



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

Maestría en docencia para la educación media superior

CAMPO DE CONOCIMIENTO QUÍMICA

*"Propuesta didáctica desde el ABP para abordar la reacción
química para el bachillerato"*

TESIS QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR

PRESENTA

Liliana Velázquez Márquez

TUTORA: Dra. Aurora de los Ángeles Ramos Mejía

Facultad de Química

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR:

Dra. Flor de María Reyes Cárdenas Facultad de Química
Dr. Luis Miguel Trejo Candelas Facultad de Química

CIUDAD UNIVERSITARIA CD. MX., Diciembre 2021



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

A mi Dios por su amor, misericordia y fidelidad a mi vida al permitirme un avance profesional, personal y laboral.

A Daniel mí esposo por su apoyo, paciencia y por recordarme con su vida el amor de Dios.

A Samuel Ágape mi hijo por devolverme la sonrisa y mi más grande regalo.

A Mario Velázquez mí Papá que me sigue apoyando y cuidando.

A Agustina Márquez mí Mamá porque tu esfuerzo y amor siguen rindiendo frutos.

A toda mi familia por su amor, apoyo y comprensión.

A mis amig@s con quienes sigo contando.

A M. Abraham y M. Sara por ayudarme a guardar la fe.

A mis pastores P. Iván y P. Janet por sus oraciones, por creer en mí y por todo su apoyo.

A P. Clara por su guía y amor en Cristo.

A P. Jazmín por su comprensión y paciencia.

A cada miembro de UBF la nueva familia que Dios me regala.

A cada uno de mis vecinos en el Centro Bíblico UBF.

A mi tutora la Dra. Aurora por su paciencia y su guía.

A la M. en D. Nadia Méndez por sus enseñanzas, cariño y mostrarme el amor a la docencia.

A la M. en D. Angelina Torres por permitirme entrar a su aula.

A la MADEMS que me mostró un nuevo panorama y me permitió conocer nuevas personas.

A mis compañeros de la Generación 2019: Alejandro, Sara, Gerardo, Fanny, Areli, Carlos, Ana porque de cada uno aprendí.

A mis compañeros de la Generación 2020: Alí, Angy, Bety, David, Isacc, Karen, por la ayuda durante la maestría.

A cada uno de mis profesores MADEMS porque de todos me llevo algo.

A mi comité tutor que me animo para avanzar a la Dra. Flor y Dr. Luis Miguel.

Al CCH Azcapotzalco por su apoyo para subir un peldaño académico.

Al CCH Sur por su colaboración para llevar a cabo mis prácticas docentes.

Al Programa de Apoyos para la Superación del Personal Académico de la UNAM (PASPA)
por el apoyo económico brindado.

A la Facultad de Química por abrir nuevamente sus puertas.

A la Universidad Nacional Autónoma de México.

“Fíate de Jehová de todo tu corazón,
Y no te apoyes en tu propia prudencia.”

Proverbios 3:5

Índice

ÍNDICE	1
ÍNDICE DE FIGURAS	3
ÍNDICE DE TABLAS	8
INTRODUCCIÓN	11
1 OBJETIVOS	13
1.1 OBJETIVO GENERAL	13
1.2 OBJETIVOS PARTICULARES.....	13
2 MARCO TEÓRICO.....	14
2.1 FUNDAMENTO EPISTEMOLÓGICO	14
2.1.1 Enseñanza de la química	14
2.1.2 Evolución epistemológica del concepto de reacción química.....	18
2.1.3 Ecuación química	22
2.1.4 Elaboración de un jabón a partir de un aceite o de una grasa.....	25
2.1.5 Los aceites y grasas.....	26
2.2 FUNDAMENTO DIDÁCTICO	28
2.2.1 Pensamiento químico.....	28
2.2.2 Aprendizaje basado en problemas.....	30
2.3 FUNDAMENTO CONCEPTUAL.....	37
2.3.1 Relación entre los diferentes niveles de representación de la química.....	37
2.3.2 Dificultades para la enseñanza del tema reacción química.....	37
2.3.3 Existencia de concepciones alternativas del tema reacción química.....	40
2.3.4 Dificultades para el aprendizaje del concepto de reacción química	41

2.4	FUNDAMENTO INSTITUCIONAL	43
3	METODOLOGÍA	46
3.1	DISEÑO DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA	46
3.1.1	<i>Objetivo general de la secuencia didáctica.....</i>	<i>49</i>
3.1.2	<i>Objetivos particulares de la secuencia didáctica.....</i>	<i>49</i>
3.1.3	<i>Población y muestra.....</i>	<i>49</i>
3.2	DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA	50
3.2.1	<i>Objetivo de aprendizaje.....</i>	<i>52</i>
3.2.2	<i>Sesiones.....</i>	<i>52</i>
3.2.3	<i>Instrumentos de recolección de información.....</i>	<i>67</i>
4	RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	74
4.1	1ER INSTRUMENTO.....	75
4.2	2º INSTRUMENTO 1A PARTE	91
4.3	2º INSTRUMENTO 2A PARTE	96
4.4	3º INSTRUMENTO	97
4.5	4º INSTRUMENTO	101
4.6	5º INSTRUMENTO	102
4.7	6º INSTRUMENTO	112
	OBSERVACIONES	123
	CONCLUSIONES	125
	MODIFICACIONES SUGERIDAS PARA LA SECUENCIA DIDÁCTICA ¡BAÑARSE CON ACEITE!.....	126
	REFERENCIAS.....	136
	ANEXOS.....	145

Índice de figuras

Figura 1. Reacción de saponificación de un ácido graso con la base hidróxido de sodio.....	21
Figura 2. Estructura de algunos ácidos grasos comunes.....	23
Figura 3. Índices de saponificación publicados para algunos aceites.....	23
Figura 4. Elementos esenciales en el diseño del ABP.	31
Figura 5. Niveles de la química según Johnstone.....	34
Figura 6. El tópico reacción química se asocia al aprendizaje 9, según el Programa del CCH.....	40
Figura 7. Mapa conceptual del tema de reacción química, en morado los aspectos que se abordan en la secuencia.....	41
Figura 8. Esquema que describe las sesiones de la secuencia didáctica ABP ¡Bañarse con aceite!.....	49
Figura 9. Imágenes de dos diapositivas incluidas en la presentación de power point que se compartió con los alumnos.....	51
Figura 10. Imágenes del video que se les presenta a los alumnos.....	51
Figura 11. Diagrama de flujo de las etapas que conforman la actividad experimental “La personalidad de cada sustancia.....	52
Figura 12. Imagen que se les presentó a los alumnos de la actividad sensorial tocando el aceite.....	53
Figura 13. Imagen presentada a los alumnos después de la actividad de seguridad en el laboratorio con hidróxido de sodio y el jitomate.....	54
Figura 14. Imágenes de un ejemplo del material empleado.....	55

Figura 15. Imagen de la tabla 1 donde los alumnos vaciaron los datos obtenidos de la segunda parte de la actividad “La personalidad de cada sustancia”.....	56
Figura 16. Diagrama de flujo de la actividad experimental 2 “Transformando el aceite”.....	57
Figura 17. Tablas empleadas para el análisis de resultados en las determinaciones del valor de pH y la prueba de espumación.....	59
Figura 18. Imágenes empleadas para la sesión cuatro donde se revisa la representación simbólica-nanoscóptica.....	62
Figura 19. Cartulinas con los iones que sirven para formar las moléculas de las estructuras iniciales.....	63
Figura 20. Línea del tiempo de las evidencias de conocimiento de la secuencia didáctica ABP ¡Bañarse con aceite!... ..	64
Figura 21. Evaluación diagnóstica de los términos utilizados por los alumnos sobre el concepto de reacción química, relacionados con la respuesta esperada (nivel macroscópico).....	74
Figura 22. Ejemplo de una respuesta a la primera pregunta del cuestionario inicial.....	74
Figura 23. Ejemplos de cómo fueron categorizadas las respuestas de los alumnos para la segunda pregunta del cuestionario diagnóstico, que analiza el nivel simbólico.....	76
Figura 24. Respuestas de los alumnos al escribir una ecuación química en la evaluación diagnóstica.....	77
Figura 25. Ejemplos de cómo fueron categorizadas las respuestas de los alumnos para la tercera pregunta del cuestionario diagnóstico, que analiza el nivel nanoscópico.....	79
Figura 26. Respuestas de los alumnos al escribir una ecuación química al emplear átomos y moléculas en la evaluación diagnóstica.....	80

Figura 27. Respuestas de los alumnos al mostrar la información que tienen del valor de pH en la evaluación diagnóstica.....	82
Figura 28. Ejemplos de cómo fueron categorizadas las respuestas de los alumnos para la quinta pregunta del cuestionario diagnóstico de aplicación.....	84
Figura 29. Gráfica del porcentaje de las respuestas de los alumnos en la evaluación diagnóstica respecto a la obtención de jabón a partir de grasa animal.....	86
Figura 30. Ejemplos de las respuestas de los alumnos para el segundo instrumento.....	91
Figura 31. Ejemplo de las respuestas de dos equipos a la tabla uno del segundo instrumento parte dos. Primera actividad experimental.....	94
Figura 32. a) Respuestas del Eq. 4 al tercer instrumento de la actividad experimental dos. b) Respuesta de un alumno de este equipo (No. 24) donde se ve la evolución de cómo construye el concepto de reacción química.....	95
Figura 33. Comparación entre las respuestas del equipo tres al inicio y después de la actividad experimental.. ..	96
Figura 34. Respuesta Eq. 5 al tercer instrumento, actividad experimental dos.....	96
Figura 35. Ejemplos de las respuestas de los alumnos a la tarea sobre el video de cómo se hace el jabón de tocador, pregunta cinco.....	99
Figura 36. Ejemplo de respuestas de los alumnos para la representación de una ecuación química.....	100
Figura 37. Ejemplo de respuestas de los alumnos para la representación nanoscópica de la reacción química.....	101
Figura 38. Gráfica que compara el porcentaje de progreso de los alumnos antes y después de la secuencia didáctica en cada nivel de lenguaje de la química. Previo a la sesión de reestructuración.....	101

Figura 39. Gráfica del porcentaje de las respuestas de los alumnos en la evaluación final respecto a la pregunta de obtención de jabón a partir de grasa humana.....	104
Figura 40. Ejemplos de cómo fueron categorizadas las respuestas de los alumnos para la cuarta pregunta del cuestionario de cierre antes de la reestructuración, que analiza la pregunta de aplicación: ¿Es posible fabricar jabón con grasa humana?.....	106
Figura 41. Gráfica del porcentaje de las respuestas de los alumnos en la evaluación final respecto a la función de la ceniza en la elaboración de jabón.....	108
Figura 42. Ejemplos de cómo fueron categorizadas las respuestas de los alumnos (A-D) para la quinta pregunta del cuestionario de cierre antes de la reestructuración. Analiza una pregunta de aplicación: jabones, grasa animal, cenizas y agua. ¿Cuál es la función de la ceniza?.....	109
Figura 43. Respuestas de un alumno (No. 10) en las tres etapas de evaluación, de la definición que tiene de reacción química en el nivel macroscópico.....	110
Figura 44. Gráfica que compara las respuestas de las palabras que utilizan los alumnos en el nivel macroscópico sobre su comprensión de la reacción química.....	111
Figura 45. Ejemplos de las respuestas de los alumnos al instrumento seis, pregunta dos, del nivel simbólico. Evaluación final después de la sesión de reestructuración.....	112
Figura 46. Gráfica que compara las respuestas de los alumnos de cómo representan una ecuación química antes y después de la aplicación de la secuencia didáctica.....	113
Figura 47. Gráfica de las respuestas de los alumnos en la evaluación diagnóstica para su entendimiento de la reacción química en el nivel nanoscópico.....	115
Figura 48. Ejemplos de respuestas de los alumnos a la pregunta tres del sexto instrumento.....	116

Figura 49. Gráfica que compara el porcentaje de progreso de los alumnos antes y después de la secuencia didáctica en el nivel macroscópico y simbólico de lenguaje de la química.....119

Figura 50. Diagrama de flujo con las modificaciones que se proponen a la secuencia didáctica ¡Bañarse con aceite!...124-125

Figura 51. Diagrama de flujo de las etapas que conforman la actividad experimental “Historia de un romance químico”...128

Índice de tablas

Tabla 1. Descripción de las evaluaciones que se realizaron durante la secuencia didáctica.....	71
Tabla 2. Categorización de las respuestas de los alumnos a la pregunta uno del cuestionario inicial.....	74
Tabla 3. Categorización de las respuestas de los alumnos a la pregunta dos del cuestionario inicial.....	76
Tabla 4. Categorización de las respuestas de los alumnos a la pregunta tres del cuestionario inicial.....	79
Tabla 5. Categorización de las respuestas de los alumnos a la pregunta dos del cuestionario inicial.....	82
Tabla 6. Categorización de las respuestas de los alumnos a la pregunta cinco del cuestionario inicial.....	85
Tabla 7. Categorización de las respuestas de los alumnos a la cuarta pregunta del cuestionario de cierre.....	104
Tabla 8. Categorización de las respuestas de los alumnos a la quinta pregunta del cuestionario de cierre.....	107

Resumen

La enseñanza de la química presenta muchas dificultades por lo abstracto de la disciplina, el lenguaje que maneja y, aunado a esto, la forma en que tradicionalmente se presenta a los estudiantes que la terminan juzgando como una asignatura árida, misteriosa y esotérica. Esto en alguna medida es provocado por la descontextualización hacia los intereses del estudiante, el cual siente alejada esta asignatura de su vida cotidiana. Por otro lado, la forma común de abordar la química es en compartimentos, aislada de otras disciplinas, haciendo que no tenga sentido para los alumnos. En el presente trabajo, se propone una secuencia didáctica que se lleva a cabo por medio del aprendizaje basado en problemas (ABP), cuya metodología parte de una problemática cercana a la vida cotidiana del alumno, para que construyan el concepto de reacción química desde la perspectiva de pensamiento químico. El eje problematizador es la contaminación del agua producida por el desecho del aceite usado de cocina, además de afectar el drenaje y las tuberías. Con ayuda de los conocimientos de química se les pregunta a los alumnos ¿qué se puede hacer con este material para evitar que se convierta en un contaminante? Por medio de la reacción de saponificación, este aceite será convertido en un producto de interés comercial, con el cual los alumnos podrán socializar a través del conocimiento para elaborar este producto, fuera del salón de clase, incluso podrían obtener alguna remuneración económica. La reacción química se trabajó con los alumnos en los tres niveles de representación. En el simbólico para representar una ecuación química, y la simbología sirvió de puente para hacer que representaran, con el modelo de esferas, al aceite y al hidróxido de sodio, para trabajar el nivel nanoscópico.

Palabras clave: Reacción química, ABP, pensamiento químico, constructivismo, ideas centrales, aprendizaje colaborativo.

Chemistry teaching presents many difficulties due to the abstract nature of the discipline, the language it uses and, in addition to this, the way it is traditionally presented to students who end up judging it as an arid, mysterious and esoteric subject. This to some extent is caused by the decontextualization towards the interests of the student, who feels this subject is removed from his daily life. On the other hand, the common way of approaching chemistry is compartmentalized, isolated from other disciplines, making it meaningless to students.

In the present work, a didactic sequence is proposed that is carried out through problem-based learning (PBL), whose methodology starts from a problem close to the student's daily life, so that they build the concept of chemical reaction from the chemical thinking perspective. The problematic axis is the contamination of the water produced by the disposal of used cooking oil, in addition to affecting the drainage and pipes. With the help of their knowledge of chemistry, the students are asked what can be done with this material to prevent it from becoming a contaminant? Through the saponification reaction, this oil will be converted into a product of commercial interest, with which the students will be able to socialize through the knowledge to elaborate this product, outside the classroom, they could even obtain some economic remuneration. The chemical reaction was worked with the students in the three levels of representation. In the symbolic to represent a chemical equation, and the symbology served as a bridge to make them represent, with the model of spheres, oil and sodium hydroxide, to work on the nanoscopic level.

Keywords: chemical reaction, PBL, chemical thinking, constructivism, central ideas, collaborative learning.

Introducción

El estudio de la química gira en torno a procesos y materiales, aprender de ellos ayuda al estudiante a comprender situaciones que ocurren en su entorno. Por lo que, con la información que proporciona la química, el aprendiz puede tomar decisiones razonadas.

De ahí que los dos conceptos a trabajar en el estudio de la química son sustancia y reacción química. Con esto el estudiante puede explicar fenómenos y tener una mejor comprensión de su entorno.

Sin embargo, el estudio de las ciencias, en particular de la química, es considerado por los estudiantes como una asignatura muy compleja, por lo que no es de su interés, buscan solo aprobar la materia dejando de lado el aprendizaje.

En la presente tesis se expone una secuencia didáctica para abordar el concepto de reacción química con alumnos de bachillerato. Se empleó la metodología didáctica “aprendizaje basado en problemas (ABP)”, con un eje problematizador cercano a la vida del estudiante. Se pretende acercar al alumno a un pensamiento químico que le permita tomar decisiones en su vida cotidiana y guiar a los alumnos a la construcción de su aprendizaje a través de mostrar la utilidad de su conocimiento.

La secuencia didáctica fue propuesta para apoyar a estudiantes de segundo semestre que cursan la materia de química II en el Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH). Tomando en consideración lo que plantea el programa de estudios vigente del CCH (UNAM, 2016) para buscar el aprendizaje nuevo A9 presente en la segunda unidad, con un nivel cognoscitivo 3 en la escala de Bloom:

A9. Comprende la reactividad de los grupos funcionales al analizar las reacciones de condensación en los macronutrientes. (N3)

La aplicación de esta secuencia se llevó a cabo en el CCH de la UNAM plantel Sur, en un grupo de química I de primer semestre del turno matutino.

Los resultados de la primera puesta en marcha, permitieron observar los avances de los alumnos, así como observar las mejoras que requiere la secuencia para permitir una mayor aprovechamiento de las actividades. De ahí que se obtuvo una secuencia didáctica con las modificaciones propuestas tomando en cuenta las respuesta de los alumnos.

Se trabajó con los alumnos el concepto de reacción química en los tres niveles de representación. Los resultados muestran que los alumnos lograron trasladar la información del nivel macroscópico al nivel simbólico, por lo que se consiguió un avance en su conocimiento.

1 Objetivos

1.1 *Objetivo general*

El objetivo de esta tesis es proponer y probar una secuencia didáctica con la metodología de ABP, por medio de la cual los estudiantes de bachillerato empiecen a desarrollar un pensamiento químico en torno a la idea central de reacción química.

1.2 *Objetivos particulares*

- ✎ Elaborar una secuencia didáctica que propicie la toma de decisiones de los estudiantes.
- ✎ Emplear la didáctica de ABP con el eje problematizador de la reutilización de aceite usado de cocina para elaborar jabón.
- ✎ Trabajar la reacción química en los tres niveles de representación: macroscópico, simbólico y nanoscópico, para que los alumnos tengan un mejor entendimiento.

2 Marco teórico

2.1 *Fundamento epistemológico*

2.1.1 *Enseñanza de la química*

La enseñanza posee un rol fundamental para crear un futuro distinto en nuestro planeta. Ayuda a la parte social: disminuye la pobreza, cimenta la paz, ayuda a construir sociedades justas con el conocimiento que se difunde igualitariamente, apoya la diversidad cultural, lo que abona a la visión de un desarrollo sostenible. Las propuestas educativas deben buscar en los alumnos hacer propias las habilidades que les permitan construir, enfrentar y superar desafíos en cuestiones de la vida cotidiana. De ahí que la enseñanza debe cambiar, se requiere una enseñanza que contribuya a formar ciudadanos que construyan un futuro sostenible, Macedo (2006) lo llama educación para el desarrollo sostenible.

Esta forma de ver la educación resalta el fomento de las habilidades para la vida que aseguran un futuro sostenible, esto propiciará cambios en los valores, comportamiento, actitud y modo de vida. Este tipo de habilidades o competencias se conocen como habilidades psicosociales, en el sentido de “capacidades”: saberes, habilidades, aptitudes, valores, actitudes, comportamientos que permiten enfrentar con éxito problemas de la vida cotidiana, personal, social y profesional. Las estrategias educativas para promover las habilidades para la vida buscan la inserción de los jóvenes a la sociedad como ciudadanos activos, críticos y constructivos (Macedo, 2006).

