés: es un líquido a temperatura ambiente cuando debería ser un gas; su forma sólida (hielo) flota en su forma líquida; lejos de parecerse a un líquido normal en el que sus moléculas se mueven con mucha independencia, en el agua existe un cierto orden colectivo, es decir, las moléculas se "pegan" unas a otras y ello le confiere valores extremadamente altos en su viscosidad, tensión superficial y calores latentes de evaporación y solidificación (Legarreta, 1991).

El agua ha sido una sustancia que ha inquietado a distintos científicos debido, por una parte, a sus propiedades físicas y químicas, que resaltan su papel en diferentes procesos químicos, biológicos y bioquímicos y por otra, por ser una sustancia que ha estado presente en diferentes contextos cotidianos.

El agua participa en una amplia variedad de fenómenos, aunque desde la perspectiva personal, su complejidad a menudo pasa desapercibida. Se considera como una sustancia que interviene y facilita procesos en los seres vivos. Sin embargo, rara vez se le concede el espacio necesario para discutir que su composición química y estructura influyen en procesos como cuando interactúa con otras sustancias de distinta naturaleza. Se habla del papel fundamental de los puentes de hidrógeno en la formación de moléculas como el ADN o en el plegamiento de las proteínas, de cómo su fluidez permite el transporte de otras sustancias a nivel orgánico. Incluso en situaciones cotidianas, los cambios de estado evidentes a medida que varía la temperatura develan su complejidad desde la organización molecular. En resumen, a menudo se presenta como una sustancia definida y establecida, sin un espacio para cuestionar y explorar las propiedades que la hacen ser una sustancia vital para los seres vivos.

Por otro lado, los aceites son grasas que se mantienen líquidas a temperatura ambiente, la mayoría son de origen vegetal, aunque también existen los de origen animal, como los aceites de pescado. Se obtienen de diferentes frutas y semillas y se utilizan en la alimentación desde la prehistoria. Los procesos de extracción han permitido que en la actualidad haya una gran variedad de aceites vegetales. Los aceites son el tipo de grasas más saludables, provienen del prensado de

semillas vegetales y en su mayoría son ricos en ácidos grasos de gran importancia para nuestro organismo.

Los ácidos grasos son componentes esenciales de los aceites y grasas, desempeñan un papel crucial en diversas funciones biológicas y nutricionales. Estos ácidos se clasifican en dos categorías principales: saturados e insaturados, dependiendo de la presencia de enlaces simples o dobles entre los átomos de carbono en sus cadenas.

Los ácidos grasos saturados se encuentran comúnmente en grasas animales y aceites vegetales sólidos a temperatura ambiente, como la manteca de cerdo o el aceite de coco. El consumo excesivo de ácidos grasos saturados se ha asociado con un mayor riesgo de enfermedades cardiovasculares.

Las grasas de acuerdo con su consistencia pueden ser clasificadas de la siguiente manera: Aceite: que se encuentra en forma líquida, Grasa: producto pastoso o semisólido, Sebos: al producto sólido. En cambio, los ácidos grasos insaturados son comunes en aceites vegetales y pescados.

Los aceites son mezclas de estos ácidos grasos en diversas proporciones, lo que confiere propiedades únicas a cada tipo de aceite. La composición química de los aceites es diversa y compleja, pero la mayoría consiste en triglicéridos. Los ácidos grasos pueden variar en longitud de cadena, grado de saturación e insaturación, y esta variabilidad influye en las propiedades físicas y nutricionales del aceite.

La combinación específica de ácidos grasos en un aceite determina sus propiedades físicas y químicas. Por ejemplo, los aceites ricos en ácidos grasos insaturados tienden a ser líquidos a temperatura ambiente, mientras que aquellos con una alta proporción de ácidos grasos saturados son más propensos a ser sólidos o semisólidos.

Los aceites, debido a su contenido de ácidos grasos, tienen diversas aplicaciones. En la cocina, se utilizan para freír y aderezar alimentos. Además, son ingredientes clave en la fabricación de productos cosméticos y de cuidado personal. Algunos aceites, como el aceite de pescado rico en ácidos grasos omega-3, se promocionan por sus beneficios para la salud cardiovascular y cerebral.

De acuerdo con la lectura responde

1- Cuáles son las propiedades que caracterizan al agua y al aceite.

2- Escribe una idea central y tres secundarias de la lectura trabajada.

ACTIVIDAD 2. Práctica Experimental 1. ¿Cómo se comportan los aceites sobre agua?

Objetivo de aprendizaje: identificar, observar y describir el comportamiento entre el agua y (4) tipos de aceites, a través de actividades experimentales.

Esta primera experiencia consiste en llenar de agua un plato y agregar una gota de cada uno de los aceites para observar, identificar y organizar los comportamientos de los aceites al interactuar con el agua.

No olvides que debes establecer las variables que podrás emplear en las observaciones y comparaciones de los distintos aceites. Por ejemplo, la forma en que se organizan las gotas de aceite en la superficie del agua.

Materiales

-Agua

-Plato

-Aceite mineral, de canola, ricino y oliva.

-Cronometro y regla

-Cámara de celular

Tabla 1. Anotaciones de aceite sobre agua

VARIABLES				
ACEITE				
CANOLA				
MINERAL				
OLIVA				
RICINO				

Antes de comenzar escribe ¿Qué esperas que ocurra? Escribe tu hipótesis.

ACTIVIDAD 3. Práctica experimental 2. Invierte el orden de las superficies ¿Qué pasa con la gota de agua?

Objetivo de Aprendizaje: Observar y comparar los comportamientos que tiene una gota de agua cuando es colocada sobre una superficie de aceite.

Materiales

-Agua

-Plato

-Aceite mineral, de canola, ricino y oliva.

-Cronometro y regla

-Cámara de celular

Ahora vas a agregar una gota de agua sobre la superficie de los diferentes aceites. Recuerda que debes realizar tus observaciones de la manera más precisa y detallada posible. Haz uso de la cámara de tu celular para hacer el seguimiento a los distintos aceites.

¿Qué esperas que ocurra?

¡Investiguémoslo!

Tabla 2. Anotaciones de agua sobre aceite

VARIABLES				
ACEITE				
AGUA SOBRE CANOLA				
AGUA SOBRE MINERAL				
AGUA SOBRE OLIVA				
AGUA SOBRE RICINO				

¿Cómo se comporta la gota de agua sobre cada superficie de aceite? ¿En qué cambia?