Los estudiantes necesitan tener un grado de alfabetización científica para que como futuros ciudadanos lleven desarrollo tecnocientífico a una sociedad democrática para una mayor sostenibilidad, además de participar en discusiones sociales de contenidos socio-científicos polémicos (Burmeister, Rauch y Eilks, 2012; citado en Eilks y Hofstein, 2015). Sin embargo,

el proceso de enseñanza-aprendizaje produce una situación paradójica. En los alumnos surge la queja de que la clase es poco interesante y el profesor a su vez, se queja de la falta de interés de los estudiantes. Esto se resume en: la falta de motivación para el aprendizaje (Benítez et al., 2002; citado en Güemes *et. al.*, 2011).

En el libro de Eilks y Hofstein (2015, p. 5) “Educación química relevante”, se propone el modelo de Stuckey *et. al.* (2013) que plantea cómo entender la relevancia de la educación científica en particular en la educación química. Explica cómo se puede hacer más relevante la enseñanza, donde el papel del profesor es motivar al alumno. Entendiendo por relevancia, la reflexión sobre la educación científica en tres direcciones: productos, procesos y personas. Se sugiere comprender de manera multidimensional a la educación científica, que la importancia no está en el plan de estudios sino en el efecto sobre el estudiante, la sociedad y la economía. Centrarse en la idea de consecuencias más allá de los intereses o deseos personales del alumno, ver al estudiante como partícipe de una sociedad, que contribuye a la economía y puede desarrollar empresas relacionadas con la ciencia y la tecnología.

De acuerdo con Stuckey *et. al.* (2013), lo que es relevante en la educación científica química:

- 📖 Debe tener consecuencias positivas en la vida del estudiante: cumplir con requisitos educativos o anticipar necesidades futuras.
- 📖 Cubrir intereses del estudiante y expectativas del entorno personal o de la sociedad.
- 📖 Contar con tres dimensiones: 1) individual: desarrollar habilidades intelectuales para enfrentar su vida cotidiana, 2) social: habilidades para la participación en una sociedad, contribuir al desarrollo sostenible y económico, 3) vocacional: ofrecer orientación para futuras profesiones y proveer de logros para ser aceptado en un programa de educación superior.

En este mismo libro se analiza cómo el estudio de la química favorece el desarrollo de las habilidades personales de los alumnos, los empodera como individuos participes de una sociedad y desarrolla sus valores. Se provee metacognición durante el aprendizaje de la química como relevante para el desarrollo de habilidades individuales y otorga evidencia basada en investigación, sobre cómo el aprendizaje de la química puede desarrollar habilidades de argumentación importantes para intercambiar información sobre ciencia con otros (Eilks y Hofstein, 2015).

En el caso particular de la química, cuando se aborda su enseñanza de manera tradicional sin contextualizarla, los alumnos tienen la sensación de que es irrelevante para ellos y para la sociedad en la que viven. Debido a que la química es económica y ecológicamente necesaria para el mundo y nuestras sociedades (Bradley, 2005; Knamiller, 1994; citado en Eilks y Hofstein, 2015), es importante guiar a los alumnos a que adquieran interés.

Por otro lado, la enseñanza tradicional requiere una revisión y reestructuración, ya que no se están obteniendo los resultados esperados. De ahí que han salido a la luz nuevas metodologías, buscando que el alumno realmente se apropie de su aprendizaje. En relación con la enseñanza de la química, tanto su abstracción, como su propio lenguaje, y la tendencia de los docentes a compartimentar los conocimientos, aumentan las dificultades para su aprendizaje: “los enfoques dominantes de la enseñanza de la química tienden a presentar la disciplina como una colección de temas aislados: estructura atómica, reacciones químicas, enlaces químicos, termodinámica, cinética, etc.” (Sevian y Talanquer, 2014).

El alumno no encuentra la relación con otras materias, ni con su vida debido a que la química se enseña descontextualizada y fragmentada, lo cual aumenta su desinterés (Sevian y Talanquer, 2014). Lo que se hace es volver a la química más misteriosa, abstracta y esotérica de lo necesario (Martínez *et. al.*, 2012).

El propósito de la enseñanza de la química debe ser practicar las formas de pensar y las técnicas desarrolladas por los químicos, teniendo como objetivo aprender a generar respuestas a problemáticas complejas del mundo que les rodea. Comparto la opinión de Mercé Izquierdo que nos plantea como reto del tercer milenio “conseguir que la educación química sea racional y razonable” (Izquierdo y Aliberas, 2004; citado en Izquierdo, 2006) para generar opinión y contribuir al desarrollo humano de todas las personas (Sevian y Talanquer, 2014).

No es razonable cuando, se les enseña a los estudiantes a resolver los problemas que se les presentan mediante una rutina poco comprendida que solo intentan recordar, como es el caso de la enseñanza tradicional de la nomenclatura y la estequiometría. Para hacerla razonable se requiere evaluar a los estudiantes a partir de preguntas y problemas auténticos en los que muestran sus competencias de pensamiento científico (Sevian y Talanquer, 2014).

Muchos temas en química llevan a almacenar información, la enseñanza necesita ser guiada a formar un pensamiento químico útil para el alumno y la sociedad. La aplicación de la química se da en diversos campos, es ahí donde se debe enfocar su enseñanza. Sin embargo, no sólo depende de la química, sino de los valores que también se enseñan a los alumnos como parte del currículum oculto (Sevian y Talanquer, 2014).

Varios autores están de acuerdo con que son muchos los temas que se trabaja en los cursos de química, y esto provoca un estudio superficial, distante de un aprendizaje significativo. La organización de los temas da una visión fragmentada del conocimiento químico. Temas y ejemplos usados que fueron importantes hace más de 100 años para el desarrollo del conocimiento químico, ahora están en desuso. Además el currículum está dirigido hacia desarrollar habilidades algorítmicas para resolver preguntas y problemas (por ejemplo:

cálculos estequiométricos, construcción de estructuras), en lugar de analizar y reflexionar en las ideas centrales (Talanquer, 2009).

Los profesores de química necesitan buscar nuevas opciones en el curriculum para estar más cerca a las necesidades de los alumnos y de la sociedad actual (Talanquer, 2009). Por lo que la propuesta de este trabajo es iniciar con una pregunta, no con un tema, por medio de una secuencia de aprendizaje ligada a sus conocimientos previos y preparándolos para la nueva información que ha de venir.

Talanquer (2009) nos dice que el objetivo central de un curso inicial de química, para estudiantes del siglo XXI, debe dirigirse a que los alumnos reconozcan el pensamiento químico moderno, de gran utilidad para responder preguntas fundamentales en torno a las sustancias y los procesos en nuestro mundo.

2.1.2 Evolución epistemológica del concepto de reacción química

2.1.2.1 Definición macroscópica de reacción química

Las definiciones acerca de reacción química involucran conceptos previos que los alumnos deben conocer. En uno de los artículos de Raviolo, Garritz y Sosa (2011) se defiende la posición de que los procesos químicos son el centro de la química y que se necesita una estrategia integrada y dinámica para su enseñanza.

Las ideas centrales definen entendimientos fundamentales en un dominio y marco de desarrollo curricular, instrucción y evaluación. La forma en que se comprenden estas ideas centrales está directamente relacionada con lo que hacen los maestros y con el entendimiento que elaboran los estudiantes. En los últimos 20 años, en diferentes partes del mundo, las investigaciones se han enfocado en reconocer estas ideas centrales. Sus usos son

fundamentales para generar la competencia básica, ya que funcionan como componentes de construcción para el futuro, y un entendimiento penetrante de la ciencia (Talanquer, 2016).

El concepto de "idea central" en la educación científica es un importante recurso didáctico que favorece la comprensión de fenómenos relevantes en la disciplina, y son intelectualmente satisfactorios ya que generan respuestas a preguntas personales o sociales, dicha definición exponen un pilar importante en el campo del conocimiento. Ronald Gillespie, Peter Atkins y más reciente el Instituto de Examen ACS reconocen el uso de ideas centrales en el estudio de la química. Todos ellos concuerdan en que la reacción química es uno de los temas centrales que se debe enseñar en química (Talanquer, 2016).

La reacción química, es quizás, la más importante de las ideas centrales, porque las reacciones son el corazón de la química. Comprender las reacciones ha sido un objetivo de los químicos desde los días de los alquimistas. Ahora reconocemos muchos tipos diferentes de reacciones que son de importancia en química inorgánica, orgánica y bioquímica; pero dos en particular, ácido-base y redox deben plantearse en un curso introductorio de bachillerato. Estos conceptos deben ser presentados y discutidos en términos de observaciones sobre reacciones reales llevadas a cabo por el estudiante en el laboratorio o, como segundo mejor ejemplo, como demostraciones en conferencias en vivo o en video. La química debe enseñarse más allá de la descripción: se debe comprender las reacciones y usarlas para propósitos específicos (Gillespie, 1997).

La idea macroscópica de reacción química, propuesta en muchos libros de texto, se fundamenta en el concepto de sustancia. Una concepción alternativa habitual encontrada en los libros de texto acerca de la reacción química es definirla como una modificación, donde la sustancia varía su aspecto o propiedad, pero mantiene su identidad. De ahí que algunas transformaciones físicas, como los cambios de estado o las disoluciones, que producen

cambios en propiedades específicas, se consideran por algunos alumnos como reacciones químicas (Raviolo, Garritz y Sosa, 2011).

También existe la idea de que una reacción química tiene que ver con “mezclar sustancias”, de ahí que ven al cambio químico como el proceso en que dos o más sustancias reaccionan y forman otras sustancias, y no toman en cuenta que pueden partir de una sustancia sola. Se menciona poco en la enseñanza que la mezcla de sustancias es el primer paso necesario, pero no lo único, para que se lleve a cabo una reacción química (Raviolo, Garritz y Sosa, 2011).

El límite entre cambio físico y cambio químico no está definido, así como entre la física y la química tampoco existe, ni con otras ciencias. Por ejemplo, en los cambios de estado del agua de sólido a gas, hay una variación en lo estructural, en las propiedades físicas (como la densidad), y se clasifica como una transformación física. Comparado con la desnaturalización de una proteína como la clara de huevo, que se considera un cambio químico. Sin embargo, en ambos casos se ha producido la ruptura de enlaces de hidrógeno, con los mismos átomos unidos por enlaces covalentes (Raviolo, Garritz y Sosa, 2011). Otro ejemplo es una disolución de sal en agua donde hay ruptura de enlaces, y también es considerado un cambio físico.

Los conceptos científicos, como estas definiciones, son parte de una clasificación, una abstracción del mundo real, una modelación. Son fabricados por el humano para dar una interpretación de lo que observa, haciendo sencillo lo complejo, a lo que se llega con base en acuerdos que permiten la comunicación. Esta división de las transformaciones en cambios químicos y físicos se utiliza en la enseñanza, aunque es problemático y causa mayores dificultades que beneficios (Palmer y Treagust, 1996; citado en Raviolo, Garritz y Sosa 2011).

2.1.2.2 Definición nanoscópica de reacción química

Las definiciones de reacción química en términos de partículas son menos frecuentes en los textos, ya que los estudiantes deberían tener antes conceptos como átomos, iones y electrones. Es necesario construir con los alumnos la noción de reacción química a escala nano para asegurar su comprensión conceptual. De los textos de secundaria revisados en Raviolo, Garritz y Sosa (2011), el 35% no presentan una definición nanoscópica de la reacción química, y un 25% habla sólo de cambios en los átomos que forman las moléculas, consideran a todas las sustancias como moleculares.

El 40% de los textos presenta definiciones como un reordenamiento de átomos. Estas definiciones dejan de lado a las sustancias cuyas partículas involucradas son iones. La definición de reacción química en términos nanoscópicos sugerida por Raviolo, Garritz y Sosa (2011) es:

“En una reacción química hay una redistribución de los átomos o iones, formándose otras estructuras (moléculas o redes) diferentes”.

Dentro de la definición de reacción química es necesario reconocer lo que cambia y lo que se conserva. En la reacción química se modifican las sustancias y se conservan las partículas. Algunos textos hablan de la conservación tanto en cantidad como en la identidad de los átomos participantes (Raviolo, Garritz y Sosa, 2011).

Generalmente, tanto en los libros de texto como en el aula a nivel bachillerato, no se manejan los conceptos sustancia, mezcla y reacción química, a nivel nanoscópico. Sin embargo, la adquisición conceptual profunda se da en el momento en que el alumno relaciona las características macroscópicas con representaciones nanoscópicas (Raviolo, Garritz y Sosa, 2011).

Raviolo, Garritz y Sosa (2011) considera que es necesario volver a reflexionar sobre definiciones de conceptos básicos de la química a lo largo del desarrollo curricular, también en la universidad, agregando matices históricos y epistemológicos. Ya que un concepto abstracto no se aprende en un momento del programa de manera completa y definitiva.

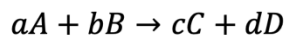
En este trabajo de investigación, tomando en consideración lo que la literatura presenta como dificultades en la enseñanza de la reacción química, en relación directa con la definición que se les presenta a los alumnos, la cual puede causar concepciones alternativas, se tomarán las siguientes consideraciones:

- No mencionar los términos cambio físico y cambio químico, para no crear confusión, solamente dirigir la atención al término de reacción química.
- Debido a la importancia de presentar la visión nanoscópica, se pretende abordar este nivel dentro del concepto propuesto.
- Otro punto es considerar el hecho de que los alumnos deben empezar por la parte macroscópica para abordar este concepto. Debido a lo abstracto que es el estudio de la química, que su acercamiento sea por las cosas que pueden percibir con sus sentidos y que están más en contacto con su vida cotidiana.

2.1.3 Ecuación química

Las reacciones químicas se representan de manera simbólica por medio de ecuaciones químicas. A las sustancias presentes en el inicio de una reacción se les conoce como reactivos, y las sustancias que se forman, productos. Los reactivos se simbolizan con sus fórmulas químicas en el lado izquierdo de la ecuación, separados por un signo más (+) que se lee “reacciona con”. Los productos se simbolizan con sus fórmulas químicas al lado

derecho y quedan separados de los reactivos mediante un tipo de flecha (\rightarrow , \rightleftharpoons , \leftrightarrow) que se lee “produce”. Una ecuación química de manera general se representa de la siguiente forma:



Las letras a, b, c y d pertenecen a los coeficientes molares de reactivos y productos; A y B, conciernen a los reactivos; y C y D, son los productos (Brown, 2004).

En las ecuaciones químicas se pueden emplear símbolos especiales que dan información específica de las sustancias involucradas o de las condiciones de la reacción. Si se pone una (g) al lado derecho de la fórmula química indica que la sustancia está en fase gaseosa, una (l) para un líquido, una (s) para sólido y (ac) acuoso, es decir una sustancia disuelta en agua (Brown, 2004).

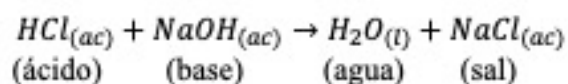
En una reacción química no se crean o se destruyen átomos, la ecuación química debe estar balanceada, es decir el mismo número de átomos en ambos lados de la flecha. Ya balanceada la ecuación química cumple la ley de la conservación de la masa, por lo que la masa total de los reactivos es igual a la masa total de los productos (Brown, 2004).

Al analizar la idea de reacción química es necesario darse cuenta de que los átomos de elementos involucrados, la masa y la energía se conservan, mientras que las sustancias se modifican. Para discernir las transformaciones que sufre la materia, se requiere identificar las propiedades perceptibles de la materia que se conservan a pesar de los cambios que ésta experimente (Pozo y Gómez, 1998; citado en Güemes *et. al.*, 2011).

Una reacción química central en el estudio de la química es la que ocurre entre un ácido y una base. En los inicios de la química experimental se reconocían las sustancias por sus propiedades características, por ejemplo, las disoluciones de las bases conocidas como álcalis tienen sabor amargo y son resbalosas al tacto (la palabra base proviene del latín basis,

fundamento o apoyo) y disuelven los aceites. Las disoluciones ácidas tienen sabor agrio, son picantes, corrosivas y disuelven muchas sustancias (la palabra ácido proviene de la palabra latina acidus, que significa agrio o acre). Se inició a sistematizar a las sustancias por las reacciones que llevaban a cabo entre ellas, viendo que un ácido y una base reaccionan para producir sal y agua (Chamizo, 2017).

Los productos de la reacción no tienen ninguna de las propiedades características de los reactivos. Un ejemplo común, es cuando se pone en contacto una disolución de ácido clorhídrico con una disolución de hidróxido de sodio, donde los productos son agua y cloruro de sodio (NaCl):



Esta reacción se usa como referencia y el término sal se emplea para mencionar cualquier compuesto iónico cuyo catión proviene de una base (ejemplo Na^+ de NaOH) y cuyo anión proviene de un ácido (ejemplo Cl^- de HCl) (Brown, 2004).

Cuando se agrega una solución básica a una solución ácida, disminuye la concentración de protones $[H^+]$. Se puede dar seguimiento a la reacción a partir del valor de pH, que es el logaritmo negativo de base 10 de la concentración del protón $[H^+]$:

$$pH = -\log [H^+]$$

Esta ecuación permite calcular el pH de una disolución neutra a 25°C, que es igual a 7. Cuando una disolución se acidifica la $[H^+]$ aumenta y el pH disminuye, por lo que el pH de una disolución ácida es menor que 7. En una disolución básica el pH es mayor a 7, donde la $[H^+]$ es menor (Brown, 2004).

2.1.4 Elaboración de un jabón a partir de un aceite o de una grasa

La mezcla de sales de sodio o de potasio y de ácidos grasos de cadena larga que se producen por una reacción de hidrólisis conocida como saponificación, entre una grasa y un álcali, se llama jabón.

El jabón fue el primer agente tensoactivo conocido por el hombre, ya era conocido por los babilonios, en el año 2500 a.C. En esa época se mezclaban aceites vegetales con carbonato de potasio procedente de la madera quemada. El método evolucionó, para usar hidróxido de potasio, forma que perdura hasta este tiempo. En países subdesarrollados es la base de los productos detergentes y de limpieza, mientras que en otros países se sustituyó por otros tensoactivos sintéticos (Klimova *et. al.*, 2014).

El jabón se forma al poner en contacto ácidos grasos obtenidos de la ruptura de las moléculas de triglicéridos (hidrólisis de triglicérido), en presencia del hidróxido de sodio, hidróxido de potasio o de otra base. Esta reacción de formación del jabón se conoce como reacción de saponificación que se muestra en la Figura 1. De la reacción de saponificación se obtiene glicerina como producto secundario de utilidad (Klimova *et. al.*, 2014).

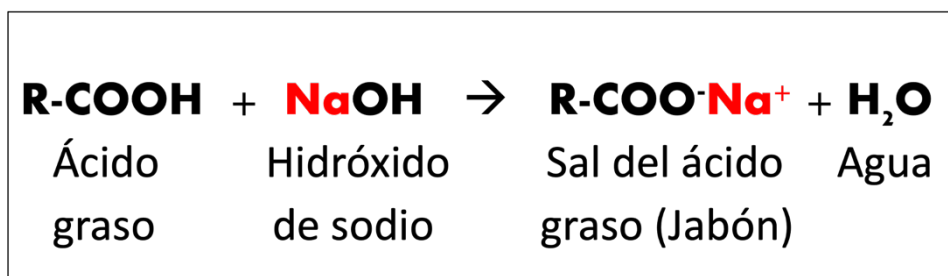


Figura 1. Reacción de saponificación de un ácido graso con la base hidróxido de sodio.

2.1.5 Los aceites y grasas

Los aceites y grasas tienen un origen vegetal o animal, su constitución molecular está principalmente por compuestos llamados triglicéridos (o triacilglicerol). Su composición es de tres ésteres de ácidos grasos unidos a una molécula de glicerol. Una característica es que son solubles en disolventes orgánicos no polares e insolubles en agua. Los aceites y grasas son mezclas de triglicéridos diferentes, así como ácidos grasos distintos. Las propiedades físicas y químicas son dadas por el número, estructura química, longitud de la cadena y con el grado de saturación de los ácidos grasos unidos al glicerol. Si los triglicéridos de un ácido graso son iguales, se nombra triglicérido simple; de lo contrario son triglicéridos mixtos, con dos o los tres ácidos grasos distintos (Klimova *et. al.*, 2014).

Los triglicéridos se pueden clasificar en función del número de enlaces dobles o insaturaciones en los ácidos grasos que presentan:

- Ácidos grasos saturados: no tienen enlaces dobles entre los átomos de carbono. Ácidos grasos mono-insaturados: tienen un doble enlace entre los átomos de carbono.
- Ácidos grasos poli-insaturados: tienen dos o más dobles enlaces entre carbonos de su estructura química.