¿La gota de agua se comporta igual que la gota de aceite? ¿En qué términos se puede expresar este comportamiento?

Haz una lista de las variables que pudiste identificar en la práctica experimental para hacer comparaciones entre los diferentes aceites

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____

Posteriormente habrá un espacio de socialización orientado por el profesor en el que cada grupo de trabajo socializará los resultados y análisis obtenidos del trabajo de laboratorio, de tal manera que se consideren nuevas variables en la interacción de estas dos sustancias. También habrá una discusión con respecto a las preguntas planteadas.

SECUENCIA DE APRENDIZAJE 2

IRVING LANGMUIR Y EL ESPARCIMIENTO DE LOS ACEITES EN AGUA

Objetivo de aprendizaje: Realizar un dialogo entre lo publicado por Irving Langmuir y las prácticas experimentales entre el agua y los aceites.

¿Para qué retomar a Irving Langmuir? Vamos a averiguarlo.

Para indagar en la forma como se comprendió el fenómeno, cuestionar los problemas por los que se preguntó o buscó explicaciones el autor, analizar el lenguaje o formalizaciones a las que llegó, por otro lado, a la par del primer acercamiento que se tuvo en la primera experiencia con el agua y los aceites, cuestionar sobre las dudas que generó dicha publicación, las similitudes en hallazgos y descripciones y si las conclusiones a las que llega el autor, aporta para la comprensión actual del fenómeno que se pretende comprender.

La siguiente actividad tiene como objetivo abordar los principales aportes de Irving Langmuir, quien investigó el esparcimiento del aceite sobre agua, y después del tiempo se reconfiguraron en nuevas prácticas experimentales para estudiar diferentes fenómenos de interés en las ciencias naturales como el estudio de la química de superficies.

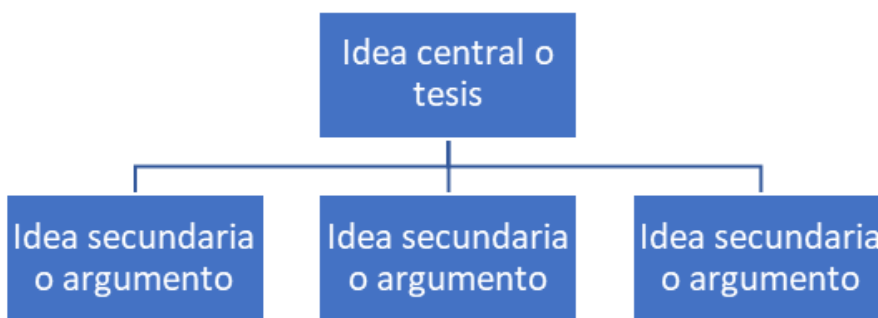
ACTIVIDAD N. 4. Irving Langmuir y el estudio del esparcimiento de los aceites en agua.

Objetivo de aprendizaje: Identificar elementos relevantes del trabajo de Irving Langmuir sobre el esparcimiento de aceite en agua, que posibilite cuestionar la forma en como abordó el fenómeno de interacción de las dos sustancias y que sirva de insumo para la posterior construcción de explicaciones sobre los comportamientos hidrofílicos e hidrofóbicos.

Taller. Aportes al fenómeno del esparcimiento de aceite

1-Hacer lectura de la publicación de Irving Langmuir de 1931 titulada **Experimentos con aceite sobre agua (1931)**. La lectura será abordada en tres distintos fragmentos.

2- Después de realizar la lectura se debe identificar la idea principal y las ideas secundarias de los fragmentos asignados. Llenando el siguiente mapa de ideas



Fragmento 1.

Les mostraré otro experimento para ilustrar la magnitud de estas fuerzas en la superficie del agua. Tomaré esta bandeja llena de agua limpia y dejaré visible la superficie con un poco de

azufre en polvo. Luego pondré una barrera, una tira de papel, dividiendo la bandeja en mitades. Quiero mostrarles con cuánta energía la película de ácido oleico empuja este papel hacia adelante.

Cortaré este papel un poco más corto que el ancho de la bandeja para que se mueva a lo largo de los lados. Ahora colocaré en la superficie un poco de ácido oleico (Figura 8), y verás que el papel inmediatamente es empujado hacia el final de la bandeja (Figura 9). He notado que una pequeña cantidad de ácido oleico se esparcirá sólo hasta cierto punto, o sobre un área determinada, en el agua este fenómeno fue observado por primera vez, o al menos publicado por primera vez, por la señorita Pockels en 1891. Descubrió que la tensión superficial del agua no se veía apreciablemente afectada por pequeñas cantidades de petróleo; Sólo cuando se aumenta la cantidad a un cierto valor definido la tensión superficial comienza a cambiar.

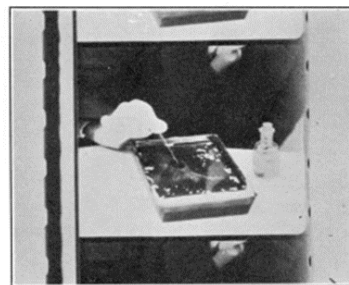


FIGURE 8.—“...A LITTLE OLEIC ACID...”

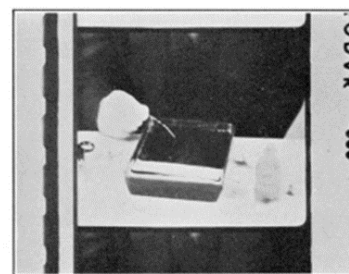


FIGURE 9.—“.....THE PAPER IS IMMEDIATELY FORCED BACK TO THE END OF THE TRAY.”

Algunos aceites se esparcen y otros no. El ácido oleico, el aceite de oliva y los aceites vegetales y animales comunes se esparcen fácilmente sobre la superficie del agua; pero los aceites minerales como el aceite mineral ruso, utilizado con fines medicinales, o el Nujol, del mismo carácter general, no se esparcen en absoluto sobre la superficie del agua.

Fragmento 2

Ahora te mostraré esa acción tomando esta bandeja y poniendo agua en ella, limpiando la superficie como de costumbre y luego, mediante esta pipeta, transfiriendo una cierta cantidad de Nujol al agua. Voy a pedirte que mires por encima de mi hombro al reflejo de la ventana, y de esa manera podrás ver el movimiento de la superficie más claramente. Pondré un poco de Nujol en el agua y notarás que no se esparce nada (Figura 13).

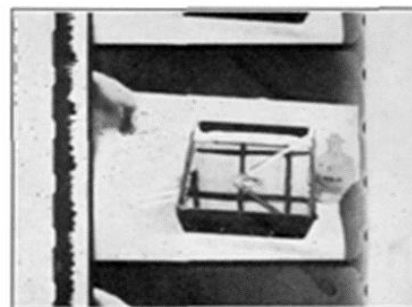


FIGURE 13.—“.....IT DOES NOT SPREAD AT ALL.”

Se puede comprobar que el agua está limpia por la facilidad con la que el azufre se desplaza por la superficie. Si ahora tomo un poco de ácido oleico y lo pongo también en el centro del Nujol, no pasa nada. La razón es que el ácido oleico aún no ha penetrado a través del Nujol. Si muevo el cable un poco más hacia abajo (Figura 14) para que penetre a través del Nujol y el ácido oleico entra en contacto con la superficie del agua, entonces se produce una dispersión del ácido oleico, arrastrando al Nujol consigo. Notarás que las gotas de Nujol se mueven sobre la superficie sin ningún cambio. Si pongo un poco más de Nujol no se esparce; simplemente se acumula en forma de grandes gotas en la superficie.

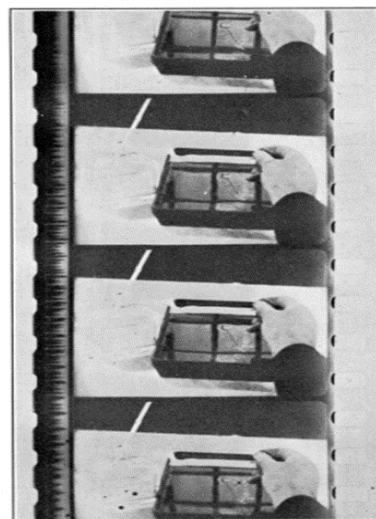


FIGURE 14.—“IF I MOVE THE WIRE DOWN A LITTLE DEEPER,.....”

Este aceite de hidrocarburo puro no se esparce en absoluto en el agua, pero un rastro muy pequeño de ácido oleico hará que se esparza. Sólo 0,00001 partes de ácido oleico harán que el Nujol se extienda gradualmente por la superficie. ¿Cuál es la diferencia entre el aceite de hidrocarburo y el ácido oleico que es responsable de la diferencia total en el comportamiento de estas sustancias cuando se esparcen sobre el agua?

Puedo ilustrar esto dándoles la composición química del ácido oleico. El ácido oleico está formado por moléculas largas que tienen dieciocho átomos de carbono seguidos. Hay dos átomos de carbono en el centro que están unidos por un doble enlace, y el resto están conectados por enlaces simples. Los átomos de hidrógeno están unidos a todos los átomos de carbono, hasta que aquí al final hay un átomo de oxígeno unido por un doble enlace y un grupo oxígeno-hidrógeno sostenido por un enlace simple (Figura 15).

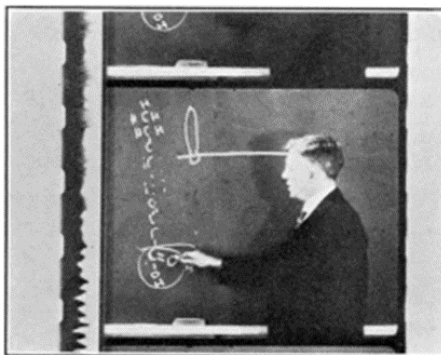


FIGURE 15.—“.....HERE AT THE END THERE IS AN OXYGEN ATOM TIED BY A DOUBLE BOND AND AN OXYGEN-HYDROGEN GROUP HELD BY A SINGLE BOND.”

Ésta es la estructura química de una molécula de ácido oleico, una molécula muy larga con dieciocho átomos de carbono, rodeada por todos lados por hidrógeno, y en el extremo de la molécula lo que los químicos llaman un grupo carboxilo que consta de dos átomos de oxígeno, un átomo de hidrógeno y un átomo de carbono, al final de esta cadena.

Este carboxilo es un grupo característico de todas las moléculas de ácidos grasos. Un aceite como Nujol o un aceite de hidrocarburo puro no tiene un grupo como éste. Consiste simplemente en una larga fila de átomos de carbono e hidrógeno y, por lo tanto, debemos considerar a este grupo carboxilo como el responsable de la dispersión del ácido oleico en el agua. De hecho, si hacemos experimentos con un gran número de sustancias diferentes, algunas con tales grupos y otras no, encontramos que la presencia de un grupo como el grupo carboxilo es realmente el criterio para la dispersión del aceite en la superficie del agua.

Fragmento 3.

¿Por qué este grupo provoca la dispersión de petróleo en el agua? En cualquier caso, no es difícil de adivinar. Esta parte hidrocarbonada de la molécula tiene propiedades del Nujol. No se mezcla con agua, ni se disuelve. Ni siquiera se esparce en el agua. Este grupo carboxilo es característico del ácido oleico, ácido esteárico, ácido acético, etc. Todos estos ácidos contienen este grupo. En total aumenta la solubilidad del ácido en agua. El ácido acético, por ejemplo, se mezcla con agua en todas proporciones. Vemos que este grupo es el responsable de la propagación sobre la superficie del agua, y sin duda se produce de la siguiente forma.

Si esto (una línea horizontal en la pizarra) representa la superficie del agua, y tenemos una molécula de este tipo en contacto con ella, entonces tenemos esta parte de hidrocarburo, hidrógeno y carbono, que no está en contacto con el agua, y el extremo activo, o grupo carboxilo, rodeándose con agua como si se disolviera (Figura 16).

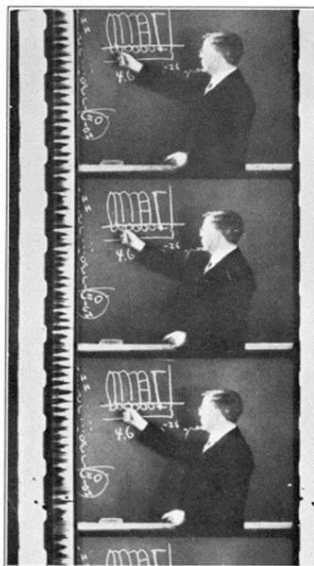


FIGURE 16.—“...THE ACTIVE END, OR CARBOXYL GROUP, SURROUNDING ITSELF WITH WATER JUST AS IF IT WENT INTO SOLUTION.”