Los aceites vegetales, tienen un mayor contenido de ácidos grasos insaturados que saturados, de ahí que en su mayoría se encuentran en estado líquido. En la Figura 2 se observa la estructura de algunos ácidos grasos. En forma opuesta, las grasas animales son más ricas en ácidos grasos saturados, por lo que se localizan en estado sólido. Lo que deja ver la relación con la estructura de las moléculas (Klimova *et. al.*, 2014).

Es común encontrar en aceites y grasas moléculas de glicerina unidas a uno o dos ácidos grasos, que se denominan respectivamente monoglicéridos y diglicéridos. Hay ácidos grasos

que no se encuentran unidos a la molécula de glicerol o a ninguna otra molécula, se denominan ácidos grasos libres.

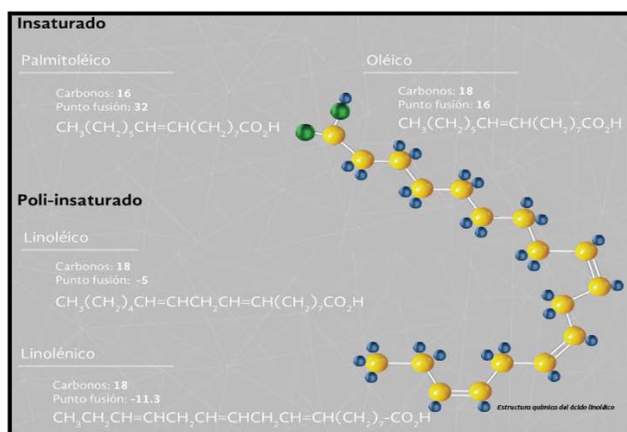


Figura 2. Estructura de algunos ácidos grasos comunes (Klimova et. al. 2014).

2.1.5.1 Índice de saponificación

Se define como la cantidad de hidróxido de sodio (NaOH), expresada en miligramos, que se necesita para saponificar un gramo de aceite o grasa determinada para hacer un jabón. Al conocer el índice de saponificación de una muestra de aceite o grasa se conocen los miligramos de hidróxido de sodio que se necesita para saponificar por completo un gramo de aceite o grasa, ejemplo de esto lo podemos ver en la Figura 3 (Klimova et. al., 2014).

Aceite	IS (mg _{NaOH} /g _{aceite})
Almendra	136
Aguacate	135
Canola	133
Ricino	128
Palma	144
Coco	178
Maíz	136
Oliva	134
Soya	135

Figura 3. Índices de saponificación publicados para algunos aceites (Klimova et. al. 2014).

2.2 Fundamento didáctico

2.2.1 Pensamiento químico

Como ya se ha discutido antes, la educación en química tradicional se centra en el aprendizaje de conceptos e ideas aislados. Estas ideas, como las prácticas químicas, no muestran una descripción concreta. No hay un propósito práctico, solo se queda en la explicación de las propiedades de la materia, y esta desconexión de los propósitos de la empresa química no lleva a los estudiantes a la resolución de problemas (Van Berkel *et. al.*, 2000; Eilks *et. al.*, 2013; citado en Eilks y Hofstein, 2015).

La química tiene como característica combinar la investigación científica y cubrir metas tecnológicas, por lo que se considera una tecnociencia. De esta manera, es necesario guiar su enseñanza a la vida práctica, no solo a la búsqueda de explicaciones o el diseño de sustancias, sino trabajar con problemas relevantes (Sevian y Talanquer, 2014). Para lo cual es necesario comprender cómo se da en los alumnos el progreso del pensamiento químico en el tiempo. Sevian y Talanquer (2014) definen el pensamiento químico como “el desarrollo y la aplicación del conocimiento y las prácticas químicas con la intención principal de analizar, sintetizar y transformar la materia con fines prácticos”.

La educación científica necesita armar modelos educativos que compaginen ideas centrales y prácticas en cada disciplina e interdisciplinas. Por lo que se requiere de prácticas que incluyan a los estudiantes de manera activa y significativa donde razonen, hagan y valoren las características de cada disciplina (Bulte *et. al.*, 2006; Talanquer, 2013; citado en Sevian y Talanquer, 2014).

Para la química en particular, las prácticas involucran la investigación de sustancias y fenómenos químicos para explicar sus propiedades y comportamientos. Discernir las ideas y

prácticas esenciales del pensamiento químico es imprescindible para una comprensión química en la toma de decisiones (Sevian y Talanquer, 2014).

Entender estos fundamentos también es importante para personas científicamente alfabetizadas, aunque no involucren carreras de la disciplina de química. El pensamiento químico básico que obtengan les servirá para tomar decisiones importantes, así como contestar preguntas de su vida cotidiana: de qué manera desechar materiales adecuadamente, qué tipo de recipientes son seguros para almacenar alimentos, qué combustibles hacen el menor daño al planeta. Por lo que no solo es necesario conocer la estructura de las sustancias químicas y las cualidades de los procesos químicos, sino que se requiere crear situaciones para modelar y crear sensaciones. Es necesario buscar un equilibrio donde los estudiantes se involucren en el diseño de materiales o procesos, en la evaluación costo-beneficio y riesgos en relación con el uso y al cambio de entidades químicas (Van Berkel *et. al.*, 2000, NRC, 2011; citado en Sevian y Talanquer, 2014).

Lo que se pretende es promover en los estudiantes habilidades para “tomar decisiones informadas, desarrollar justificaciones, evaluar resultados y probar ideas en el contexto de preocupaciones personales, sociales y globales” (Sevian y Talanquer, 2014). Tomando esto en cuenta, se ha buscado modificar la educación química teniendo en mente el aprendizaje basado en el contexto. Por medio de situaciones de la vida cotidiana, donde se aplica la química para desarrollar la comprensión de los estudiantes extrayéndose del contexto del aula. El propósito es conectar ideas y crear habilidades esenciales de manera significativa. La atención se pone en problemáticas como el calentamiento global, los gases del efecto invernadero y no específicamente en las ideas centrales de la química (Bulte *et. al.*, 2006; Schwartz, 2006; Eilks *et. al.*, 2013, King, 2012; citado en Sevian y Talanquer, 2014).

Para lo cual es necesario seleccionar y organizar contenidos enfocándose menos en comunicar “lo que sabemos” y más en reflexionar sobre los conceptos e ideas que permitan enseñar “cómo pensamos”. Para ayudar a los alumnos a usar las teorías, los modelos y las formas de experimentar en química lo que los ayude a predecir y explicar las propiedades y el comportamiento de algunos sistemas importantes (Martínez *et. al.*, 2012).

2.2.2 Aprendizaje basado en problemas

Habitualmente en la enseñanza de la Química se lleva bajo la explicación del profesor y con apoyo de un libro de texto que da una información más estructurada y directa, en su mayoría con pocas actividades que promuevan un aprendizaje activo y autónomo (Güemes *et. al.*, 2011). Es decir, las materias científicas se enseñan por medio de una filosofía educativa donde la meta es comunicar a los estudiantes el conocimiento científico acumulado a través de los años. Además, existen diferencias de cuáles son las ideas centrales que se deben enseñar “lo que sabemos”, por lo general se elige lo que se piensa será útil para los estudiantes en su vida personal, académica o profesional (Martínez *et. al.*, 2012).

Si se hace el cambio de “lo que sabemos” a buscar modelar “cómo pensamos”, quedan de lado los temas y se vuelve más importante identificar las preguntas significativas que los estudiantes aprendan a contestar (Martínez *et.al.*, 2012). En esta tesis se propone la didáctica de aprendizaje basado en problemas (ABP), como una alternativa centrada en aprender a resolver problemas. Se emplea la definición propuesta por Ramos (2020), la cual se enuncia y se desarrolla a continuación:

“El Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) es una metodología didáctica **socio-constructivista** por **indagación**, *centrada* en el **aprendizaje del estudiante**, que se diseña a partir del **contexto**. Lo más importante es producir en los estudiantes

una experiencia profunda y transformadora del ejercicio del **pensamiento científico**, a través de un **problema real y de su interés**. El trabajo es dirigido por los estudiantes con colaboración estructurada, y la calidad del aprendizaje se evalúa de manera multifacética” (Ramos, 2020, p.50)

El constructivismo está centrado en el estudiante, donde él hace su propia construcción de conocimientos que va creciendo cada día. Este modelo educativo dice que el humano construye el conocimiento a partir de sus conocimientos previos. La persona posee habilidades como reconocer, analizar y resolver problemas de la vida cotidiana más complejos, debido al enriquecimiento constante de conocimiento y experiencias anteriores. Conjuntamente al nuevo conocimiento que se construye, se desarrolla una nueva competencia donde aplicará lo que ya aprendió a una nueva situación (Cuevas *et.al.*, 2011). Se le llama aprendizaje colaborativo a esta construcción colectiva, cuidadosamente diseñada, que se ejecuta a través de la interconexión entre los alumnos, debido a un efecto mutuo entre estos. Los elementos claves para el aprendizaje colectivo como son los grupos reducidos, objetivos en común, responsabilidad compartida, obtención de resultados y la interacción social entre los integrantes para la búsqueda de soluciones a diferentes problemáticas, estos son puntos clave para la construcción de nuevos significados. El proceso inicia poco a poco primero individualmente en cada miembro del equipo, cada integrante está comprometido en avanzar tanto grupalmente como individualmente. Finalmente el grupo aprende con la interacción entre los integrantes logrando que los alumnos retomen anteriores conocimientos y puedan asimilar el nuevo (Galindo *et. al.*, 2012).

El ABP expone que el alumno, quien se involucra activamente en el proceso, aprende ciencias a partir de la propia experiencia mediante la observación y análisis, es decir por indagación. Mediante esta modalidad, el estudiante empieza a construir significados y

desarrollar pericia para (Grey, 2012; citado en González y Crujeiras, 2016) identificar distintos interrogantes y conceptos clave de la información científica, analizar y comprender distintos modelos alternativos, comprensión del argumento científico y diseñar investigaciones. Se promueve a que el alumno indague en el tema y así gane interés por aprender y se familiarice con el manejo de técnicas (NRC, 1996, 2000; Taber, 2015; citado en González y Crujeiras, 2016).

Los alumnos podrán comprender eficientemente distintos conceptos científicos y colaborar en el progreso de las competencias científicas gracias a actividades cuidadosamente elaboradas, y a su vez lograr los objetivos del currículo. Para que el estudiante entienda mejor los fenómenos científicos se requiere de las actividades de laboratorio, importante herramienta para el aprendizaje, y las actividades de indagación, así conceptos abstractos como reacción química se comprenderán mejor (Crujeiras y Jiménez, 2012; citado en González y Crujeiras, 2016).

El ABP está centrado en el aprendizaje del alumno, es decir que el profesor de ciencia renuncia de manera parcial a su papel de experto en ciencia, dejando de hacer actividades comunes en la práctica tradicional como dar las respuestas correctas, indicar a los alumnos qué hacer y evaluar sus ideas. Por lo que la educación deja de ser centrada en el docente para pasar a ser centrada en el estudiante y dejando al profesor como el guía en el proceso de construcción del aprendizaje (Reyes y Padilla, 2012).

Otro factor a considerar en el aula son las emociones, el ABP toma en cuenta esto por lo que utiliza una problemática que motive a los alumnos. En el proceso de enseñanza-aprendizaje, están involucradas las emociones de los estudiantes. Los docentes requerimos que estas emociones sean reguladas para poder desarrollar el proceso de enseñanza-aprendizaje. Conocer las emociones y cómo estas influyen en el proceso ayuda a la comprensión y el

aprendizaje. El psicólogo Paul Ekman, menciona que todas las personas nacemos con seis emociones básicas o primarias para sobrevivir: miedo, aversión, sorpresa, alegría, ira y tristeza; las cuales influyen de manera positiva o negativa, es decir motivando o bloqueando nuestros aprendizajes (Rotger, 2017).

Que la información alcance las redes cognitivas racionales depende de los estados emocionales de los estudiantes. De ahí que es importante trabajar en los estados emocionales en el aula para que se consiga el aprendizaje. Si las amígdalas están abiertas, se favorecen las condiciones de placer que se forjarán en torno a los aprendizajes. La amígdala se encuentra en el “cerebro profundo”, sede de la memoria emocional, y por anatomía procesa todo respecto a las reacciones emocionales, función central de la supervivencia. Las amígdalas están atentas a cualquier situación amenazante, al activarse se bloquea el paso de la información a los lóbulos prefrontales, por lo que el aprendizaje no se realiza debido a la respuesta amigdalina de lucha o huida (Rotger, 2017).

Además de trabajar con las emociones, desarrollar la capacidad de crear o recrear del ser humano es primordial; preocupación que se da desde los primeros niveles escolares hasta la universidad. Sin embargo, la estimulación escolar intencionada solo se da en los primeros años de la escuela primaria, excepto en carreras con actividades artísticas. La creatividad se considera equivocadamente un don, y no una cualidad humana a desarrollar como cualquier otro comportamiento. En México los programas de educación de nivel superior están enfocados en la teoría a pesar de considerar algunas horas prácticas. Se enfocan en dos procesos psicológicos básicos: la memoria y la comprensión (Rotger, 2017).

Pero el conocimiento que adquiere un sujeto se traslada a diversos contextos, para lo que se necesita hacer uso del pensamiento creativo, que implica la interrelación de seis factores: la inteligencia, el conocimiento, los estilos de pensamiento, la personalidad, la motivación y el

contexto, vinculados al proceso educativo (Delval, 1984; Sternberg y Lubart, 1992; citado en Rotger, 2017).

La creatividad requiere del desarrollo de varios procesos psicológicos cotidianos: recordar, hablar, escuchar, comprender el lenguaje y reconocer las analogías, que se da en cualquier institución educativa. Debido a su importancia, las escuelas deben ser dirigidas no tanto para saber, sino para pensar, un aprendizaje creativo favorece el conocimiento y el desarrollo de las capacidades y los procesos de aplicación de este (Boden, 1994; González, 1990; citado en Rotger, 2017).

La meta es favorecer actitudes y capacidades básicas para pensar como por ejemplo discriminar o memorizar; o complejas, como resolver problemas. Rugarcía (1993; citado en Duarte, 1998) reflexiona sobre la creatividad como una capacidad humana muy importante, porque le sirve al hombre para transformar y transformarse, con la cual el hombre elabora cultura, de ahí que la creatividad es un factor mayor para desenvolver en la educación actual. Rotger (2017) piensa que todas las personas tenemos algún grado de capacidad creadora; que está relacionada con la personalidad, con la educación y con el bienestar del ser humano. Entre más grado de creatividad consiga una persona, podrá resolver problemas del medio en el que se encuentra y su relación con lo interno.

El ABP es un método de enseñanza que sirve para que los alumnos desarrollen habilidades y construyan conocimientos, después de investigar y responder una pregunta, problema o desafío el cual debe ser llamativo y complejo. En la Figura 4 se muestran los elementos necesarios para construir un ABP, estos se exponen a continuación:

1. **Problema** o pregunta abierta y significativa. Con objetivos de aprendizaje concretos, por lo que el diseño de las actividades debe ser claro; no es el desarrollo de un tema. Punto de partida, con el nivel de desafío conveniente.

2. Un proceso de **indagación** sostenida. Extenso, tenaz, los estudiantes elaboran preguntas, buscan medios, eligen y emplean información.
3. **Auténtico**. Debe ser llamativo para el alumno, apegado a su contexto para que sea de su interés.
4. Los estudiantes pueden **decir y hacer cosas**. Toman decisiones y tienen permitido llevarlas a cabo, guiados por el profesor. El error es una oportunidad de aprendizaje y no se considera un fracaso.
5. **Ambiente de Reflexión**. Las condiciones, el tiempo, los materiales adecuados para llevar a los alumnos al análisis
6. Crítica y revisión, realimentación. Evaluación formal e informal, en tiempo y forma.
7. **El resultado debe hacerse público**. Exponiéndose a gente fuera del aula, donde reconocen el valor del conocimiento adquirido.



Figura 4. Elementos esenciales en el diseño del ABP.

Nota. Adaptado de Why We Changed Our Model of the “8 Essential Elements of PBL”, (p.2), por Larmer, J. y Mergendoller, J., 2015, Buck Institute for Education,

El inicio de una estrategia ABP es una problemática o pregunta, para lo cual es importante recordar que para preguntar es necesario movilizar conocimientos y habilidades, para poder conocer el saber de los alumnos. El filósofo de las ciencias Gastón Bachelard (1979, p.16; citado en Martínez, 2016) expone: “Y dígame lo que se quiera, en la vida científica los problemas no se plantean por sí mismos. Es precisamente este sentido del problema el que indica el verdadero espíritu científico. Para un espíritu científico todo conocimiento es una respuesta a una pregunta. Si no hubo pregunta, no puede haber conocimiento científico. Nada es espontáneo. Nada está dado. **Todo se construye.**”

Para finalizar, el punto más importante, la evaluación continua, es fundamental en las estrategias ABP, la cual debe ser multifacética tomando en cuenta los objetivos de aprendizaje. El propósito es dar retroalimentación certera y pertinente, lo que ayudará al alumno con la mejora de los productos.

Es necesario reconocer la profundidad y complejidad en el nivel de razonamiento de los estudiantes. Un enfoque es el uso de la taxonomía SOLO (Structure of the Observed Learning Outcome, Biggs y Collis, 1982; citado en Ramos, 2020), donde los avances de los alumnos se ven en función de etapas: preestructural, uniestructural, multiestructural y relacional. Dependiendo de la cantidad y calidad de integración de los elementos considerados, se elaborarán las actividades requeridas por los estudiantes (Sevian y Talanquer, 2014). El inicio se da en el nivel preestructural, el cual se averigua empleando una evaluación diagnóstica. Se guía a los alumnos empezando con habilidades de bajo nivel cognitivo, hasta conseguir habilidades de mayor complejidad (Ramos, 2020).

2.3 Fundamento conceptual

2.3.1 Relación entre los diferentes niveles de representación de la química

Utilizar diversas representaciones del conocimiento favorece visualizar conceptos abstractos. De ahí que es necesario que los alumnos se habitúen con el lenguaje de la química, para que puedan entender el significado de nuevos contenidos al asociarlos con conocimientos previos; a esto se le denomina constructivismo (Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001; citado en Güemes *et. al.*, 2011).

2.3.2 Dificultades para la enseñanza del tema reacción química

La química maneja tres niveles de representación que se requieren para su comprensión. El nivel macroscópico, donde se trabaja con los fenómenos, procesos y las transformaciones que se perciben con los sentidos, estudia las sustancias y sus propiedades; se utiliza el nivel simbólico como puente para representar esos cambios, este nivel comprende los símbolos, fórmulas o ecuaciones utilizadas para representar y comunicar conceptos e ideas, con el que se busca interpretar el mundo de las moléculas, átomos y las leyes que lo rigen; y un nivel nanoscópico, que estudia modelos corpusculares (moléculas, átomos, iones, partículas, etc.) (Johnstone, 1993; citado en Farré, 2014).

Johnstone presentó estos niveles de representación mediante un triángulo, se presenta en la Figura 5, los relaciona con perspectivas de aprendizaje y enseñanza de la química (Caamaño, 2014). El nivel macroscópico y el nanoscópico pertenecen al plano del objeto, descritos en los planos lingüístico y matemático (Labarca, 2009; citado en Farré, 2014). Por otro lado, el lenguaje químico, tiene como parte característica el nivel simbólico, formado por un vocabulario específico, fórmulas y convenciones para representar sustancias, reacciones y

mecanismos. Este lenguaje, es entonces una representación que interactúa con los modelos teóricos, debido a la relación entre los niveles de abstracción que lo conforman (Jacob, 2001; citado en Farré, 2014).

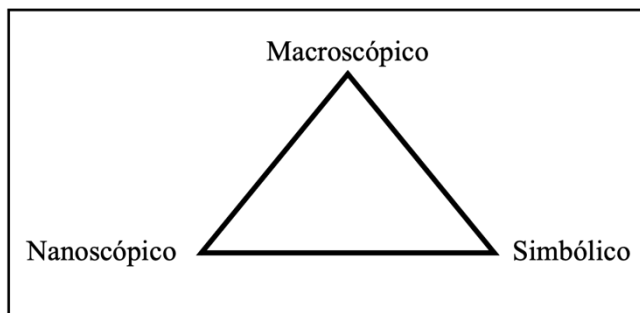


Figura 5. Niveles de la química de Johnstone (Caamaño 2014).