Este extremo carboxilo se disuelve en agua, pero no puede arrastrar esta parte de hidrocarburo a la solución. En ese caso el agua queda cubierta por un conjunto de moléculas que se colocan una al lado de la otra. Toda la superficie del agua está cubierta por una única capa de moléculas, apretadas una al lado de la otra con sus cabezas o extremos activos, todas en íntimo contacto con el agua. Si se coloca un glóbulo de ácido oleico sobre el agua, se propaga de modo que se satisface la afinidad del agua y, sin embargo, también se satisface la tendencia de estas moléculas de hidrocarburos a mezclarse entre sí.

Fragmento 4

He notado que una pequeña cantidad de ácido oleico se esparcirá sólo hasta cierto punto, o sobre un área determinada, en el agua este fenómeno fue observado por primera vez, o al menos publicado por primera vez, por la señorita Pockels en 1891. Descubrió que la tensión superficial del agua no se veía apreciablemente afectada por pequeñas cantidades de petróleo; Sólo cuando se aumenta la cantidad a un cierto valor definido la tensión superficial comienza a cambiar. Esto recibió una explicación muy sencilla en 1898, cuando Lord Rayleigh supuso que una película de aceite consiste en una sola capa de moléculas de aceite, lo que ahora llamamos una película mono molecular. Si esto es así, explica inmediatamente estas propiedades fundamentales de las películas de petróleo: su tendencia a extenderse a ciertas distancias y no más allá de esas distancias.

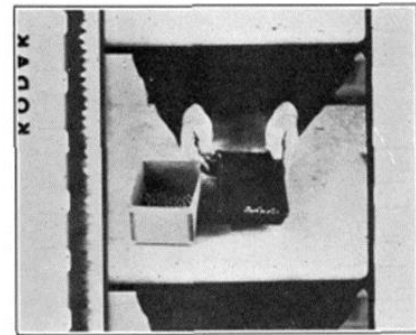


FIGURE 11.—“ CORRESPONDS TO BLOWING ON THE SURFACE OF THE WATER.”

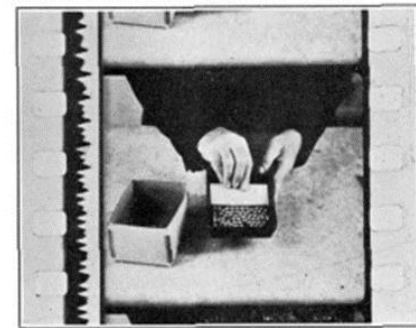


FIGURE 12.—“ CORRESPONDING AGAIN TO WHAT I CAN DO WITH MY PAPER BARRIER IN THE CASE OF OLEIC ACID.”

Puedes obtener una más definida idea de cómo se comportan las moléculas en estas superficies mediante una simple ilustración que puedo hacer con rodamientos de bolas de acero voy a colocar en esta bandeja. Imaginemos que estas bolas de acero son moléculas de ácido oleico y que esta es la superficie del agua. Si pongo solo unas pocas moléculas en la superficie corresponde a una superficie de agua que contiene un poco de ácido oleico. Un movimiento de este tipo corresponde entonces a el movimiento térmico o agitación de moléculas (Figura 10). Inclinar la bandeja de esta manera equivaldría a soplar sobre la superficie del agua (Figura 11), forzando las moléculas de ácido oleico en una dirección determinada.

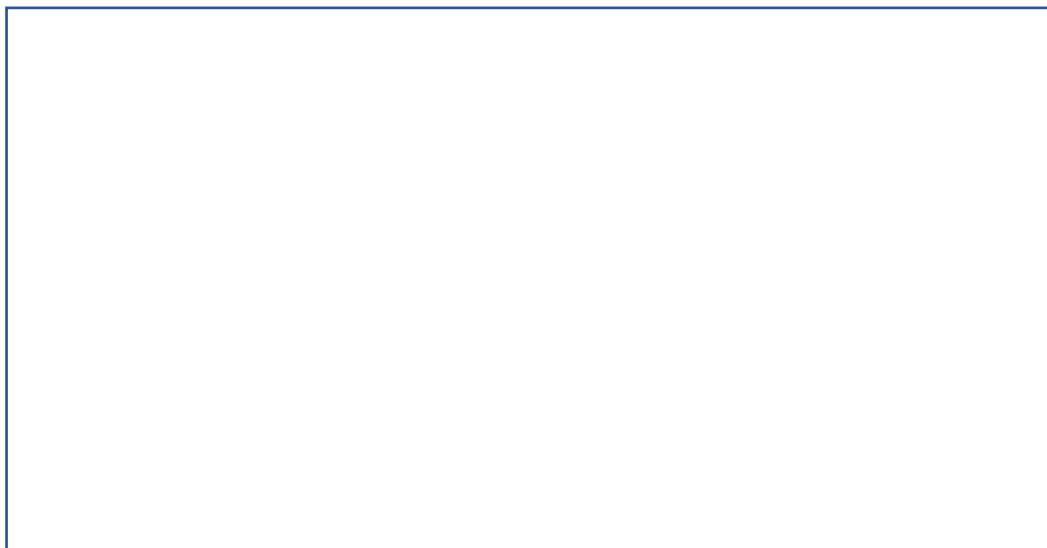
Si pongo una gran cantidad de bolas sobre la superficie, corresponde a una gran cantidad de ácido oleico. Mediante una fuerza ejercida por una tira de este tipo moveré todas las bolas hacia un extremo de la bandeja, correspondiendo nuevamente a lo que puedo hacer con mi barrera de papel en el caso del ácido oleico (Figura 12). La comprensión de esas películas mono-moleculares explica el comportamiento que hemos visto en estos experimentos.

Posteriormente observar el siguiente video titulado Film on surface chemistry (1939).
<https://www.youtube.com/watch?v=METEzW1W9dg&t=1460s>

“Esta película proviene de la 'Serie Nobel de Ciencia' del Instituto Americano de Películas. Filmada en 1939, muestra al doctor Irving Langmuir, que ganó el Premio Nobel de Química (1932) "por sus descubrimientos e investigaciones en química de superficies". Esta película fue parte de una serie que presentó a premios Nobel demostrando sus experimentos para inspirar contribuciones duraderas al progreso. Se esperaba que mediante estas biografías vivas su trabajo quedara immortalizado. La película muestra al Dr. Langmuir y a su asociada, la doctora Katherine Blodgett, presentando su trabajo como un registro viviente”.

Posterior a la lectura y video, se plantean las siguientes actividades que permitirán realizar un análisis de la publicación de Irving Langmuir.

3- Realiza un diagrama o representación del procedimiento realizado por Irving Langmuir, tenga en cuenta los materiales y reactivos usados.



- ¿Cuáles son las razones que da Irving Langmuir para que un tipo de aceite se expanda más que otro en la superficie del agua?

¿Según lo leído, hay algún aceite usado en la práctica experimental que permita realizar comparaciones entre lo que hizo Irving Langmuir y tú?

- A partir de lo leído en el artículo **Experimentos con aceite sobre agua (1931)** y de la actividad experimental, que similitudes y que diferencias puedes establecer en el comportamiento de los aceites empleados.

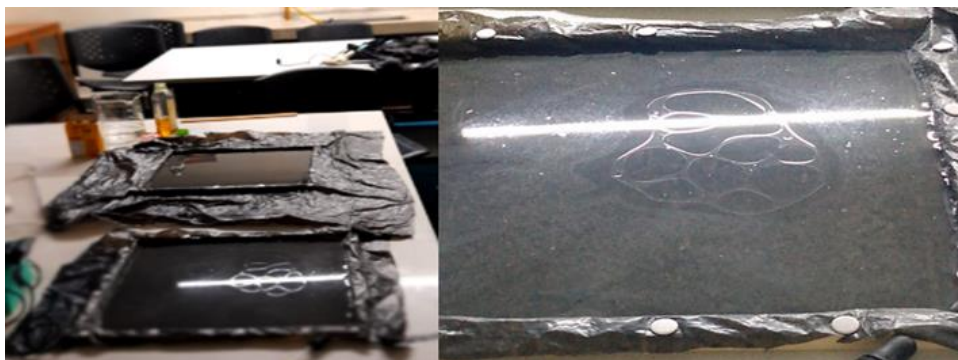
¿Cuál es la razón por la que el aceite se expande hasta cierto límite y qué argumentos encuentra Irving Langmuir para hablar del grosor de capa de aceite?

¿Cuáles son los conceptos o términos que usa Langmuir para explicar el esparcimiento de los aceites sobre agua? ¿Puedes explicarlos en tus palabras? ¿Adquieren un significado distinto al actual?

SECUENCIA DE APRENDIZAJE 3

ACTIVIDAD N. 5 Actividad experimental 3.

Organizando el fenómeno del esparcimiento de aceite sobre agua.



Objetivo de aprendizaje: Organizar el fenómeno de la interacción agua y aceite para construir explicaciones de por qué los aceites se comportan de formas distintas

Las prácticas experimentales son muy importantes en ciencias, por ello, desarrollaremos un montaje muy interesante que retoma de cierta forma la práctica realizada por Irving Langmuir.

Materiales:

- 4 palos de balsa, cada uno de 40 cm de longitud.
- Silicona en barra (1) pistola de silicona
- 4 bolsas de basura negras lavadas (sin ningún residuo sólido o líquido)
- Una caja de Maicena
- Una media velada
- Agua (alrededor de 1000 ml)
- Aceite Mineral, aceite de Canola, aceite de ricino, aceite de Oliva y ácido oleico
- Cámara de celular

Procedimiento:

1. Ensambla los palos de balsa formando un cuadrado, usa la silicona y la pistola para ello.
2. Coloca la bolsa de basura como base del montaje de los palos de balsa, asegúrate que la bolsa esté limpia (es aconsejable lavarla para quitar impurezas presentes)
3. Ya con la base (la bolsa y los palos de balsa) añade la cantidad de agua necesaria para llenar todo el volumen (ten presente el volumen añadido, que sea el mismo para todos los montajes)
4. Posteriormente, espolvorea con la media velada un poco de Maicena sobre el agua.
5. En este momento, coloca una gota de los diferentes aceites en todo el centro de la superficie del agua ya espolvoreada con Maicena.
6. Observa el comportamiento de la gota por al menos 10 minutos. Repite el ejercicio con cada aceite (es importante cambiar la bolsa de basura para cada práctica con cada aceite).

¡Es hora de cuestionarnos y reflexionar!

Después de acercarnos a las interacciones observables de los aceites en agua, y de que se hayan establecido variables con respecto a estas observaciones, se espera que se pueda dar orden a este fenómeno.

Por tal motivo es indispensable que se comience a interpretar la interacción agua-aceites a partir de la reciprocidad de las acciones o comportamientos de estas sustancias, a expandirse o a contraerse, a conservar su forma o deformarse, y a permanecer sobre la superficie o a formar una concavidad. Comparando la forma como los cuatro aceites interactúan con el agua, es necesario establecer que el comportamiento da indicios de la naturaleza de cada sustancia, como por ejemplo el aceite de oliva o el aceite mineral tienen una naturaleza distinta.

La forma en cómo debe abordarse la construcción de explicaciones debe estar relacionado a reflexionar sobre estas preguntas