Nota. Adaptado de “La estructura conceptual de la química: realidad, conceptos y representaciones simbólicas” (p. 8), por Caamaño, A., 2014, *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 78.

El primer nivel de abstracción (N1) es el simbólico, el conjunto de simbología química para representar a las sustancias y las reglas formales que regulan su uso (por ejemplo, símbolos químicos, fórmulas y las ecuaciones químicas). El segundo (N2), el relacional, vocabulario específico para hablar sobre las sustancias, un metalenguaje que contempla nuevos términos como abstractores (palabras como ‘elementos’ o ‘compuestos’). El tercer nivel (N3), el de los modelos, con términos para usar sobre los abstractores, leyes, modelos y teorías en general (el lenguaje perteneciente a la teoría cinético molecular). El cuarto nivel (N4) es el epistémico que representa el lenguaje para la discusión epistemológica y filosófica de la química (Farré, 2014).

De ahí que la distancia entre el lenguaje cotidiano de los estudiantes y el lenguaje disciplinar es grande, por lo que se necesita de las habilidades del profesor y del alumno para transitar ese camino. Es importante debido a que el lenguaje químico es un mediador, como un puente que conecta y ayuda a la construcción de modelos y/o representaciones mentales de compuestos y reacciones, indispensable para aprender química en el nivel nanoscópico. Este

sistema de representación externa, se vuelve un amplificador cognitivo y un instrumento de pensamiento. Por lo que es necesario conocer los procesos por los que los estudiantes aprenden a reconocer y a usar fórmulas particulares y las dificultades que comprende dicho aprendizaje (Lorenzo y Pozo, 2010; citado en Farré, 2014).

De acuerdo con Talanquer (2012; citado en Galagovsky 2015) la dicotomía del aprendizaje conceptual y aprendizaje algorítmico sigue constituyendo una tensión propia de la enseñanza de la química. Describe que comprender química requiere dar un significado apropiado a cada uno de los lenguajes en que se expresa un discurso científico (Galagovsky *et. al.*, 2014). En la enseñanza de la química, la reacción química es uno de los contenidos más relevantes, básico del currículo, es el punto de partida para comprender otros contenidos. Además, sirve para explicar muchos fenómenos de la realidad que nos rodea. Para que los alumnos puedan aplicar el conocimiento sobre las reacciones químicas a la vida cotidiana, también requiere conocer otros conceptos como el de enlace químico o la naturaleza corpuscular de la materia e integrarlos de forma adecuada, lo que es de gran dificultad para los estudiantes, esto es por el lenguaje químico que es necesario manejar, por el uso de diferentes niveles de representación para dar la interpretación de los fenómenos químicos (Aragón, Oliva y Navarrete, 2013; Yan y Talanquer, 2015; Gabel, 1998; Jonhstone, 1993; citado en González y Crujeiras, 2016).

Teniendo en cuenta este enfoque de niveles de representación de la química, podríamos decir que las reacciones químicas se consideran como un proceso mediante el cual algunas sustancias desaparecen y aparecen otras nuevas (nivel macroscópico), o como un proceso en el que las partículas se reordenan (nivel nanoscópico), mientras que la descripción del proceso se representa a través de las ecuaciones químicas (nivel simbólico).

2.3.3 Existencia de concepciones alternativas del tema reacción química

Es necesario considerar que los estudiantes experimentan obstáculos para reconocer cuándo ocurre una reacción química. Hay varias dificultades para la enseñanza del concepto de reacción química, en este trabajo se revisan dos.

1. **Consideran que los cambios de estado son reacciones químicas.** Confunden los cambios de estado y las disoluciones con reacciones químicas. Esto se da por poner mayor atención en los detalles y dejar de lado lo importante. Se debe poner la atención en que reacción química implica la formación de una nueva sustancia (Kind, 2004).
2. **El lenguaje de la química causa confusión.** Los alumnos se topan con muchos términos en química, con significado concreto para los químicos por ejemplo “elemento”, “compuesto” y “mezcla”. Al aprender las ideas básicas, estos conceptos se suelen confundir (Kind, 2004).

Entre los estudios que reportaron estos problemas está el artículo realizado por Shollum (1981; citado en Kind, 2004), dicho trabajo informa que alrededor del 70 % de los jóvenes de 14 años de edad y más del 50 % de los estudiantes de 16 años piensan que **diluir** con agua un jugo de fruta concentrado es una reacción química.

Explicaciones de reacción química utilizan los términos “fundir” y “disolver”, lo que sugiere confusión con cambios de estado. Los estudiantes clasifican disolver como una reacción química ya que implica agregar agua.

Ahtee y Varjola (1998; citado en Kind, 2004) exploraron la definición de reacción química en jóvenes de edades entre 13 a 14 años y de 17 a 18 años. Una quinta parte de ellos pensaban que la **disolución** y un **cambio de estado** son reacciones químicas. Los estudiantes

consideran que cuando la sustancia **cambia de color, masa y estado** ha tenido lugar una reacción química.

2.3.4 Dificultades para el aprendizaje del concepto de reacción química

La dificultad en el aprendizaje de la química, al igual que con otras materias radica en su propio lenguaje; sin embargo, para el caso de la química, la dificultad aumenta por lo abstracto que llega a ser su enseñanza.

Johnstone (1982; citado por Lacolla, 2014) refiere que “Al igual que otros conceptos químicos, las dificultades que los alumnos presentan al comprender este tema se fundamentan en la complejidad inherente a esta ciencia, que proviene de sus tres niveles de representación”.

Se observa que los alumnos presentan serias dificultades para relacionar los niveles macro, nano y simbólico de la materia, lo que es evidencia de la limitada comprensión de la reacción química (Casado y Raviolo, 2005).

De Jong y Taber (2007) han detectado dificultades de aprendizaje recurrentes, en cada nivel de representación de la química.

En el **nivel macroscópico**:

- La falta de diferenciación entre elementos, compuestos y mezclas, los lleva a confundir los conceptos. Falta de comprensión del término sustancia. Interpretan el producto de una reacción química como una mezcla de las sustancias originales, donde sus propiedades son una combinación de las propiedades de las sustancias iniciales.
- Creen que las sustancias y sus propiedades se conservan y que estas solo cambian de lugar, fragmentos de la madera quemada son liberados en forma de humo.

- No identifican reactivos o productos invisibles como las sustancias gaseosas, por ejemplo, el oxígeno.

En el **nivel nanoscópico** las dificultades son:

- Les dan propiedades macroscópicas a los átomos, como color, brillo o forma.
- No se refieren al reacomodo de átomos en una reacción química.
- A pesar de conocer a los átomos y moléculas, no logran relacionar la explicación de la reacción química con estos.

Bullejos *et. al.* (1995; citado en Raviolo, Garritz y Sosa, 2011) considera muy importante construir con los alumnos la noción de cambio químico a escala nanocópica para garantizar su comprensión conceptual.

En el **nivel simbólico** las dificultades son:

- Perciben una fórmula solo como letras, dejan de lado los subíndices ya que al ser más pequeños no les dan importancia, escriben indistintamente H_2O (fórmula química del agua), H_2O_2 (fórmula química del peróxido de hidrógeno) ó HO^- (fórmula química del ión hidroxilo).
- De igual forma para el caso de los coeficientes de la ecuación, no logran diferenciar entre moléculas y átomos, los confunden con los subíndices.
- Representan separados los átomos de una misma molécula.

2.4 Fundamento institucional

Dentro del bachillerato de la UNAM las asignaturas de Química pertenecen al Área de Ciencias Experimentales. El programa de estudios del CCH considera que la asignatura de Química I y Química II contribuyen al perfil del egresado por la importancia que tiene el conocimiento de los fenómenos químicos para un mejor entendimiento del entorno.

En el programa de estudios se enfatiza el aprendizaje de siete conceptos básicos: sustancia, elemento, compuesto, mezcla, reacción química, enlace y estructura de la materia (átomo, ion y molécula).

Dentro de los propósitos generales de las materias, se establecen estos siete conceptos y con ellos se pretende el estudio de las propiedades y transformaciones de las sustancias considerando el tránsito de la escala macroscópica hacia la nanoscópica.

Para cumplir con esta meta se utilizan contextos como el agua, aire, suelo, alimentos y medicamentos; con lo que se busca guiar al estudiante a que construya los puentes entre los siete conceptos ya citados y las propiedades presentes en estos cinco contextos; relacionarlos con modelos y teorías con un enfoque de ciencia tecnología y sociedad (CTS), haciendo uso del trabajo individual, cooperativo y colaborativo con didácticas como la indagación experimental y documental.

La reacción química es el eje medular de la química de acuerdo al Programa actualizado, por tal motivo la presente tesis aborda este tópico, dándole la importancia que merece. A la mitad de la segunda unidad de la asignatura de química II, se trabaja con los alumnos la temática de reacciones de condensación para macromoléculas. Una de estas reacciones es la esterificación de ácidos carboxílicos (grasos), y es la que nos sirve como referencia para

abordar la reacción de saponificación, de acuerdo al aprendizaje A9, el cuál se muestra en la figura 6, donde se indica el alcance que se debe tener con los alumnos.

El alumno:	Reactividad de los grupos funcionales:	El docente: 10 Horas
8. Identifica los grupos funcionales mediante el análisis de las estructuras de carbohidratos, grasas y proteínas. (N2)	Estructura de la materia: <ul style="list-style-type: none"> • Concepto de grupo funcional. • Concepto de radical. • Fórmula estructural y grupos funcionales que caracterizan a los alcoholes, cetonas, aldehídos, ácidos carboxílicos, ésteres, aminas y amidas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Solicita el diseño de una tabla en la que se muestre el grupo funcional (cetona, aldehído, ácido carboxílico, éter, éster, amina y amida) y la estructura que lo caracteriza. Plantea analogías que permitan la comprensión del concepto. (A8) • Presenta estructuras de ácidos grasos, aminoácidos, carbohidratos, grasas, péptidos y disacáridos; y solicita que usando la tabla, identifique los grupos funcionales que están en las estructuras. (A8)
9. Comprende la reactividad de los grupos funcionales al analizar las reacciones de condensación en los macronutrientes. (N3)	<ul style="list-style-type: none"> • Representación de fórmulas estructurales de macronutrientes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Propone establecer relaciones entre el macronutrimiento y los grupos funcionales que lo caracterizan, a través de juegos didácticos, trabajando de manera colaborativa. (A8) • Conduce la realización de un trabajo práctico en el que se relaciona el aroma (frutal, desagradable, ácido etc.) proveniente de los compuestos orgánicos presentes en diferentes productos (clavo, plátano, quita esmaltes, vinagre, etcétera), con los grupos funcionales que los identifican y orienta a los alumnos en la construcción de una tabla que muestra: producto, aroma, nombre del compuesto responsable del aroma y grupo funcional que lo identifica, con la intención de generar en el alumno un aprendizaje más significativo. (A8)
10. Comprende la relación estructura-función de algunos macronutrientes al analizar información de casos concretos. (N2)	Compuesto: <ul style="list-style-type: none"> • Clasificación de nutrientes por sus grupos funcionales. Reacción química: <ul style="list-style-type: none"> • Reacción de condensación: <ul style="list-style-type: none"> • De sacáridos. • Esterificación de ácidos carboxílicos (grasos). • De aminoácidos. Enlace químico: <ul style="list-style-type: none"> • Enlace glucosídico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Solicita que investiguen las características de las reacciones de condensación, especialmente la formación de éteres, ésteres y amidas. (A9) • Orienta la realización de una actividad experimental para sintetizar el salicilato de metilo, a partir del ácido salicílico y el metanol por reacción de condensación. (A9) • Explica cómo se llevan a cabo las reacciones de condensación, a través de las cuales se forma el enlace peptídico, glucosídico y el grupo éster que une a los ácidos grasos con el glicerol en las grasas, para dar lugar a los macronutrientes. (A9) • Pide la elaboración de rompecabezas de algunas estructuras de aminoácidos, ácidos grasos, glicerol y monosacáridos hechos en fomi con el grupo funcional desprendible, para que en el pizarrón los alumnos unan las estructuras y ejemplifiquen la formación de péptidos, triacilglicéridos y disacáridos, a la par que identifican los grupos funcionales y los reconocen como centros reactivos de la molécula. (A9)

Figura 6. El tópico reacción química se asocia al aprendizaje 9, según el Programa del CCH.

El tema *relación estructura actividad* se aborda casi al finalizar el semestre, considero que éste se encuentra desligado del tema de reacción química. Para este momento, los alumnos ya cuentan con un amplio bagaje de conceptos ancla por lo que con esta secuencia didáctica se busca ligar los conceptos nuevos, y que los alumnos puedan darle un significado científico a los conceptos previos y guiarlos para que tengan un acercamiento al pensamiento químico que la vida cotidiana nos presenta, es decir que adquieran una cultura científica.

Para esto la reacción química es el pretexto que servirá para buscar construir esta información en los alumnos, como se presenta en el mapa mental de la Figura 7.

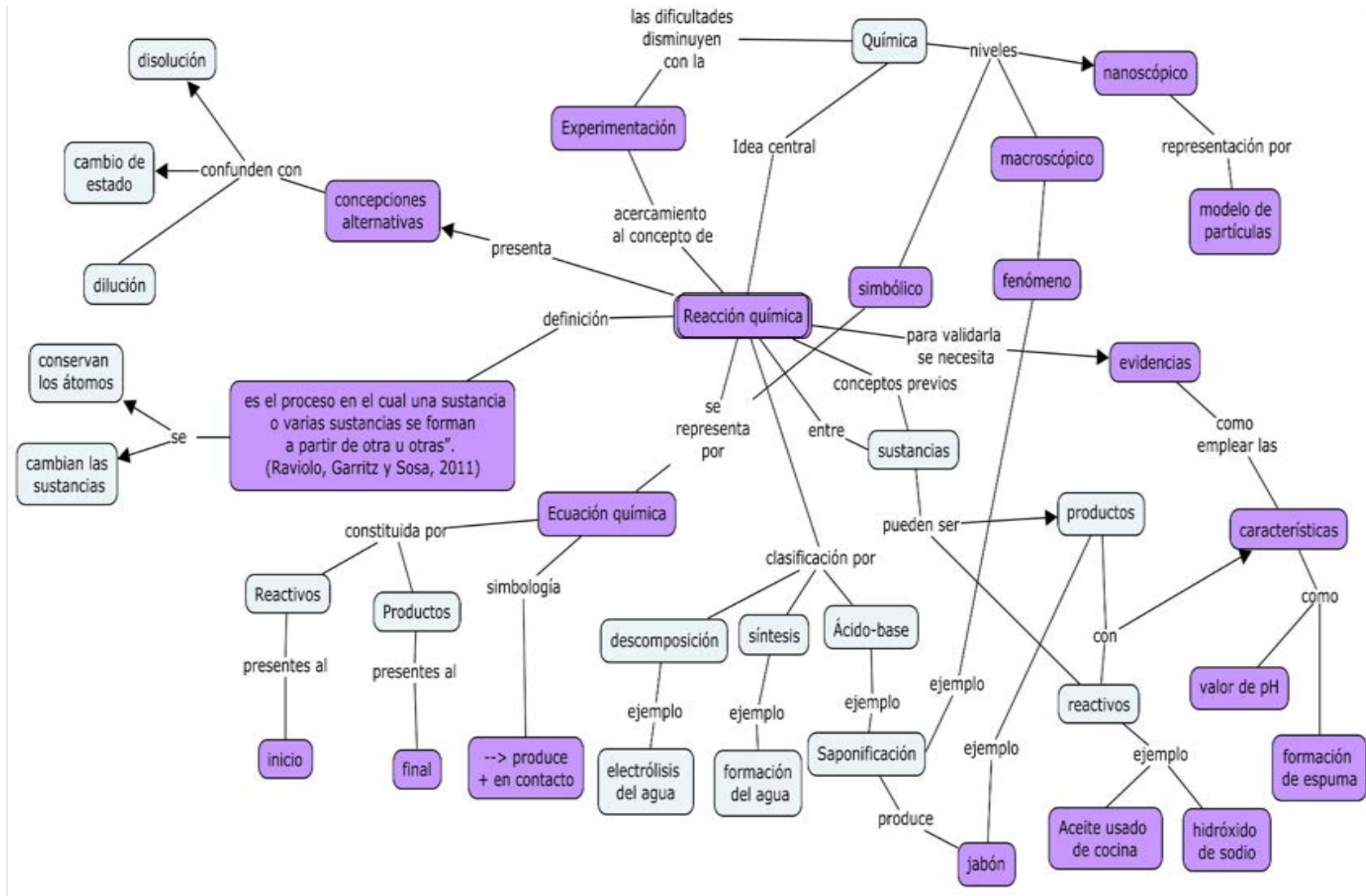


Figura 7. Mapa conceptual del tema de reacción química, en morado los aspectos que se abordan en la secuencia.

3 Metodología

3.1 *Diseño de la propuesta didáctica*

1. Problema o pregunta retadora (desafiante).

Se planteó una situación ambiental debida a la contaminación causada por un inadecuado manejo de residuos en la elaboración de productos alimenticios de consumo cotidiano, con el fin de incentivar en los estudiantes la búsqueda de posibles respuestas.

El cuestionamiento consistió en el manejo inadecuado de residuos de aceite de cocina empleado en la preparación de papas fritas, lo cual representa un problema de contaminación acuífera, así como daño a la infraestructura del sistema de drenaje.

Por medio de la reacción de saponificación, este aceite puede ser convertido en un producto de interés comercial, con el cual los alumnos podrían socializar el conocimiento fuera del salón de clase, e incluso podrían obtener alguna remuneración económica. Esto puede permitir al alumno ver un interés material a su conocimiento.

Sin embargo, la problemática que los estudiantes deben resolver no es cómo transformar ese aceite en un bien que tenga valor para la sociedad, sino la posibilidad de que el aceite se pueda usar en una reacción química para producir jabón, ¿cuáles son las posibilidades para llevar a cabo dicha reacción? ¿Y cómo la van a reconocer cuando se produzca?

2. Indagación sostenida (Sostener investigación).

Los alumnos realizaron un proceso de indagación, sostenido o guiado por el profesor, en una dinámica de búsqueda de respuestas a cuestionamientos específicos mediante diferentes actividades experimentales.

3. Auténtico (Autenticidad).

La problemática de la elaboración de jabón a partir del aceite usado de cocina, les permitió a los alumnos poner en práctica sus conocimientos de química a partir de algo que les es conocido y próximo a su vida cotidiana.

4. Los estudiantes pueden decir y hacer cosas (voz y elección del estudiante).

Los estudiantes tuvieron la libertad de elegir el tipo de aceite a usar, con la intención de que conocieran las diferencias que se presentan en los materiales cuando estos se modifican. Los equipos eligieron el orden en que añadieron los materiales. Durante las sesiones, los estudiantes tuvieron que aplicar sus conocimientos durante distintas etapas de la actividad experimental.

La secuencia didáctica es una propuesta de indagación guiada, en un entorno de ABP. Aunque no tuvo la máxima apertura para que los estudiantes tuvieran la oportunidad de hacer su propuesta, si tienen libertad de hacer elecciones en lo que se refiere a los materiales de la reacción.

No se explicó el índice de saponificación, ya que no es tema de este trabajo y no es productivo agregar esta carga cognitiva.

5. Ambiente de reflexión.

El trabajo de cada clase fue analizado enfatizando el objetivo de cada actividad. Cada resultado experimental obtenido se examinó con un enfoque químico. Los alumnos plantearon posibles explicaciones del porqué ocurrió la modificación en el valor de pH y la

espumación. Después de la obtención del jabón, al poner el aceite en contacto con el hidróxido de sodio, se le dio seguimiento al valor de pH y a la espumación, con esto se guió a los alumnos a reconocer la importancia de tener evidencias para asegurar que se llevó a cabo una reacción química.

6. Crítica y revisión, realimentación.

Al empezar cada sesión se revisó el trabajo de la sesión previa, para resolver dudas y dar una retroalimentación. Durante las cinco sesiones se supervisó los avances o cuestionamientos acerca de la actividad mediante evaluaciones formativas formales e informales. Para poder apoyar su conocimiento, la evaluación constó de tres niveles: diagnóstica; formativa con diversos recursos: oral en equipo, con documentos estructuradores, participación individual de manera oral y escrita; y finalmente, la evaluación sumativa. El propósito es guiarlos a desarrollar un pensamiento científico.