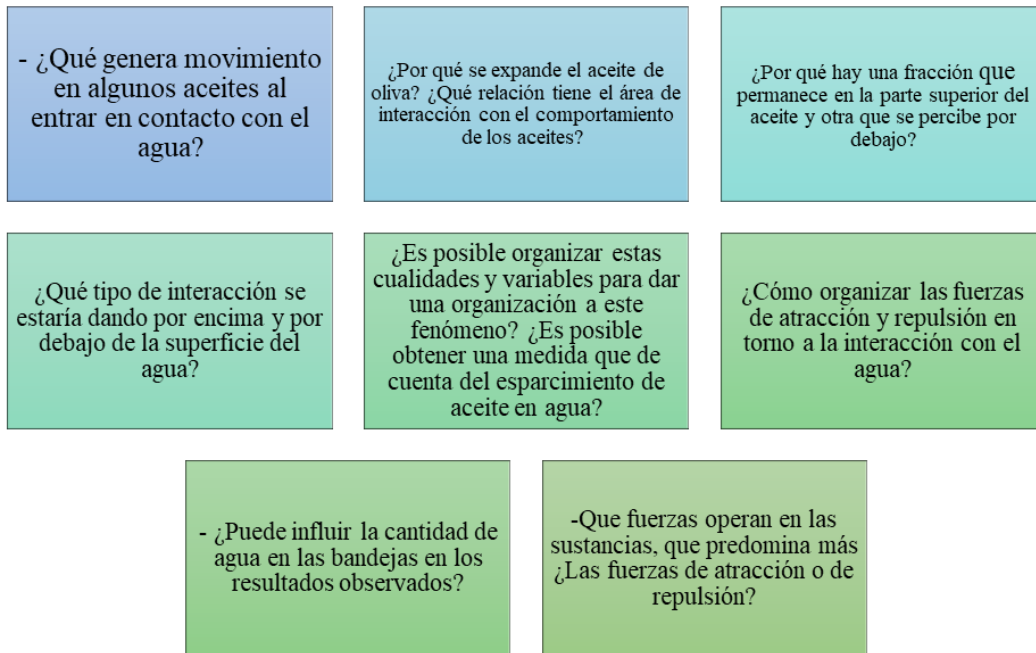


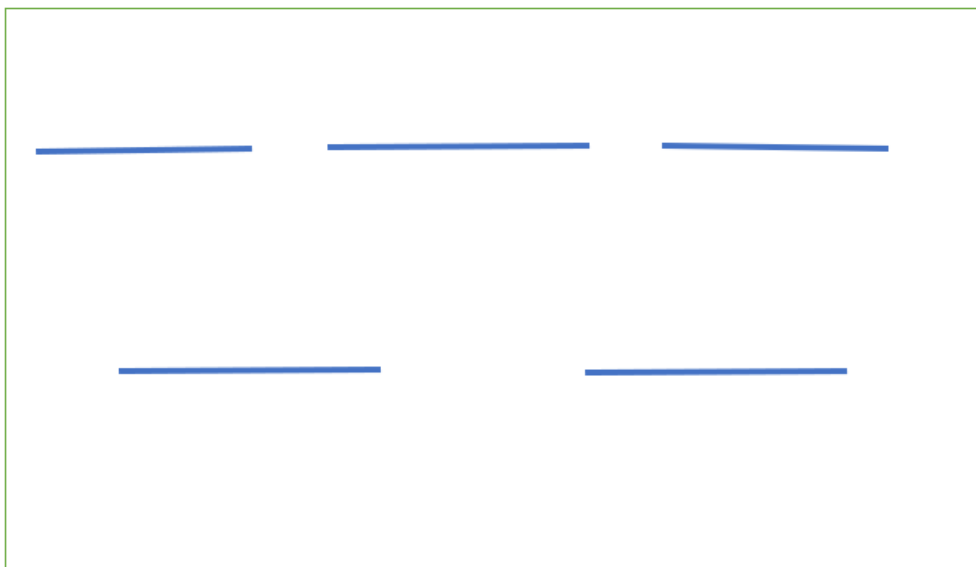
Tabla 3. Aceite sobre agua, con variables

VARIABLES				
ACEITE	Curvatura	Forma	Expansión	Grosor de la película
CANOLA				
MINERAL				
OLIVA				

RICINO				
ÁCIDO OLEICO				

Recuerda que debes realizar tus observaciones de la manera más precisa y detallada posible. Haz uso de la cámara de tu celular para hacer el seguimiento a los distintos aceites.

A partir de las observaciones en la práctica experimental diagrame los diferentes esparcimientos de los aceites sobre agua, asumiendo que la línea azul es la superficie del agua



Lectura: Fuerzas “físicas” versus fuerzas “químicas” - Irving Langmuir (1917)

Al considerar la acción de fuerzas entre partículas discretas en el espacio, el físico suele hacer la suposición simplificadora de que cada partícula se atrae o repele entre sí con una fuerza que varía en función de la distancia entre las partículas. La ley de Newton del cuadrado inverso para la atracción gravitacional y la ley de Coulomb para la atracción o repulsión entre cargas eléctricas, son ejemplos familiares de tales relaciones. Maxwell calculó el efecto de la temperatura

sobre la viscosidad de los gases suponiendo que las moléculas se atraen entre sí inversamente como el cuadrado de sus masas y se repelen inversamente como la quinta potencia de su distancia. Se ha considerado que las moléculas son fuerzas radiales que varían únicamente como una función de la distancia entre las moléculas. En todos los casos citados anteriormente el investigador ha considerado que los fenómenos son de naturaleza física.

El químico, por otra parte, al estudiar las propiedades de la materia, suele emplear métodos totalmente diferentes. A menudo está más interesado en los aspectos cualitativos de un problema y las relaciones cuantitativas buscados generalmente se limitan a aquellos deducibles de la ley de múltiples combinando proporciones, la ley de acción de masas o los principios de termodinámica. Cuando el químico considera las fuerzas que actúan entre átomos o moléculas, no los considera fuerzas de atracción entre los centros de las moléculas, pero piensa más bien en la naturaleza específica de los átomos que forman las moléculas y la manera en el que estos átomos ya están combinados entre sí. El piensa en moléculas como estructuras complejas, cuyas diferentes partes pueden actuar completamente diferente hacia cualquier reactivo dado. Además, considera que las fuerzas implicadas en los cambios químicos tienen un rango de acción que suele ser mucho menor que el diámetro de una molécula y quizás incluso menos que la de un átomo. (Langmuir, 1917, p. 185).

De acuerdo con la anterior lectura, responde como poder relacionar las fuerzas de cohesión en las sustancias, o las fuerzas de atracción y repulsión para hablar de comportamientos hidrofílicos e hidrofóbicos, ten en cuenta la siguiente pregunta: ¿Por qué hay una fracción que permanece en la parte superior del aceite y otra que se percibe por debajo? ¿Qué tipo de interacción se estaría dando por encima y por debajo de la superficie del agua?

Actividad 6. Calculando el grosor de una capa de aceite.

Objetivo de aprendizaje: Organizar el fenómeno del esparcimiento de una gota de cuatro tipos de aceites sobre una superficie de agua, por medio del cálculo del espesor de la capa de aceite.

1- Para esta actividad se colocan 400 ml de agua y se agrega una gota de aceite de canola, Oliva, Mineral, Ricino y oleico.

2-Medir el diámetro de la gota de aceite

3- Posteriormente calcular cuantas gotas se necesitan para completar 1 ml (anotar la masa)

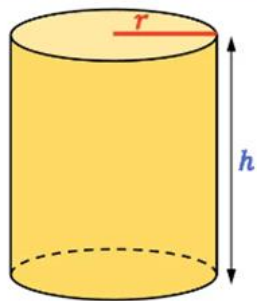
4-Con el valor de la densidad del aceite, convertir el dato de masa a volumen (mL)

5-Posteriormente, con la fórmula del volumen de un cilindro, calcular la altura o espesor de la capa de los cuatro aceites que se extienden sobre el agua.

6-Con los gramos de que aporta una gota de cada aceite y con el valor de la densidad, se obtiene el volumen de la gota.

Registre los datos in situ en la siguiente tabla. La casilla de altura es lo que se quiere calcular

Volumen de un Cilindro



$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

Tabla 4. Datos de cuantas gotas son 1 mL de aceite.

Aceite	No gotas	Peso (g)	Peso de 1 gota (g)	Diámetro(cm)	Altura o espesor
Canola					
Oliva					
Mineral					
Ricino					
Ácido oleico					

Usa la siguiente tabla para calcular la altura o espesor de la gota de cada aceite. No olvides que para pasar la masa a volumen se hace mediante el valor de la densidad. Observa el siguiente ejemplo.

98 gotas ----- 4 g

1 gota ----- x?

$$X = 0,04 \text{ g} * (1 \text{ cm}^3 / 0,9 \text{ g}) = 0.044 \text{ cm}^3$$

$$h = V / \pi * r^2$$

$$h = 0,044 \text{ cm}^3 / \pi * (0.35 \text{ cm})^2$$

$$h = 1,14 \times 10^{-1} \text{ cm de espesor del aceite canola}$$

Tabla 5. Cálculo del espesor de una gota de aceite.

CANOLA	RICINO	OLIVA	MINERAL	ÁCIDO OLEICO

Con los resultados obtenidos es posible dar una organización a los aceites que menos se expanden al que más se expande.

Organiza los aceites de menor a mayor grosor o esparcimiento

_____ > _____ > _____ > _____ >

¡Es hora de presentar tus explicaciones!

Recuerda que para tu informe de laboratorio debes tener en cuenta:

1. Título del informe
2. Resumen
3. Palabras clave
4. Introducción
5. Datos experimentales (tablas, gráficos, fotos)
6. Observaciones
7. Razonamiento de preguntas de discusión
8. Conclusiones

Luego de realizar tu informe, en mesa redonda y con la guía de tu profesor, socializa con el resto de la clase tus hallazgos más significativos con relación a la comprensión de los comportamientos hidrofílicos e hidrofóbicos.

SECUENCIA DE APRENDIZAJE 4

Actividad 7. Construyendo explicaciones sobre los comportamientos hidrofílicos e hidrofóbicos.

Objetivo de aprendizaje: Construir explicaciones de las distintas interacciones del aceite con el agua, tomando en cuenta las caracterizaciones y organizaciones de variables observadas en las prácticas experimentales para dar respuesta a los comportamientos hidrofílicos e hidrofóbicos de las sustancias.

Lectura. Comprensiones sobre los comportamientos hidrofílicos e hidrofóbicos

Al interpretar la interacción agua-aceite, se hace necesario entenderla como la reciprocidad de las acciones o comportamientos de estas sustancias a expandirse o a contraerse, a conservar su forma o deformarse, y a permanecer sobre la superficie o a formar una concavidad. Comparando la forma como los cuatro aceites interactúan con el agua, se empieza a establecer que el comportamiento da indicios de la naturaleza de cada sustancia.

Las explicaciones de las prácticas experimentales deberían estar basadas en las distintas composiciones que los aceites tienen y cómo esto posibilita observar comportamientos distintos en la organización de las sustancias al interactuar; por ejemplo, en la expansión, la formación de concavidades, la no expansión de los aceites y las formas esféricas o irregulares que se evidenciaron.

La caracterización que se lleva a cabo para determinar los comportamientos de los distintos aceites en contacto con el agua, están mediadas por las fuerzas de cohesión que se presentan y son evidentes en la observación y descripción. Para el análisis del comportamiento de los distintos aceites se toma en cuenta las fases caracterizadas con el aceite de oliva; Al caer la gota su expansión es inmediata y es posible identificar una serie de efectos: expansión, fragmentación, unión, y segmentación.

- **Expansión:** La gota se extiende un poco al contacto con el agua, pierde su coloración amarilla.

- **Fragmentación:** Se forma un tipo de burbujas en la parte límite de su superficie. No se percibe fácilmente tiene apariencia traslúcida. Parece que una gota de aceite logrará dividirse en más de cien partes.
- **Unión:** Los fragmentos comienzan a crecer y a unirse dejando de ser cien fragmentos, para quedar unos pocos. Los tamaños aumentan, las formas de los fragmentos ya no son esféricas, toman forma irregular.
- **Segmentación:** Se fusionan todos los fragmentos de aceite, formando una película en la superficie en la que se puede distinguir un borde y un centro.

Las interacciones observadas posibilitan presentar a las expansiones de los aceites de Ricino y de Oliva como sistemas diferentes respecto a lo observado en el mineral y el de canola. El aceite de Oliva al ser una mezcla evidencia una composición a partir de ácidos como el oleico, el linoleico y el palmítico, los cuales en conjunto presentan un comportamiento en el cual la composición química desempeña un papel relevante.

Para comprender el comportamiento del aceite de oliva se propone que, al ser una mezcla de ácidos grasos, el aceite debe estar organizado de una forma diferente en un estado inicial a cuando entran en contacto con el agua, pues al interactuar con ella, se observan algunas fases denominadas expansión, fragmentación, unión y segmentación.

Inmediatamente entran en contacto parece que hay un cambio en la organización interna de la mezcla; una parte del aceite se puede reorientar observando efectos de repulsión entre el mismo aceite (se forman fragmentos de aceites que no se pueden juntar), efecto que se puede justificar por la presencia de al menos dos fases dentro del aceite, pero que al mismo tiempo sigue su expansión por sobre el agua hasta alcanzar una capa fina (efecto de atracción).