7. Resultado debe hacerse público (producto público).

Como producto de las actividades experimentales se obtuvo un jabón, pero sobre todo, el reconocimiento de que para obtenerlo se llevó a cabo una reacción química. La siguiente actividad se tenía planeado que se aplicara fuera del salón de clase con el propósito de que los alumnos, al socializar con otros compañeros, presentarán su producto y compartieran su nuevo conocimiento.

3.1.1 Objetivo general de la secuencia didáctica

Que los alumnos construyan el concepto de reacción química, yendo desde lo macroscópico, exponiéndose una problemática de la vida cotidiana para engancharlos. Pasando por lo simbólico para tener un modelo de referencia que les permita esquematizar lo que observan, además de que les sirva de puente para llegar a lo nanoscópico.

3.1.2 Objetivos particulares de la secuencia didáctica

- ✎ Orientar a los estudiantes para que identifiquen la formación de una nueva sustancia cuando se lleva a cabo una reacción química.
- ✎ Guiar a los alumnos para que reconozcan que deben buscar evidencias al hablar de una reacción química.
- ✎ Desarrollar una secuencia didáctica para el aprendizaje de reacción química.
- ✎ La reacción química a llevar a cabo es la saponificación, al ser ácido base, las características que se discuten son el pH y la espumación.

3.1.3 Población y muestra

La primera aplicación de la secuencia didáctica ABP “¡Bañarse con aceite!” se llevó a cabo en el CCH Plantel Sur. En la materia de Química I, al grupo 123-A del turno matutino, la profesora titular fue la M. en D. Angelina Torres Ledesma.

Tuvo una duración de 8 horas y se realizó en cinco sesiones. Se inició el 04 y concluyó el 22 de noviembre del 2019.

La secuencia se llevó a cabo en la Segunda Unidad “Oxígeno sustancia activa del aire”. La lista de alumnos contaba con 27 integrantes, de los cuales sólo asistían 26 de manera recurrente. En la secuencia participaron en promedio 19 alumnos, los cuales tienen edades

comprendidas entre los 15-17 años. La muestra que se tomó para el análisis de resultados fue de 16 alumnos, que estuvieron presentes en todas las sesiones.

3.2 Descripción de la propuesta didáctica

Se pretende captar el interés de los alumnos para el estudio de la reacción química, involucrándose como una respuesta a una problemática conocida y de su vida cotidiana. La problemática a usar es la contaminación del agua por el desecho inadecuado del aceite usado, ya que es un tema actual, cercano a los alumnos y esto les permite ver la utilidad de los conocimientos en química. La metodología didáctica que se ocupa es el aprendizaje basado en problemas (ABP).

Con esta estrategia se busca que el concepto no sea memorístico, sino racionalizado. También que no solo sea aplicado a un caso en particular, sino que pueda ser transferido a uno general para lo que constituye la reacción química.

Para que el alumno tenga una visión completa de que es reacción química, es necesario que conozca los tres niveles de la representación química (nivel macroscópico, nanoscópico y simbólico) La definición de reacción química, que se emplea en esta tesis tomando como base la propuesta de Raviolo, Garritz y Sosa (2011, pp. 248), involucra estos tres niveles:

“Las reacciones químicas se consideran como un proceso mediante el cual alguna o algunas sustancias se transforman en otras nuevas (nivel macroscópico), o como un proceso en el que las partículas se reordenan (nivel nanoscópico), mientras que la descripción del proceso se representa a través de las ecuaciones químicas (nivel simbólico).”

A través de esta secuencia didáctica se pretende que el alumno tenga la idea básica acerca de qué consiste la reacción química, y así obtener las herramientas para reconocer cuando se está llevando a cabo.

Se involucra a los alumnos en un proceso de indagación de las propiedades de las sustancias que reaccionan, para que identifiquen la transformación a nuevas sustancias, a través de observar los valores distintos a los iniciales en dichas propiedades.

Las características que se utilizarán para hacer este reconocimiento son el pH y la espumación. De esta manera, se pretende que los alumnos puedan tener un acercamiento al pensamiento químico.

La secuencia didáctica se elaboró para ser aplicada en el curso de Química 2 del segundo semestre, específicamente en la unidad 2 “Alimentos y medicamentos: proveedores de compuestos del carbono para el cuidado de la salud”. Con el objetivo de que los alumnos estén familiarizados con los temas de pH y biomoléculas, necesarios para la secuencia.

Sin embargo, la secuencia se aplicó durante el curso de primer semestre en Química 1 mientras veían la segunda unidad “Oxígeno, sustancia activa del aire”, por lo que faltó revisar estos antecedentes conceptuales.

3.2.1 Objetivo de aprendizaje

El alumno reconocerá a la reacción química como un proceso donde se forma una nueva sustancia, después de elaborar un jabón casero. Usando las palabras adecuadas, el modelo de partículas, y su representación en la ecuación química.

3.2.2 Sesiones

Se realizaron cinco sesiones, las primeras dos sesiones tuvieron una duración de dos horas, el resto duraron una hora. Las sesiones 1, 2 y 4 se llevaron en tiempo de clase proporcionado por la profesora. Las sesiones 3 y 5 fueron extraclase.

Cada sesión fue estructurada con tres etapas: inicio, desarrollo y cierre. En las etapas se indica cada una de las fases que lo componen, los instrumentos que se emplearon y en qué sesión se llevaron a cabo.

Se anota cual es el propósito didáctico del instrumento y como se lleva a cabo, en equipo o individual.

En este apartado se hace una descripción de cada una de las etapas que constituyen las cinco sesiones. En la Figura 8 se presenta un esquema de las sesiones con las que cuenta la estrategia didáctica.

Secuencia didáctica ABP

¡Bañarse con aceite!



Figura 8. Esquema que describe las sesiones de la secuencia didáctica ABP ¡Bañarse con aceite!

3.2.2.1 Sesión previa

Una clase antes de la actividad, se le solicitó al grupo buscar información para trabajar en la sesión uno, dinámica de trabajo 0 (cero). El propósito es trabajar con la hoja de seguridad del hidróxido de sodio y que recuerden los conceptos que se van a revisar en la secuencia didáctica (sustancia, pH y propiedades físicas). También se les pide material y equipo de laboratorio para la primera sesión, donde se realiza una actividad experimental.

Dinámica de trabajo 0 (para realizar fuera del salón de clase)

De manera **individual**

- 1) Buscar e imprimir la hoja de seguridad del hidróxido de sodio; leerla y subrayar datos importantes, los cuidados que se deben tener al manejar esta sustancia y sus propiedades físicas.
- 2) Buscar la estructura de un ácido graso y sus propiedades físicas,
- 3) Buscar la definición de valor de pH y la definición de propiedades físicas.
- 4) Traer un par de guantes de látex, lentes de seguridad, cubre bocas y bata.

Por **equipo** traerán:

- una botella de aceite comestible (cada equipo debe elegir una marca diferente),
- papel absorbente (servitoallas),
- trapo para limpiar la mesa y para agarrar cosas calientes,
- molde de silicón y batidora manual.

3.2.2.2 Sesión 1

Inicio

1. **Cuestionario inicial.** Fue contestado de manera individual (ver ANEXO A). Este material sirvió de evaluación diagnóstica.

2. **Presentar objetivo de aprendizaje.** Para introducir a los estudiantes al contexto de la situación a trabajar, que conocieran el por qué y para qué realizaron cada actividad (se encuentra en la sección 3.2.1).
3. **Planteamiento de la problemática.** Se realizó con diferentes recursos didácticos: presentación en Power Point Figura 9, video Figura 10 y pizarrón.

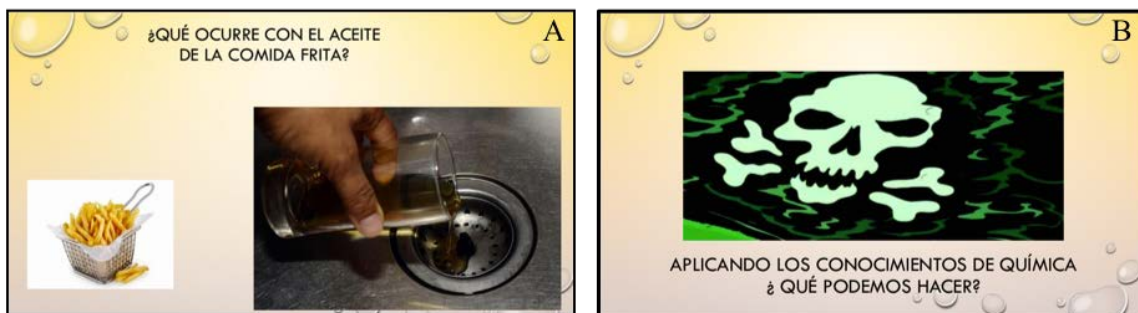


Figura 9. Imágenes de dos diapositivas incluidas en la presentación de power point que se compartió con los alumnos. A. Descripción de la problemática. B. Pregunta detonadora.

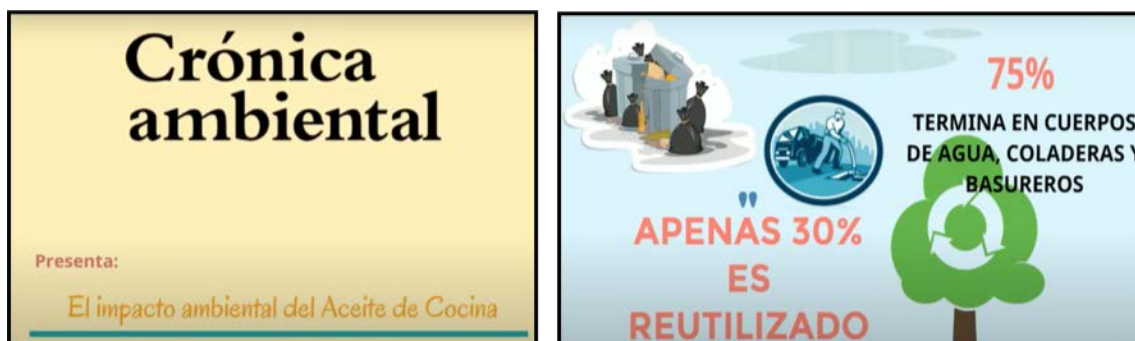


Figura 10. Imágenes del video que se les presenta a los alumnos. Video Lozano, V. [Crónica ambiental]. (28 de agosto de 2017). El impacto ambiental del Aceite de Cocina [Archivo de video]. Youtube <https://www.youtube.com/watch?v=IQY-afi6xJ8&t=4s> Recuperado 20 de septiembre del 2019.

Desarrollo

4. Actividad experimental “La personalidad de cada sustancia”

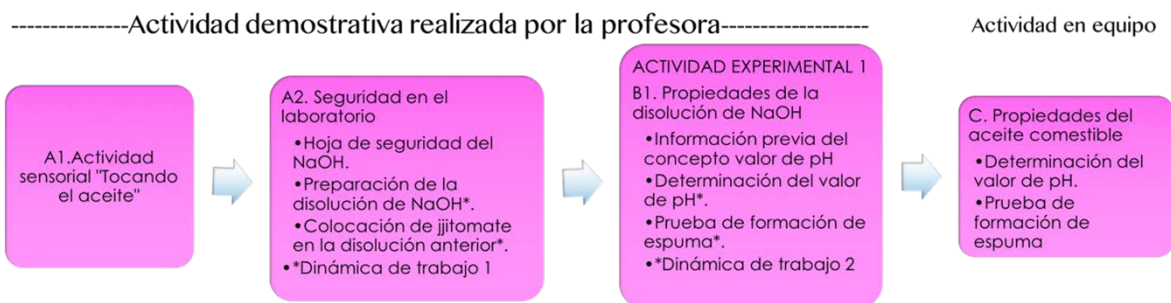


Figura 11. Diagrama de flujo de las etapas que conforman la actividad experimental “La personalidad de cada sustancia”.

ACTIVIDAD DEMOSTRATIVA (REALIZADA POR LA PROFESORA)

Se analizaron algunas características de los materiales a trabajar, primero del aceite y después del hidróxido de sodio. La información se recopiló en un documento estructurador nombrado ACTIVIDAD EXPERIMENTAL 1, que se entregó a los alumnos al término de la actividad demostrativa (ver ANEXO B).

A1. PRIMERA PARTE: ACTIVIDAD SENSORIAL “Tocando el aceite”

Material:	Reactivos:
<ul style="list-style-type: none">• Servitoallas	+ Aceite de cocina (diferente, propuesto por cada equipo) + Agua de la llave

Descripción:

Para ayudar a los alumnos a la reflexión se les planteó una pregunta detonadora:

¿Por qué no podemos lavarnos las manos solo con aceite?

A continuación, se realizó la prueba de lavarse las manos con aceite, se les presentó la Figura 12. La profesora solicitó, de manera oral y voluntaria, que los alumnos describieran sus experiencias.



Figura 12. Imagen que se les presentó a los alumnos de la actividad sensorial tocando el aceite.

La profesora tomó notas de la información contestada por los alumnos de forma oral, para guiar una discusión plenaria de 15 minutos. Se resaltaron las características del aceite que impidieron que este fuera usado para lavarse las manos.

A2. SEGUNDA PARTE: HOJA DE SEGURIDAD DEL NaOH

Material:	Reactivos:
<ul style="list-style-type: none"> • Vaso de precipitado de 10 mL • Agitador de vidrio • Guantes de latex • Espátula • Piseta • Tubo de ensaye de 13 X 75 mm • Tapón de hule 	<ul style="list-style-type: none"> + Agua destilada + Hidróxido de sodio
	Material biológico:
	- Jitomate

Descripción:

Los alumnos emplearon la hoja de seguridad que se les solicitó en la sesión previa, para responder los siguiente puntos a analizar sobre las características del hidróxido de sodio:

- 1) propiedades físicas,
- 2) químicas y
- 3) las medidas de seguridad que se debe tener en el manejo del hidróxido de sodio.

La revisión de la hoja fue llevada a discusión plenaria, guiada por la profesora.

Se dirigió la atención de los alumnos a la precaución que deben tener con este material y los riesgos de que estuviera en contacto con su piel, haciendo referencia a lo que ocurrió con el jitomate. Se les proporcionó el documento estructurador que se encuentra en el ANEXO B, donde se recolectan sus observaciones.

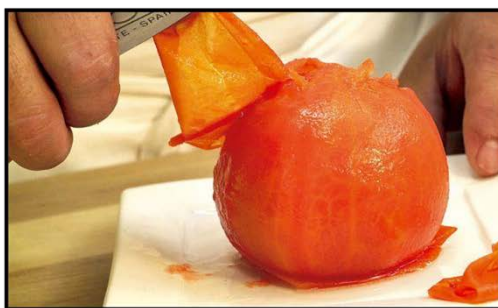


Figura 13. Imagen presentada a los alumnos después de la actividad de seguridad en el laboratorio con hidróxido de sodio y el jitomate.

Dinámica de trabajo 1

Preparación de disolución de hidróxido de sodio

Frente al grupo se llevó a cabo el procedimiento para que conocieran como trabajar con este material. Se colocó, con una piseta, cinco mililitros de agua destilada, en un vaso de precipitado de diez mililitros, posteriormente se agregaron cinco lentejas de hidróxido de sodio con una espátula. Se agitó con una varilla de vidrio hasta que se disolvió completamente. A continuación, un integrante de cada equipo tocó el vaso.

Se colocó, en un tubo de ensayo, dos mililitros de la disolución para emplearlo en la ACTIVIDAD EXPERIMENTAL 1.

Colocación de jitomate en la disolución de hidróxido de sodio

Se colocó un jitomate en la disolución de hidróxido de sodio preparada en el paso anterior. Con ayuda de la hoja de seguridad se hizo énfasis en las precauciones que se deben tener al utilizar este material. Al terminar de leer las precauciones se procedió a retirar con ayuda de un tenedor y guantes, la cascara del jitomate, la cual se desprendió con facilidad sólo en la parte que se sumergió en la disolución de hidróxido de sodio como se muestra en la Figura 13.

Nota: Esta actividad forma parte de las preguntas que respondieron en el documento estructurador que se encuentra en el ANEXO B.

ACTIVIDAD EXPERIMENTAL 1

B1. Características de la disolución de hidróxido de sodio.

- Información previa del concepto valor de pH

Se indaga de forma oral por medio de una lluvia de ideas la definición del valor de pH que tienen los alumnos, esta actividad dura 20 minutos. Se les solicita que compartan los métodos que conocen para medir el valor de pH.

Dinámica de trabajo 2

Medición del valor de pH

Se tomó el tubo de ensaye con la disolución de hidróxido de sodio preparada en la actividad demostrativa descrita en la SEGUNDA PARTE: HOJA DE SEGURIDAD DEL NaOH.

Se sumergió una tira medidora de pH como las que se muestran en la Figura 14A, hasta que se mojaron los cojinetes y esperó diez segundos.

Se hizo la comparación con los colores que aparecen en el envase de las tiras.

Prueba de formación de espuma

Se tomó el mismo tubo de ensayo después de que se retiró la tira medidora de pH, se le colocó un tapón de hule como se muestra en la Figura 14B. Se agitó por diez segundos tomándolo por los extremos.



Figura 14. Imágenes de un ejemplo del material empleado **A.** para medir el valor de pH. **B.** para la prueba de formación de espuma.

C. Características del aceite comestible

En equipo, los alumnos llenaron otro tubo de ensayo con el aceite que proporcionó la profesora y llevaron a cabo los pasos de la dinámica de trabajo 2. Al terminar la actividad experimental los alumnos completaron la tabla 1, se observa en la Figura 15, del documento estructurado (ver ANEXO C).

TABLA 1		
SUSTANCIA	pH	Espuma
	Número	Sí / No
1.aceite		
2.agua		
3.hidróxido de sodio		
4. disolución de hidróxido de sodio		

Figura 15. Imagen de la tabla 1 donde los alumnos vaciaron los datos obtenidos de la segunda parte de la actividad “La personalidad de cada sustancia”, se encuentra en el documento estructurador actividad experimental 1, ver el ANEXO C.

Cierre.

- 5. Análisis de resultados.** Los alumnos en equipo terminaron de llenar el documento estructurador. Se hizo la discusión de forma grupal, haciendo hincapié en las medidas de seguridad, la importancia de trabajar con precaución los materiales de laboratorio, y la relevancia de conocer algunas características de los materiales.
- 6. Tarea.** Se pidió el material de seguridad, limpieza y el aceite de su elección, de marcas distintas, para cada equipo.

La profesora titular proporcionó tres sesiones para la primera puesta en marcha de la secuencia didáctica. Debido a lo complejo del tratamiento de residuos de aceite de cocina, se decidió usar aceite comercial.

3.2.2.3 Sesión 2

Inicio

1. **Recordar el objetivo de aprendizaje.** Para recapitular el propósito de las actividades, se coloca el objetivo de aprendizaje en el pizarrón.

Desarrollo

2. **Actividad experimental 2. “Transformando el aceite”.**

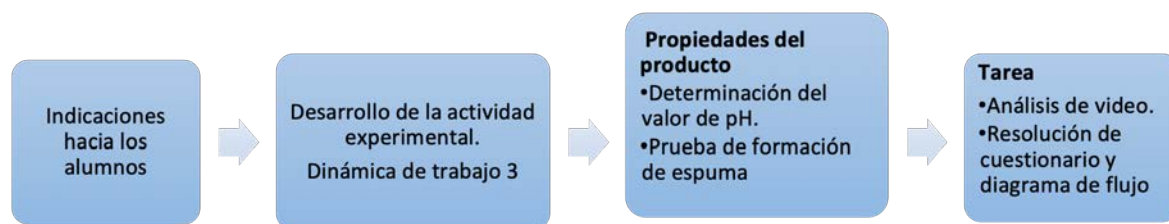


Figura 16. Diagrama de flujo de la actividad experimental 2 “Transformando el aceite”.

Se dieron las indicaciones de la actividad experimental hacia los alumnos. Al término se les proporcionó la hoja del documento estructurador nombrado ACTIVIDAD EXPERIMENTAL 2 que sirvió para recopilar sus observaciones (ver ANEXO D). En equipo los alumnos elaboraron los jabones, con supervisión de la profesora.

Dinámica de trabajo 3

Elaboración del jabón

- Los alumnos pesaron en la balanza, la cantidad de hidróxido de sodio proporcionado por la profesora.
- Con una probeta midieron la cantidad de agua destilada a emplear y la vaciaron en un vaso de precipitado de 250 mL. Pusieron una barra magnética.
- Colocaron sobre la parrilla de agitación para empezar a mezclar.
- Con la guía de la profesora usaron la batidora de inmersión, terminaron cuando la consistencia era como de mayonesa.
- Vaciaron el producto en el molde solicitado, cuidando de retirar la barra magnética.

Los alumnos determinaron las características del producto que obtuvieron, el valor de pH y la formación de espuma, descrito en la dinámica de trabajo 2.

Cierre

3. Análisis de resultados. De forma grupal, guiado por la profesora, se analizaron los resultados de la actividad experimental y la sesión uno empleando las tablas mostradas en la Figura 17.

Análisis de resultados						
Componente inicial	pH (Número)					
Equipo	1	2	3	4	5	6
1.aceite						
2.agua						
3.hidróxido de sodio						
4. disolución de hidróxido de sodio						
5. Combinación de hidróxido de sodio y aceite						
6. Jabón						
7. Disolución de jabón						

Análisis de resultados						
Componente inicial	Espumación(Sí / No)					
Equipo	1	2	3	4	5	6
1.aceite						
2.agua						
3.hidróxido de sodio						
4. disolución de hidróxido de sodio						
5. Combinación de hidróxido de sodio y aceite						
6. Jabón						
7. Disolución de jabón						

Figura 17. Tablas empleadas para el análisis de resultados en las determinaciones del valor de pH y la prueba de espumación.

- 4. Tarea video y cuestionario.** Los alumnos analizaron el video “¿Cómo se hace el jabón de tocador?” por medio de un cuestionario y diagrama de flujo (ver el **ANEXO E**). Esta actividad denominada TAREA tuvo como propósito conectar la actividad experimental del laboratorio con la industria, se revisó en la sesión 4.

3.2.2.4 Sesión 3

Inicio

- 1. Recordar objetivo de aprendizaje.** Para recapitular el propósito de las actividades, se coloca el objetivo de aprendizaje en el pizarrón.
- 2. Recordar actividad.** Se hizo un recuento en forma oral de las actividades realizadas experimentalmente en la sesión 1 y 2.

Desarrollo

- 3. Revisión en plenaria del valor de pH obtenido de manera práctica.** Se tomó la inquietud de los alumnos por usar el jabón, para revisar de manera experimental el valor de pH que obtuvieron en la sesión 2. Se relaciona el valor de pH del producto con el de los materiales iniciales.
- 4. Obtener nuevamente valor de pH.** Los alumnos llevaron a cabo la determinación del valor de pH al producto de la actividad experimental de la sesión 2.

Cierre

- 5. Preguntas por equipo.** Los equipos dieron posibles explicaciones a los valores de pH obtenidos.

3.2.2.5 Sesión 4

Inicio

- 1. Presentación en PPT al grupo “Recuperación de clases anteriores”**

La profesora hizo una recuperación de la información trabajada en las actividades experimentales en las sesiones 1 y 2, por medio de una lluvia de ideas. Se relaciona con la TAREA de cómo se hace el jabón en la industria (ver Cierre de Sesión 2).

Desarrollo

2. Trabajo grupal en el pizarrón “Símbolos y moléculas”

Se hizo uso de la información que proporcionaron los alumnos en la lluvia de ideas del punto anterior para empezar la actividad.

Dinámica de trabajo 4

“Símbolos y moléculas”

1. Se les proporcionó a los alumnos cartoncillos con imágenes y estructuras moleculares de los materiales que se trabajaron en la actividad experimental mostrados en la Figura 18.
2. La profesora describió lo que se realizó en la sesión uno, con ayuda de las imágenes de la botella de aceite y el bote de hidróxido de sodio de la Figura 18A.
3. Después cómo se ven fuera del bote una gota de aceite y las lentejas blancas del hidróxido de sodio como en la Figura 18B). Se realizó la explicación molecular con las imágenes de la Figura 18C.
4. Se prosiguió con la representación de esqueleto para un ácido graso, la cadena hidrocarbonada, la parte no polar de la estructura, la parte polar la cabeza y el centro reactivo de la molécula. Para el hidróxido de sodio se mostró la estructura de iones sodio con carga positiva (cationes) y de iones hidroxilo (hidrógeno y oxígeno) carga negativa (aniones) usando las imágenes de la Figura 18D.
5. A las representaciones químicas se les añadieron los símbolos para escribir una ecuación química, símbolo de más y flecha de produce en azul como en la Figura 18E.
6. Se hizo una lluvia de ideas para reconocer los productos resultantes.

NOTA: Se fijó la atención de los alumnos en las cargas de cada parte de la molécula, con el recordatorio de la idea “cargas opuestas se atraen y cargas iguales se repelen”.

Cierre

3. Análisis de resultados con la nueva información. ¿Qué pasó entre el hidróxido de sodio y el aceite?

Se colocaron los valores de pH y las características de espumación de los materiales. Se hizo énfasis en cómo cambiaron los valores de pH. Se guió la discusión con la pregunta ¿Cómo

saber si se obtuvo jabón? Finalmente se realizó el CUESTIONARIO DE CIERRE de la secuencia didáctica (ver ANEXO E).





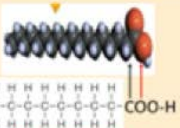
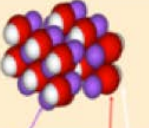
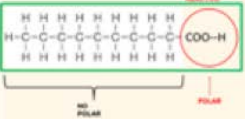
	ACEITE	HIDRÓXIDO DE SODIO			
A					
B					
C	 $\begin{array}{cccccccccccc} H & H & H & H & H & H & H & H & H & H & H & H \\ & & & & & & & & & & & \\ H-C & -C & -C & -C & -C & -C & -C & -C & -C & -C & -C & -C \\ & & & & & & & & & & & \\ H & H & H & H & H & H & H & H & H & H & H & H \\ & & & & & & & & & & & \\ & & & & & & & & & & & O \\ & & & & & & & & & & & \\ & & & & & & & & & & & H \end{array}$ ÁCIDO GRASO	 $Na^+ OH^-$			
D	 <p>Diagrama de la estructura química de un ácido graso. El grupo funcional $-COOH$ está etiquetado como "GRUPO POLAR" y el resto de la cadena como "NO POLAR".</p>				
E	$R-COOH$	$+ NaOH$	\longrightarrow	$R-COO^- Na^+$	H_2O

Figura 18. Imágenes empleadas para la sesión cuatro donde se revisa la representación simbólica-nanoscóptica. (A) Nivel macroscópico: botella de aceite y bote de hidróxido de sodio. (B) Nivel macroscópico: fuera del envase gota de aceite y escamas de hidróxido de sodio. (C) Nivel nanoscópico y simbólico: representación de esferas del ácido graso y del hidróxido de sodio. (D) Nivel simbólico representación desarrollada para el ácido graso, describe donde se ubica la parte polar y la no polar de la molécula, (E) Nivel simbólico: Ecuación química (de saponificación) entre un ácido graso y el hidróxido de sodio para dar una molécula de la sal del ácido graso y una molécula de agua.

3.2.2.6 Sesión 5

Inicio

1. Reestructuración actividad símbolos y moléculas.

1. A cuatro alumnos voluntarios, se les proporcionaron cartulinas con los iones que corresponden a los reactivos y en el pizarrón en forma grupal dirigidos por el profesor acomodaron las moléculas como se observa en las Figuras 19A y 19B.
2. En forma grupal reacomodaron los iones con su propuesta de lo que ocurrió, tomando en cuenta las cargas de los iones Figuras 19C y 19D.
3. Se anotó en el pizarrón la ecuación química de formación del jabón.

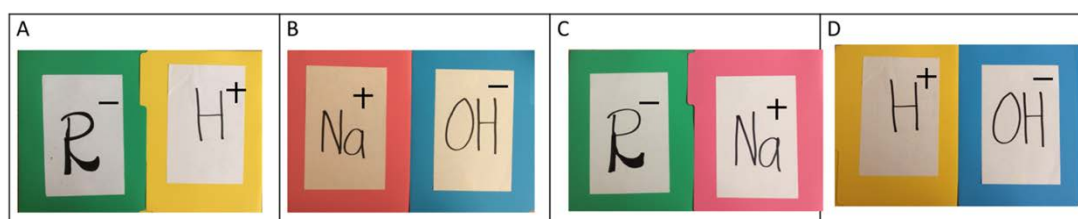


Figura 19. Cartulinas con los iones que sirven para formar las moléculas de las estructuras iniciales. (R^-) radical, (H^+) hidrógeno, (Na^+) sodio, (OH^-) hidroxilo. (A) Representación del ácido graso, (B) representación del hidróxido de sodio, (C) representación de la sal del ácido graso y (D) representación del agua.

Desarrollo

2. Revisión de valor de pH final de los jabones

1. Cada equipo realizó las determinaciones de valor de pH y la formación de espuma.
2. La profesora guió la discusión grupal para analizar la apariencia, valor de pH y la prueba de espumación de los productos de cada equipo.

Cierre

3. Evaluación final

Se terminó la sesión con la evaluación RELACIONAR TEORÍA-PRÁCTICA (ANEXO G).

3.2.3 Instrumentos de recolección de información

Se describen los instrumentos de recolección de información que fueron empleados durante la secuencia didáctica. Estos documentos sirvieron para dar seguimiento al avance o retroceso de los alumnos, también fueron de utilidad para regular las actividades en caso de que fuera necesario replantear la secuencia.

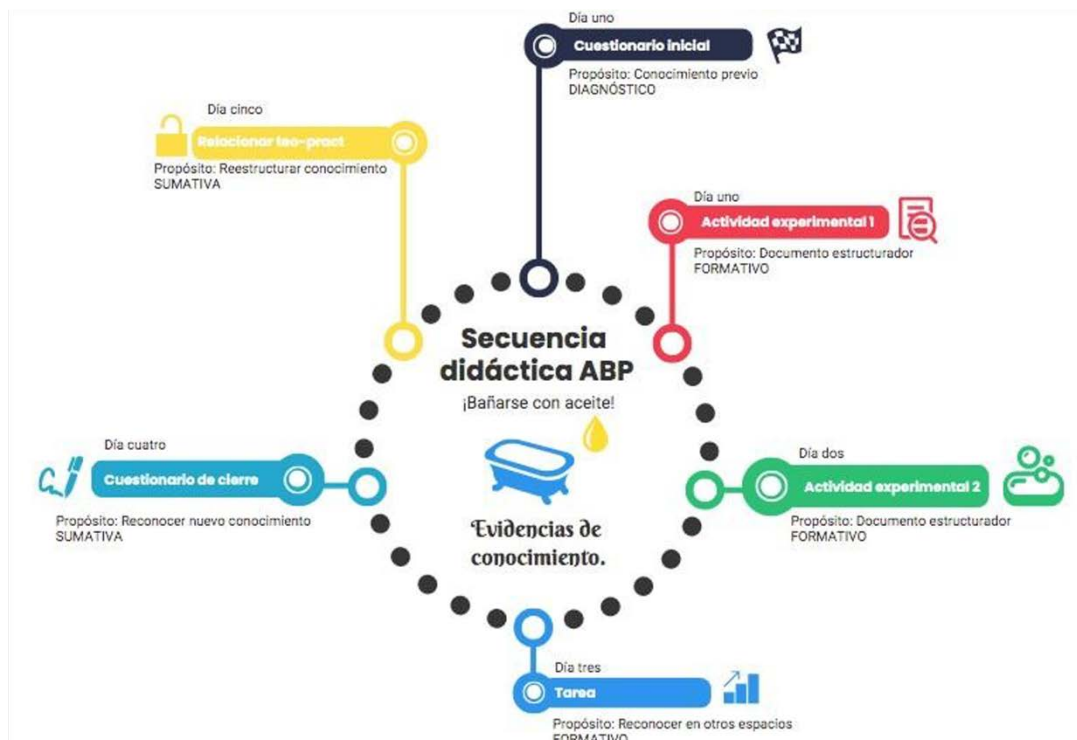


Figura 20. Línea del tiempo de las evidencias de conocimiento de la secuencia didáctica ABP ¡Bañarse con aceite!

3.2.3.1 Evaluación diagnóstica

CUESTIONARIO INICIAL

La secuencia didáctica se empezó con un cuestionario, que tuvo como propósito ser una evaluación diagnóstica. El objetivo fue que proporcionará los conocimientos previos que tenían los estudiantes respecto al tema de reacción química y aspectos de la problemática a tratar.

Consta de cinco preguntas, la primera para ver el aspecto macroscópico, la segunda el simbólico, y la tercera el nanoscópico del concepto de reacción química. Estas tres preguntas se retoman con el propósito de manejar los tres niveles de lenguaje de la química que son importantes para definir reacción química, tema central de la presente secuencia didáctica desarrollada en la Sección 3.2. De ahí que es necesario conocer la información que tienen al respecto los alumnos.

Se esperaba que los alumnos contestaran con una idea general en cada una de las preguntas, sobre todo de forma memorística, de lo que han trabajado en clase durante este curso y a lo largo de sus estudios de química en secundaria.

Las dos últimas preguntas son para acercarse a la problemática a tratar. En el cuestionamiento cuatro se pregunta información respecto al valor de pH, debido a que es la propiedad que sirvió de guía para evaluar el avance de la reacción. Se cree que el alumno tiene información básica memorística respecto al concepto de pH, sin embargo, sí logran vincularla con su vida cotidiana debido a la cantidad de ejemplos que en sus cursos continuamente se proporcionan.

La quinta pregunta es respecto a la elaboración de jabón, ya que esta es la problemática que se plantea tienen que resolver los alumnos. Está enfocada en reconocer si los alumnos saben cuál es la materia prima del jabón. Se considera que los alumnos no tienen información al respecto. El instrumento se presenta en el ANEXO A.

3.2.3.2 Evaluación formativa

3.2.3.2.1 ACTIVIDAD DEMOSTRATIVA

Las observaciones de los alumnos se recuperaron en el documento estructurador denominado ACTIVIDAD DEMOSTRATIVA, localizado en el ANEXO B, que incluye preguntas para retomar el rumbo de la problemática.

El cuestionario está conformado por siete preguntas, que tuvieron como propósito que los alumnos analicen lo que hicieron en la actividad sensorial. Las primeras cinco preguntas están dirigidas a evaluar su conocimiento previo a nivel macroscópico. Las preguntas uno y dos para que los alumnos relacionarán las características que tienen los materiales con la experiencia sensorial que tuvieron con el aceite en sus manos.

La tercera pregunta buscaba que los alumnos identifiquen características del hidróxido de sodio que fueron analizadas en la hoja de seguridad a nivel macroscópico y la cuarta pregunta a nivel de representación de moléculas.

La quinta pregunta pretende servir de puente para conectar lo que ya se analizó del hidróxido de sodio con lo que vieron que le ocurrió al jitomate. La sexta pregunta tenía como propósito que los alumnos plantearan una propuesta de qué ocurriría al poner en contacto el aceite y el hidróxido de sodio a nivel experiencial (macroscópico). Finalmente, en la séptima pregunta tiene por objetivo que los alumnos propongan que sucederá al poner en contacto el aceite con la disolución básica a nivel nanoscópico.

3.2.3.2.2 ACTIVIDAD EXPERIMENTAL UNO

En la primera práctica los alumnos hicieron uso de sus habilidades en el laboratorio y realizaron la determinación de dos cualidades de los materiales de reacción. La información se recuperó en el documento nombrado ACTIVIDAD EXPERIMENTAL 1, con el título “La personalidad de cada sustancia” presente en el ANEXO C. Este instrumento tuvo por objetivo determinar algunas características físicas de cada material a trabajar, para saber su comportamiento (aceite, agua, hidróxido de sodio, disolución de hidróxido de sodio).

El documento tiene las instrucciones, que describen los dos procedimientos a seguir. El primero para obtener el valor de pH, y el segundo para la formación de espuma. Esta información se practica en la actividad demostrativa descrita en el apartado 3.2.2.2.

El documento tiene una definición breve de qué es el valor de pH para que recuerden el concepto a trabajar. También una definición general de espuma, para que les sirva de referencia y puedan decidir si se forma o no en cada material a analizar.

3.2.3.2.3 ACTIVIDAD EXPERIMENTAL 2

La reacción central de la problemática planteada, se llevó a cabo en la segunda práctica. La información resultante se recolectó en el tercer instrumento nombrado ACTIVIDAD EXPERIMENTAL 2 “Transformando el aceite”.

El instrumento está conformado por una tabla, para escribir los resultados de la sesión uno y los datos que obtuvieron del producto de combinar el hidróxido de sodio y el aceite, es decir del jabón, en la sesión 2. Esta tabla tuvo el propósito de que los estudiantes agruparán los datos de las actividades experimentales para compararlos.

La tercera parte consistió en el análisis de resultados del equipo y después se realizó la discusión grupal. Se buscó que los alumnos analizaran las características de los materiales iniciales y las compararan con las características de los materiales finales, para que identificaran las diferencias. El instrumento se encuentra en el ANEXO D.

3.2.3.2.4 TAREA: video y diagrama de flujo

Para extrapolar la actividad experimental 2 de la transformación del aceite en jabón, se solicitó una actividad a casa denominada TAREA VIDEO. Los alumnos observaron un video de la elaboración del jabón de tocador de manera industrial. Tomando como base el video, contestaron un cuestionario y llenaron un diagrama de flujo.

Se buscó que los alumnos reconocieran la aplicación de lo que ellos vivieron en su actividad experimental, para que pudieran apreciar las diferencias y similitudes con lo que hicieron en el salón de clases.

El cuestionario tuvo cinco preguntas, la historia de la fabricación del jabón (pregunta uno y dos), después, el principal material usado en la elaboración del jabón (tres), los demás materiales empleados (cuatro) y, finalmente, que identificaran en qué etapa del proceso se da la reacción química (cinco).

La segunda parte es un diagrama de flujo del proceso que se describe en el video, con algunos espacios vacíos. Los alumnos tenían que ver el video y llenar los lugares faltantes. El diagrama usa conectores como flechas y signos de más, para ayudar a los alumnos a reconocer la reacción química a partir de la notación de la ecuación química. El documento se encuentra en el ANEXO E.

3.2.3.3 Evaluación sumativa

3.2.3.3.1 Evaluación de cierre

Esta última evaluación tuvo como propósito identificar los avances de los alumnos para reconocer cuando se llevó a cabo una reacción química. El documento cuyo nombre es cuestionario de cierre se encuentra en el ANEXO F. Las primeras tres preguntas son las mismas que en el cuestionario inicial, lo cual sirvió para comparar sus respuestas. Las siguientes dos preguntas son de aplicación.

La pregunta cuatro planteó una historia respecto a la fabricación de jabones con grasa humana. Lo que se pretende es que los alumnos relacionen lo que hicieron en la actividad experimental; la tarea del video de fabricación a nivel industrial; lo que se analizó de manera

grupal con los resultados del experimento para producir jabón; la ecuación química; y los tres niveles de lenguaje de la química

La quinta pregunta tuvo por objetivo hacerlos reflexionar respecto a la naturaleza química de los materiales iniciales de la reacción que trabajaron como actividad central. La pregunta es respecto a la función de las cenizas al combinarla con grasa animal para elaborar jabones. Esta es una de las primeras formas de elaborar jabón en la antigüedad, que todavía es usada. Las cenizas de madera contienen potasio, fósforo, magnesio y calcio, los cuales se encuentran en formas relativamente solubles como óxidos, hidróxidos y carbonatos; de ahí que el material tiene un carácter alcalino (Solla-Gullón, 2001).

3.2.3.3.2 Evaluación de reestructuración

Cuestionario nombrado Relacionar teoría-práctica; las tres primeras preguntas están relacionadas con el cuestionario inicial de la sesión uno y con la evaluación de cierre de la sesión cuatro. El propósito fue tener información del conocimiento de los alumnos en los tres niveles de lenguaje de la química y compararla antes y después de la secuencia didáctica. En esta evaluación se modificó la redacción, por un lenguaje más amigable, esto fue para que el alumno se sintiera en confianza al momento de contestar. El documento se encuentra en el ANEXO G.

Este cuestionario también sirvió para comparar con las respuestas de la evaluación diagnóstica y poder decir qué alumnos obtuvieron un cambio en ideas, se quedaron igual o retrocedieron.

Tabla 1. Descripción de las evaluaciones que se realizaron durante la secuencia didáctica.