En el estado de fragmentación identificado en el aceite de oliva, se observa que debido a la nueva reorganización por la interacción con el agua se produce un comportamiento con efectos repulsivos con el mismo aceite. Entre los límites del aceite se observa que lo que antes era una mezcla homogénea, se está organizando, con dos comportamientos completamente opuestos; una interacción es la que está ocurriendo dentro de los llamados fragmentos de aceite y otro el que tiene la capa que tiende a deformarse como una mancha en la superficie del agua.

Estas fuerzas de cohesión, según la actividad experimental, se pueden mantener o se pueden redistribuir teniendo en cuenta que es el agua quien permite la distribución de tales fuerzas, y que para distribuirlas es importante considerar que hay una estructura o composición particular que favorece la interacción.

Estas actividades experimentales y el razonamiento desarrollado proporcionan elementos para pensar que el agua al interactuar con los aceites tiene un efecto en la reorganización de las sustancias por efectos de la polarización de los componentes de la sustancia.

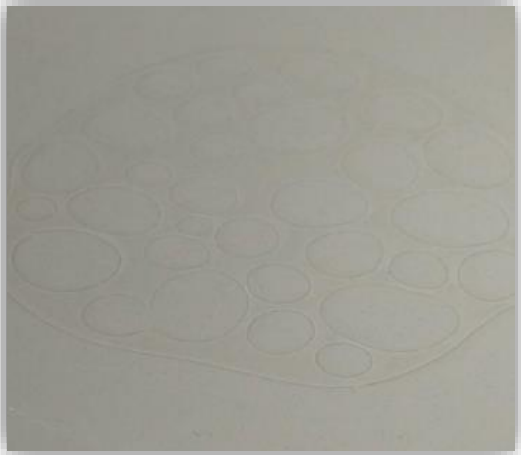
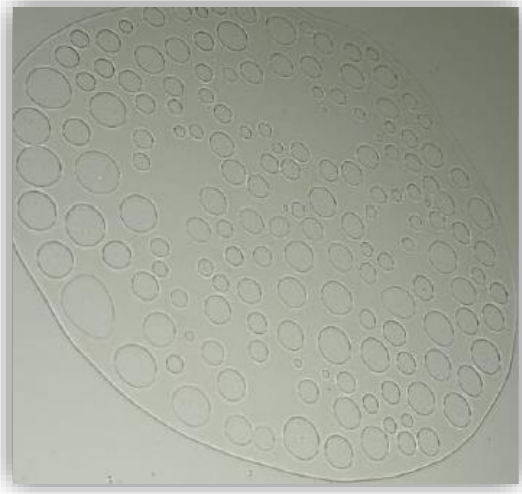
Cuando el aceite no es una mezcla (canola y mineral), no hay una extensión significativa; no se está polarizando, prevalecen las fuerzas de cohesión por encima de la interacción con el agua.

El aceite no influye en la reorganización del agua o al parecer, el agua tiene unas fuerza cohesivas tan fuertes, el aceite no genera esa misma estructura. No es lo mismo que el agua interaccione con el agua y con el aceite. Las fuerzas de cohesión son diferentes en los distintos aceites.

Actividad final.

Observa las siguientes fotografías obtenidas de la práctica experimental del esparcimiento de aceite en agua y escribe tus análisis a partir de las explicaciones que fuiste construyendo a lo largo de la Unidad Didáctica. ¿Puedes reconocer el tipo de aceite?





Realizar un poster o infografía en donde muestre las construcciones explicativas en torno a las interacciones agua-aceite en términos de comportamientos hidrofílicos e hidrofóbicos. Ten en cuenta que el registro fotográfico aporta en la organización del fenómeno.

8.2. Anexo 2. Recomendaciones frente a la implementación de la Unidad Didáctica.

Las siguientes recomendaciones se enfocan en algunos elementos importantes frente a la aplicación de la Unidad Didáctica y a aspectos que pueden desde este estudio, orientar al lector hacia una investigación respecto a cómo el agua y aceites pueden propiciar la formación de estructuras como la membrana celular.

Con lo referente a la Unidad Didáctica, esta busca que, en su aplicación en el aula, se tenga presente que los estudiantes son el motor del desarrollo de esta, su labor de indagación alimenta el proceso de aprendizaje y no discrimina construcciones anteriores, es más las enriquece, demostrando así que los estudiantes poseen conocimientos que, como la ciencia misma, se dan en un campo de cambio, la mente y la ciencia no son inmutables.

El uso de organización de la información conlleva al maestro y estudiantes a un viaje donde la observación en las prácticas experimentales, más desde una perspectiva fenomenológica, desempeñará un papel relevante; es por ello, que los procesos individuales y colectivos, posibilitarán que los estudiantes puedan fijar su atención a puntos fijos de los aceites con el agua interactuando, y su visión de estas sustancias se amplíe a lo largo de las actividades propuestas.

El docente ha de ser un guía, pero no por ello un agente externo que vea desde el exterior el proceso de sus estudiantes, el ideal es que pueda ser un experto del tema, que brinde espacios, donde los estudiantes puedan explorar, preguntarse, indagar y no obtener respuestas delimitadas, por el contrario, que ellos mismos puedan ver como sujetos protagonistas, los cambios que tienen a medida que el fenómeno se trabaja en clase.

Se recomienda que el docente a cargo pueda dar los objetivos claros de las sesiones, ya que se considera que así, los estudiantes pueden tener claridad de lo que se espera de las actividades en aula o laboratorio, así mismo, podrán reconocer sus avances respecto a cómo sus visiones de estas interacciones varían, pero más allá, logren integrar los aportes teórico-prácticos desde la fenomenología y la construcción de explicaciones.

Respecto a los posibles proyectos de grado con base en este trabajo investigativo, un aspecto que puede ser enfocado, es el trabajar en la importancia de las interacciones entre el agua y los aceites para la conformación de estructuras en los seres vivos, como la membrana celular, ya

que las sustancias estudiadas son componentes importantes que desempeñan una función estructural y de paso de moléculas, iones y sustancias al interior de la célula.

Se puede dar un paso importante en ese curso, debido a que, organelos como la membrana, cuentan con un bagaje histórico que conversa con autores que dieron en esta investigación grandes aportes, y desde los factores trabajados desde las fuerzas intermoleculares, la observación de comportamientos, la tensión superficial y la naturaleza de las sustancias, puede continuarse esta investigación dirigida a un punto quizá más biológico, sin perder de vista, que la ciencia puede trabajarse desde cualquier disciplina y enmarcarse integralmente en un objeto de estudio.