Sesión	Actividad	Instrumento de evaluación	Modo de trabajo y duración (minutos)	Producto obtenido por los alumnos
1	Cuestionario inicial	Evaluación diagnóstica	Individual (7)	Cuestionario
1	La personalidad de cada sustancia	Actividad experimental 1	Equipo (20)	Cuestionario y tabla
2	Transformando el aceite	Actividad experimental 2	Equipo (10)	Tabla y cuestionario
3	Tarea	Video	Individual (40)	Cuestionario y diagrama de flujo
4	Cuestionario de cierre	Evaluación final	Individual (15)	Cuestionario
5	Relacionar teoría-práctica	Evaluación final	Individual (10)	Cuestionario y dibujo

4 Resultados y análisis de resultados

Para el análisis de la información se elaboraron categorías en función de los objetivos didácticos. Las categorías para cada pregunta se colocan en una tabla con la frecuencia de respuesta y el porcentaje que este da. De lo anterior se obtienen gráficas que ayudan a encontrar tendencias. El propósito fue saber cual es el concepto de reacción química que tienen los alumnos antes de la secuencia didáctica. Posteriormente, darle seguimiento al rumbo que iban tomando a través del trabajo en clase, finalmente comparar los resultados del antes y después de la secuencia didáctica.

Para la categorización se escribe cuál es la respuesta esperada, después se revisa la redacción de cada una de las preguntas de las evaluaciones de los alumnos asistentes. Se observa cuáles son las palabras que se repiten, y estas se acomodan por incisos según se acerquen a la respuesta deseada (A, B, ... G).

Jorba y Sanmartí (1994) mencionan que las clasificaciones que se hacen son interpretaciones de la persona que organiza y elabora lo que se dice o está escrito. Los criterios y los resultados que se obtienen son un puente entre los datos con las posibles interpretaciones de estos.

Este procedimiento se relaciona con una propuesta metodológica que sirve para organizar y analizar datos cualitativos, se recomienda aplicar cuando se recurre a cuestionarios abiertos, entrevistas y/o observaciones en el aula, se le denomina “redes sistémicas”. Este sistema es útil para indagar lo que se entiende de las respuestas de los alumnos. El análisis sistémico recoge el significado del sistema de palabras (Jorba y Sanmartí, 1994).

Las “redes sistémicas”, producto del análisis, son estructuras que dejan al descubierto la relación entre el conocimiento y las ideas, sentimientos, valores,... que se expresan. Cada categorización armada es sólo una de las muchas que se pueden organizar. Las expresiones

de los estudiantes no eran significativamente distintas, pero las redes reflejan las finalidades de cada estudio (Jorba y Sanmartí, 1994).

Para designar las clasificaciones (A, B, ... G), se revisó nuevamente las respuestas de los alumnos. Al terminar con cada pregunta se realizó el conteo para obtener el porcentaje. Este tipo de categorización se usa en la investigación como se observa en el artículo de González y Crujeiras (2016) en donde, para analizar tareas, toman en cuenta la comparación entre las respuestas del alumnado con las de referencia.

A continuación, se describen cada uno de los cinco instrumentos de evaluación que son parte de la secuencia didáctica: se empieza con el nombre del instrumento, la categorización, los resultados que se obtuvieron y el análisis de estos.

Se presentan imágenes de las respuestas de los alumnos para que sirvan de ejemplo a la categorización elaborada. En lugar de los nombres de los estudiantes, por confidencialidad, se asignó un número (No.). De igual forma en el caso de que las respuestas fueran en equipo (Eq.). En este apartado se incluyen tablas y gráficas que sirven para analizar los resultados.

4.1 1er INSTRUMENTO

Nombre del instrumento: Cuestionario inicial

Este instrumento se emplea de **evaluación diagnóstica**, para su análisis se toman en cuenta los 26 alumnos que asistieron de forma regular anotados en la lista de clase.

Pregunta uno, tiene un enfoque macroscópico.

Los resultados de la categorización se muestran en la Tabla 2. De la **pregunta uno**, el 58% de los alumnos relacionan la reacción química con la palabra transformación, cambio o modificación, sin ser específicos con el proceso. El 15% de alumnos describen la formación de una nueva sustancia y el 12% menciona las propiedades de las sustancias.

Tabla 2. Categorización de las respuestas de los alumnos a la pregunta uno del cuestionario inicial. Debajo de la categorización se enlistan tres conceptos relacionados con el tema que los alumnos utilizan en sus repuestas.

1. Desde el punto de vista de las sustancias ¿cuál es la principal característica de una reacción química?

Respuesta esperada: Obtención de nuevas sustancias con propiedades distintas a las iniciales

CATEGORIZACIÓN	Frecuencia de respuesta	%
A. Creación, formación	2	8
B. Nueva sustancia	4	15
C. Menciona la palabra transformación, cambio, modificación	15	58
D. Menciona la palabra propiedades	3	12
E. Conservación de la materia	4	15
F. Unión, combinación	4	15
G. No sé, no me acuerdo	4	15
reactivos y productos	1	4
exotérmica y endotérmica	2	8
estructura	4	15

Nota: Para esta pregunta las respuestas de los alumnos pueden pertenecer a varias categorías. De ahí que la suma de las respuestas da más del 100%.

Cuatro alumnos (15%) hablan del cambio en la estructura de la sustancia y uno de ellos lo menciona como el cambio en la estructura interna. El 8% usa reacción exotérmica y endotérmica y una alumna (4%) los conceptos de reactivos y productos. Dentro de sus respuestas, se encuentran las palabras átomo, elemento, moléculas, enlaces y energía, que son términos relacionados con el tema. La gráfica que compara los resultados se presenta en la Figura 21.

En esta primera pregunta, con las respuestas de los alumnos se corrobora lo que afirman Sevian y Talanquer (2014), se ven conceptos pertenecientes a la materia, sin una idea concreta, solo como conceptos sueltos.

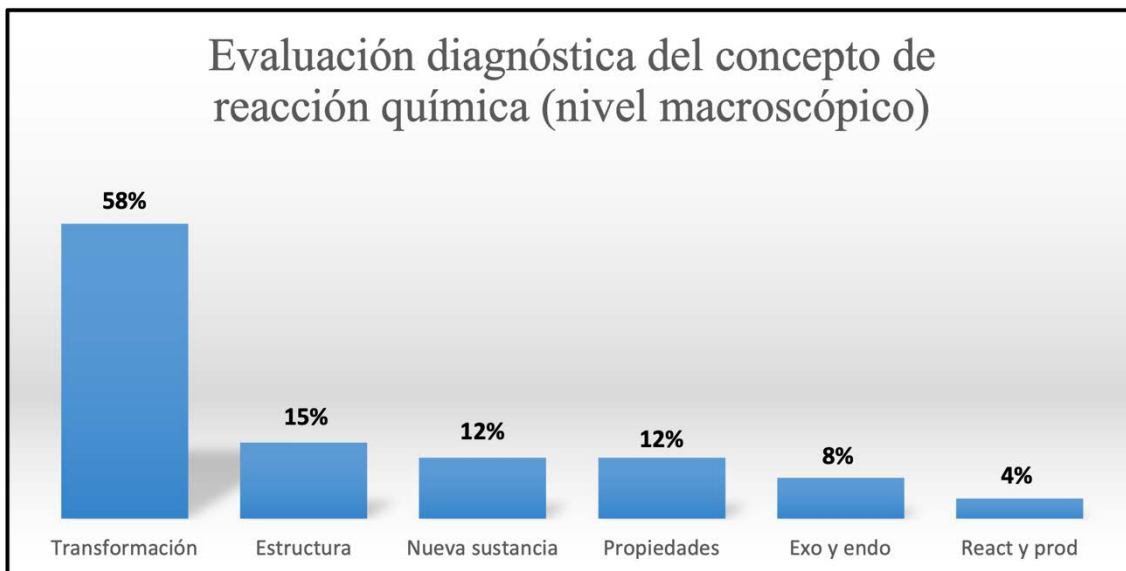


Figura 21. Evaluación diagnóstica de los términos utilizados por los alumnos sobre el concepto de reacción química, relacionados con la respuesta esperada (nivel macroscópico).

La pregunta tiene el problema que estaba redactada de manera confusa, y esto se observa en las respuestas de los estudiantes, pues presentan dificultad para entenderla, un ejemplo es el de la Figura 22:

Transcripción. “La prioridad de una sustancia química al formarse con un o algunos elementos es ceder sus propiedades de los elementos y así mezclar sus propiedades. Por lo tanto, puedo decir que la reacción química es la resolución de la combinación de algunos elementos y por lo tanto se representa de esa manera.”

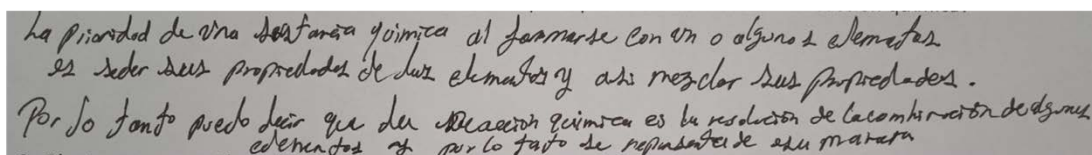


Figura 22. Ejemplo de una respuesta a la primera pregunta del cuestionario inicial (No.15).

Como menciona Farré (2014), es importante la redacción de las preguntas y enunciados, esto nos dará un mayor entendimiento del aprendizaje de los alumnos. Para lo cual, el empleo de preguntas de tipo abierto resulta ser la mejor opción. Sin embargo, la redacción debe ser

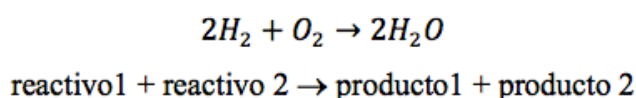
sencilla y clara para los estudiantes, esto también ayuda a tener un mejor sentido de sus ideas. Esta consideración se debe tomar en cuenta para la siguiente aplicación de la secuencia didáctica, por lo que se recupera en la secuencia modificada que se presenta después de las conclusiones de este trabajo.

Pregunta dos, busca información en el nivel simbólico.

Tabla 3. Categorización de las respuestas de los alumnos a la pregunta dos del cuestionario inicial.

2. Plantea una ecuación química de las que viste al inicio del curso

Respuesta esperada:



CATEGORIZACIÓN	Frecuencia de respuesta	%
A. Reactivos, productos y simbología de manera correcta (→, +)	5	19
B. Reactivos, productos y simbología de manera correcta (→, +), fórmulas químicas incorrectas	4	15
C. Reactivos y productos correctos, simbología incorrecta (→/= o +/y)	5	19
D. Coloca un reactivo, un producto y la flecha de reacción	4	15
E. Coloca dos reactivos y el símbolo de +	1	4
F. Solo la fórmula química	4	12
G. Nada o no sé	4	15

En el planteamiento de la ecuación química de la pregunta dos se observan varias diferencias en sus respuestas presentadas en la Tabla 3. De la categorización A a la E, es decir el 72 % de los alumnos, tienen una idea a diferentes niveles de lo que es una reacción química, es decir conocen del simbolismo que se usa en una ecuación química. El 68% saben que hay un cambio por lo que emplean la flecha de produce (A-D) y el 19% (D) modifica la simbología

en lugar de la flecha un símbolo de igual (\rightarrow / $=$) y en lugar del símbolo de más la letra “y” (+/y). Un alumno puso dos materiales y el símbolo de más (+), lo cual nos deja ver la idea que tiene respecto a la reacción química. Algunos ejemplos de las respuestas categorizadas se observan en la Figura 23.

<p>A</p> $2H_2 + O_2 \rightarrow H_2O$	<p>B</p> $O + 2H \rightarrow H_2O$
<p>C</p> $H_2 + O = H_2O$	<p>D</p> $2H_2O \rightarrow H_2O$ <p><i>no recuerdo muy bien</i></p>
<p>E</p> $ClK + NaCl$	<p>F</p> $NaCl$
<p>G</p> <p>No se como.</p>	<p>No recuerdo.</p>

Figura 23. Ejemplos de cómo fueron categorizadas las respuestas de los alumnos para la segunda pregunta del cuestionario diagnóstico, que analiza el nivel simbólico A)No.16, B)No.7, C)No.3, D)No.15, E)No.9, F)No.27 y G)No.10 y 12.

La gráfica de los porcentajes de respuestas de los alumnos se presenta en la Figura 24.

Los resultados indican que conocen la simbología de memoria, pero no tiene sentido para ellos, como lo describe Farré (2014) todavía las fórmulas no se constituyen en un instrumento de pensamiento para los alumnos. Debido al amplio vocabulario específico y convenciones para representar sustancias, reacciones y mecanismos que constituyen a la química, los estudiantes no se han apropiado del lenguaje. Lo que resulta en una falta de comprensión del nivel de representación simbólico.



Figura 24. Respuestas de los alumnos al escribir una ecuación química en la evaluación diagnóstica.

Pregunta tres, busca información en el nivel nanoscópico.

Ante la pregunta tres del nivel nanoscópico de la categorización B a la E, el 50% de los alumnos tienen una idea general de la simbología que se emplea para representar por medio del modelo de esferas a una ecuación química, esto se presenta en la Tabla 4.

La flecha de reacción (\rightarrow) es un indicio de que los alumnos reconocen este símbolo como parte de la idea de reacción química. Expresan que hay un cambio en el antes y después de la flecha. Ejemplos de respuestas en función de la categorización se observan en la Figura 25.

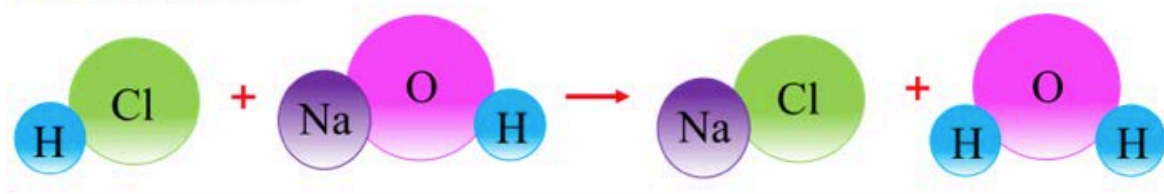
De estos alumnos, el 19% (B) son los que más se acercan a la simbología esperada. Muestran un cambio entre las esferas que están antes y después de la flecha de reacción. Colocan

esferas, unas rellenas y otras vacías para diferenciar entre ellas o colocan el símbolo del elemento químico, incluso representan los enlaces entre los átomos.

Tabla 4. Categorización de las respuestas de los alumnos a la pregunta tres del cuestionario inicial.

3. Empleando átomos y moléculas describe lo que ocurre en una reacción química.

Respuesta esperada*:



CATEGORIZACIÓN	Frecuencia de respuesta	%
A. Todo correcto	0	0
B. Moléculas, algunos símbolos, diferencia entre átomos	5	19
C. Cambio, algunos elementos, algunos símbolos	2	8
D. Transformación antes y después de la flecha	4	15
E. Utilizan otra simbología (doble flecha o igual)	2	8
F. Átomo	1	4
G. Nada, no me acuerdo o no sé	12	46

* Esta no es la representación simbólica en un sistema acuoso. Es una construcción intermedia a la comprensión de iones en disolución, a la que pueden llegar los estudiantes de este nivel educativo.

Un caso interesante es la respuesta de un alumno (4% F) que dibuja el átomo de oro empleando el modelo de Bohr, el símbolo de igual y un círculo con la palabra mercurio, esto se observa en la Figura 25, inciso F. Con este ejemplo se observa que los alumnos tienen conocimiento de modelos que se emplean en química. Hace uso del símbolo de igual, lo que puede indicar una referencia de la simbología empleada en las ecuaciones químicas.

Finalmente, el restante 46% (G) responde no sé, no me acuerdo o lo dejan en blanco.

La gráfica que compara los resultados de la frecuencia de respuesta en porcentaje se muestra en la Figura 26. Las respuestas de los alumnos concuerdan con lo que reporta Galagovsky (2015), donde los alumnos aprenden procedimientos algorítmicos para los cuales se les entrena durante la clase. Sin embargo, ellos no se imaginan lo qué significan las reacciones a nivel atómico- molecular. Por lo tanto, al ver estos resultados se observa que los estudiantes que no pueden hacer una correspondencia entre los dibujos simbólicos y la ecuación química correspondiente no han desarrollado un “pensamiento conceptual” sobre la reacción química. Esto hace referencia a la dicotomía que frecuentemente se ha mencionado entre el aprendizaje algorítmico y el aprendizaje conceptual en química (Talanquer, 2012: citado en Galagovsky, 2015).

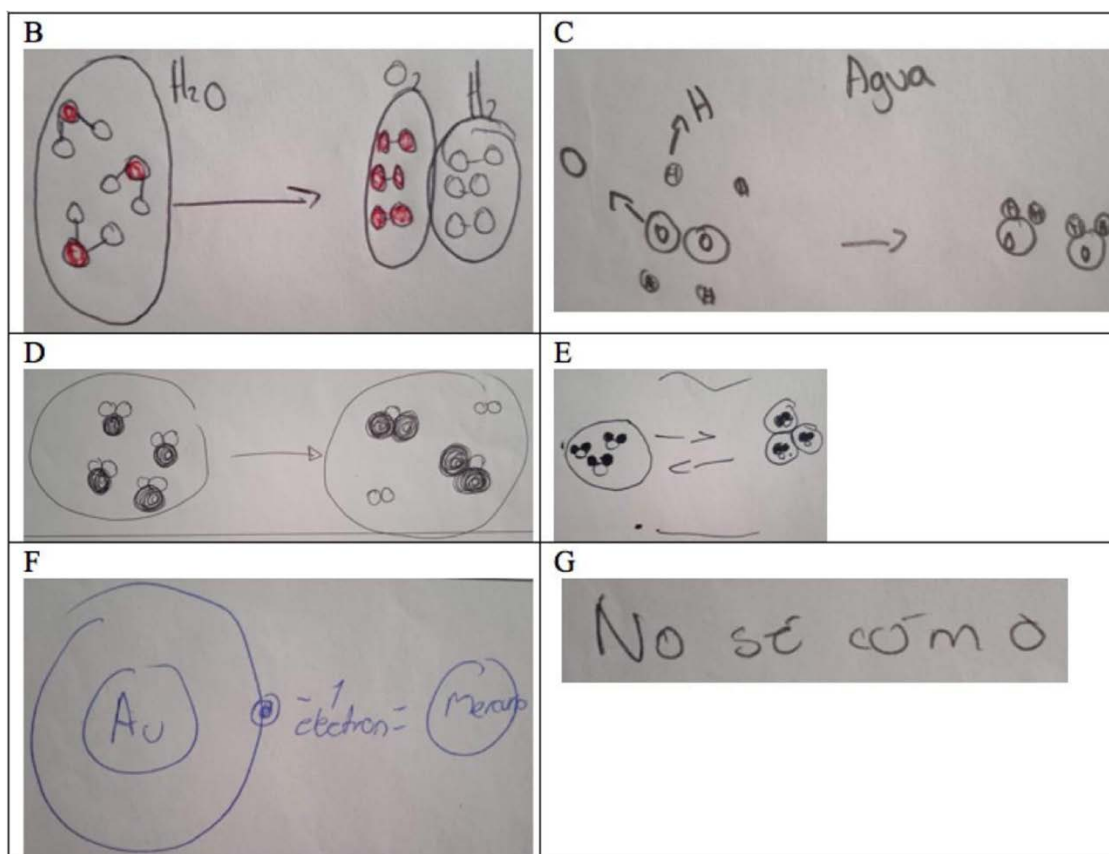


Figura 25. Ejemplos de cómo fueron categorizadas las respuestas de los alumnos para la tercera pregunta del cuestionario diagnóstico, que analiza el nivel nanoscópico B) No.6, C) No.18, D) No.10, E) No.19, F) No.9 y G) No.20.

Tienen conocimiento del modelo que se les pregunta, tienen una idea de la simbología para representar una ecuación química. Colocan las esferas sin estar enlazadas, lo que indica que no tienen claro el concepto de compuesto, esto concuerda con lo que menciona González y Crujeiras (2016) que es necesario conocer otros conceptos como el enlace químico o la naturaleza corpuscular de la materia e integrarlos de forma adecuada antes de poder aplicar el conocimiento sobre las reacciones químicas. Y con los resultados obtenidos del trabajo de Furió (2007), donde la mayoría de los estudiantes no diferencian entre mezcla y compuesto, porque para ellos es indistinto si los átomos se encuentran enlazados o no.

En sus respuestas vemos que esta dificultad para los estudiantes como dice González y Crujeiras (2016), se da por el lenguaje químico que es necesario manejar, por el uso de diferentes niveles de representación para dar la interpretación de los fenómenos químicos.

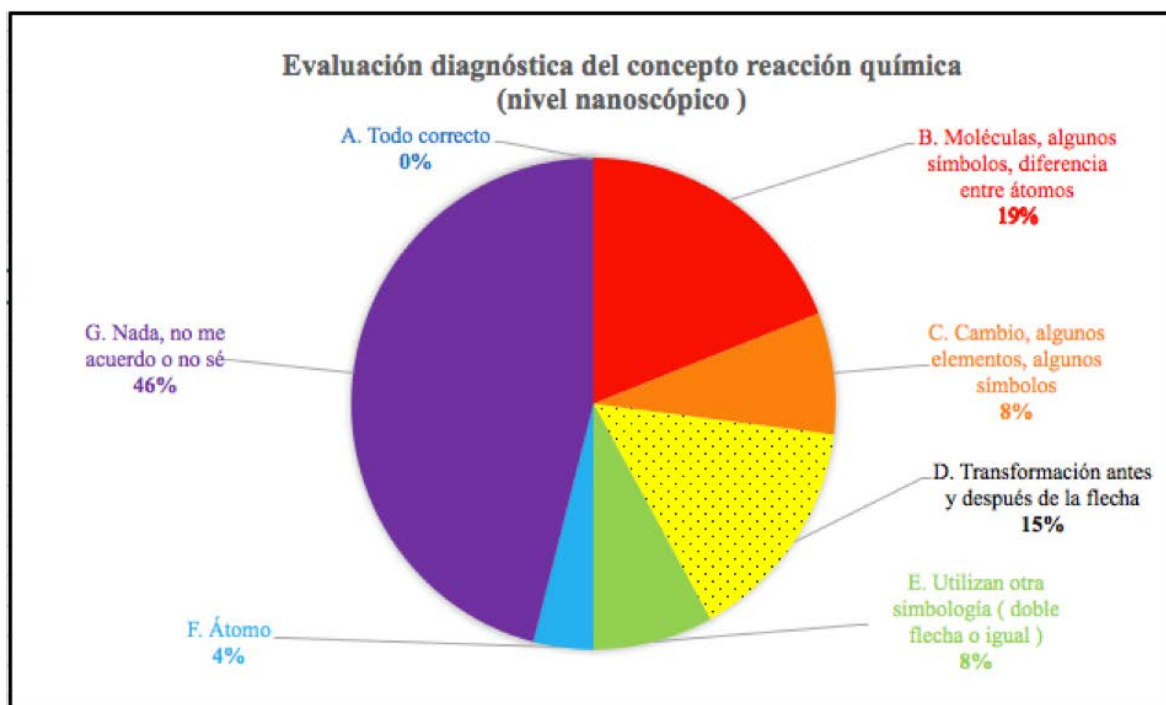


Figura 26. Respuestas de los alumnos al escribir una ecuación química al emplear átomos y moléculas en la evaluación diagnóstica.

Las representaciones más comunes son las trabajadas en clase. Aunque no tienen completamente claro lo que está ocurriendo, acomodan las esferas de manera distinta antes y después de la flecha. También representan con esto que hay movimiento de los átomos y una reorganización en la estructura. Sin embargo, no les queda claro qué ocurre en una reacción química. Raviolo, Garritz y Sosa (2011) dicen que las definiciones en términos de partículas son importantes para comprender lo que ocurre en una reacción química y que es necesario construir con los alumnos la noción de reacción química a escala nanoscópica para asegurar su comprensión conceptual.

Pregunta 4. Lenguaje que emplean los alumnos respecto al valor de pH, un término químico que forma parte de la vida cotidiana.

Tabla 5. Categorización de las respuestas de los alumnos a la pregunta dos del cuestionario inicial.

4. ¿Qué sabes del valor de pH?

Respuesta esperada: escala que mide el grado de acidez de una sustancia, tiene valores que van de cero al 14. Del cero al 6.9 son valores que determinan acidez, el 7 es para lo neutro y del 7.1 al 14 son para las bases.

CATEGORIZACIÓN	Frecuencia de respuesta	%
A. Escala para determinar el grado de acidez	3	11
B. Tabla o gráfica	1	4
C. Valores de la escala correctos	8	31
D. Valores de escala incorrecta	7	27
E. Para medir ácidos y bases	5	19
G. Nada, no me acuerdo o no sé	2	8

El 92% (A-E) de los alumnos contestan la pregunta y sólo el 8% (G) no sabe o no se acuerda. Esto muestra que es un término que los alumnos ubican con anterioridad, pero la información confusa. De los alumnos que responden la pregunta, 11% (A) lo relacionan con escala o tabla

4% (B). El 58% (C-D) mencionan los valores para acidez y basicidad, de los cuales el 31% son correctos (C). El 19% mencionan que el pH sirve para medir ácidos y bases de manera general. Un alumno describe lo que es una escala (3%) y otro alumno puntualiza respecto al potencial de hidrógeno. La gráfica de la frecuencia de respuestas en porcentaje se presenta en la Figura 27.

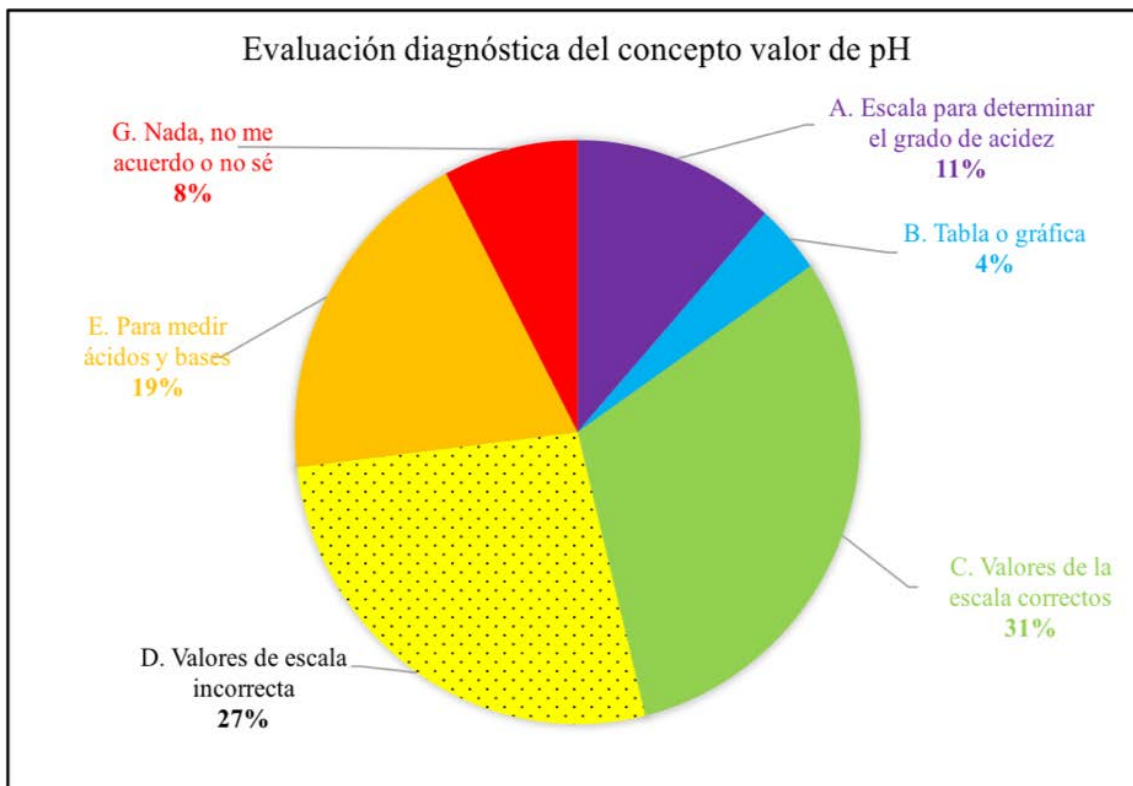


Figura 27. Respuestas de los alumnos al mostrar la información que tienen del valor de pH en la evaluación diagnóstica.

Tomando en cuenta los resultados de la pregunta sobre el valor de pH, que se muestran en la Tabla 5, se observa que la mayoría de los alumnos tienen información respecto al tema. Repiten lo que escucharon en clase o en su entorno, es información memorística, ya que recuerdan los valores de la escala de pH. Sin embargo, se aprecia descontextualizada, de ahí que es muy general sin relación con su vida cotidiana.

Esto tiene relación con lo que Jiménez (2009) plantea, que hay una desconexión entre la química que se estudia y la que se observa en la vida diaria. Esta desconexión según Moreno (1994; citado en Jiménez, 2001), inicia en la división entre teoría y aplicación.

Esto también es consecuencia de una descontextualización simbólica dice Del Río y Álvarez (1992; citado en Jiménez, 2001), es decir, que alcancen niveles más altos de conocimiento formal. No se logra aumentar su nivel de abstracción y no se traslada a casos concretos y cotidianos.

Para lo cual, también es necesario una conexión afectiva, como la dosis emocional que requiere el ser humano para anclar y enraizar estos significados en su vida. (Jiménez, 2009).

Por otro lado, los resultados también reflejan la influencia de las concepciones socialmente inducidas, las debidas al efecto del lenguaje y las formadas por las representaciones sociales.

Los conceptos como ácido, base, acidez o basicidad son términos comunes utilizados por la mayoría de las personas en la vida ordinaria, así como conceptos específicos de la química como el pH y la neutralización. (Jiménez, 2009).

Pregunta 5, de aplicación a una problemática de un producto de uso común, el jabón.

Las respuestas con la categorización para esta pregunta se encuentran en la Tabla 6.

El 73% de los alumnos contestan que sí se puede elaborar jabón a partir de grasa animal.

Un alumno (4%) tiene la respuesta esperada o muy cercana a ella pues describe un método antiguo de hacer jabón. Es probable que conociera este método por experiencia previa, su respuesta se observa en la Figura 28 inciso a.

De los alumnos que contestaron, el 19% emplean conceptos usados en la materia para dar una explicación a la pregunta, usan palabras como estructura o propiedades, por ejemplo “Si por sus componentes o su estructura” lo cual se muestra en la Figura 28 inciso b.

El 23% que responden que sí, no emplean una justificación, solo recuerdan algo que escucharon en alguna ocasión, como si fuera un conocimiento empírico, dado de generación en generación. La respuesta se presenta en la Figura 28 inciso c.

Tabla 6. Categorización de las respuestas de los alumnos a la pregunta cinco del cuestionario inicial.

5. Se puede hacer jabón a partir de grasa animal ¿por qué?		
Respuesta esperada: si, porque la composición química del jabón es de ácidos grasos que al ponerse en contacto con una sustancia básica como el hidróxido de sodio se da una reacción química donde el aceite se transforma en jabón.		
CATEGORIZACIÓN	Frecuencia de respuesta	%
A. Si, argumenta su respuesta con información válida	1	4
B. Si, argumento con conceptos relacionados con la materia de química	5	19
C. Si, sin argumento	6	23
D. Si, es una base	7	27
E. No	4	15
G. No sé, no me acuerdo, nada	7	27

En lo que respecta al 27% faltante, relacionan el jabón con su característica de ser una base como el motivo por el cual proviene de las grasas, esto se observa en la Figura 28 inciso d. Cuando se da el tema de valor de pH el ejemplo frecuente de material que se localiza en casa, con características básicas, es el jabón, por lo que puede ser una razón para dicha respuesta. La reacción de saponificación es utilizada en nivel secundaria, debido a que puede realizarse de manera casera empleando otros materiales más accesibles. El alumno que da la respuesta de categoría A es un ejemplo de que los estudiantes están cercanos a este tema. Llama la atención que ningún alumno contestó que no se podía hacer jabón con grasa animal. El

restante 27% (D) contestaron no sé, no vi ese tema o no me acuerdo. En la gráfica que se observa en la Figura 29 se compara el porcentaje de respuestas.

Esta pregunta nos muestra que a los alumnos se les enseña a resolver problemas mediante una rutina poco comprendida que intentan recordar, como es el caso de la nomenclatura y la estequiometría. Para hacer razonable a la química se requiere evaluar a los estudiantes a partir de preguntas y problemas auténticos en los que muestran sus competencias de pensamiento científico (Sevian y Talanquer 2014).

5. Se puede hacer jabón a partir de grasa de animal ¿porqué? Si porque es un proceso de saponificación que se necesita: grasa, H ₂ O (Agua) y ceniza	a
5. Se puede hacer jabón a partir de grasa de animal ¿porqué? Si por sus componentes o su estructura.	b
Yo se que si, pero no se el porque.	c
No se bien pero si se puede por que el jabón es una basa que cumple con ciertas características lo cual hace que puedas hacer jabón a partir de grasa de animal	d

Figura 28. Ejemplos de cómo fueron categorizadas las respuestas de los alumnos para la quinta pregunta del cuestionario diagnóstico de aplicación: a) No.4, b) No.1, c) No.8 y d) No.17.

La evaluación diagnóstica pone al descubierto que los alumnos manejan de manera memorística la información que se les presenta en clase y la pueden plasmar cuando se les pregunta, aunque no sea el tema que se esté trabajando en el aula. Esta información es muy valiosa, ya que vemos que si hay conocimiento previo en los alumnos y que no llegan al bachillerato en blanco. Es de gran importancia saber cuál es la información anterior de los alumnos para de ahí partir y complementar con los nuevos conocimientos que se trabajarán.

González y Crujeiras (2016) dicen que el alumnado, al término de la educación secundaria, debería ser capaz de articular los tres niveles de representación para interpretar ciertas reacciones químicas presentes en la vida cotidiana. Sin embargo, dice que esto no es así, debido a la persistencia de ciertas ideas alternativas, esto lo vemos en este cuestionario inicial. Pone de ejemplo de idea alternativa, considerar la materia como algo estático y continuo, lo cual entra en conflicto con la comprensión del concepto de reacción química a nivel macroscópico.

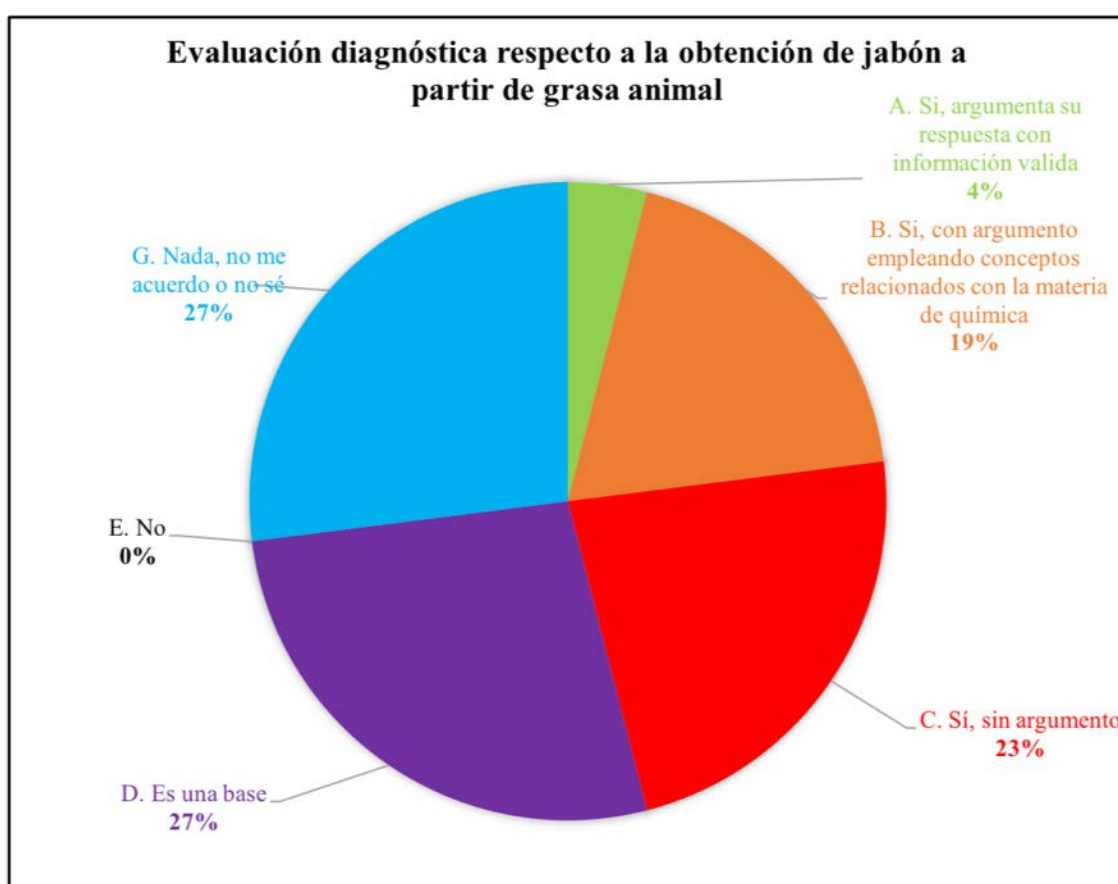


Figura 29. Gráfica del porcentaje de las respuestas de los alumnos en la evaluación diagnóstica respecto a la obtención de jabón a partir de grasa animal.

Otra dificultad en el proceso de aprendizaje de la reacción química es la simbología química, la comprensión de las transformaciones de materia y la reordenación de los átomos después de la reacción o la confusión entre los elementos participantes en estas, como átomo, ión o

molécula (González y Crujeiras, 2016). Estas dificultades fueron observadas en el cuestionario inicial.

Este primer instrumento permite reconocer la información inicial con la que cuentan los estudiantes. Las siguientes evaluaciones se examinan por separado para cada objetivo de la clase. Con ello se pretende ver el avance del alumno en relación con el aprendizaje en la resolución de actividades de indagación en el laboratorio, como se lleva a cabo en el trabajo de González y Crujeiras (2016). Los resultados se examinan por cada equipo. Para cada operación de indagación, se identifica el tipo de respuestas de los alumnos en relación con la categorización del instrumento.

PLANTEAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA



El planteamiento de la problemática se explicó que los residuos de aceite de cocina se tiran a las coladeras, lo que los hace un contaminante. Con los conocimientos de química, estos residuos se pueden transformar en un producto útil como lo es el jabón. Esta idea resultó atractiva, cuando se trabajó la secuencia didáctica, ya que mostraron interés de manera explícita; lo cual es necesario como lo dice Eilks (2015), porque en el caso particular de la química se infiere que los estudiantes no tienen el interés suficiente para aprender esta materia. Gracias a este eje problematizador, a lo largo de la secuencia didáctica los alumnos mantuvieron el interés al expresar su deseo por utilizar el jabón que habían elaborado. Haciendo preguntas como cuándo estaría listo el jabón para poder lavarse las manos.

Una razón frecuente es que los alumnos tienen la idea de que conocer la química es irrelevante para ellos y para la sociedad en la que viven. Sin embargo, con la reutilización de aceite usado en la cocina y con la posterior elaboración de jabones, se consigue que los alumnos puedan ver que la química está cercana a sus vidas.

Hay distintas formas de reciclar el aceite usado, como emplearlo para fabricar biodiesel, elaborar velas o jabón. Finalmente se propuso elaborar jabón a partir de este aceite, ya que sirve para el propósito de revisar la idea de reacción química a un nivel básico.

La problemática que los estudiantes deben resolver no es cómo transformar ese aceite a un bien que tenga valor para la sociedad, sino exponiendo la posibilidad de que el aceite se pueda usar en una reacción química para producir jabón, ¿cuáles son las posibilidades para llevar a cabo dicha reacción? ¿Y cómo la vamos a reconocer cuando se produzca?

4.2 2º INSTRUMENTO 1a Parte

Nombre del instrumento: Actividad demostrativa

Para el análisis de la **actividad demostrativa**, el instrumento correspondiente se responde en equipo, se tomó en cuenta los 26 asistentes. El propósito es darle seguimiento al trabajo en equipo y después contrastar con las respuestas de manera individual.

La **actividad demostrativa** fue de utilidad para que los alumnos conocieran los materiales con los que se trabajó, sobre todo para que tuvieran cuidado al manipular el hidróxido de sodio. La experiencia de que el jitomate esté en contacto con la disolución y sufre daños, junto con la información de que esta técnica se usa en la industria alimenticia sirve para capturar su atención, que los alumnos usen adecuadamente la disolución de hidróxido de sodio y la manejen con precaución.

Para recopilar la información de la actividad en equipo contestaron un cuestionario, donde escribieron sus observaciones. **¿Por qué no podemos lavarnos las manos sólo con aceite y agua?** ejemplos de las respuestas se observan en la Figura 30. El 67% de los equipos (4 de 6) mencionan que “no nos podemos lavar las manos con aceite porque el agua y el aceite no

se juntan”, uno de ellos utiliza la palabra mezclar. Los otros dos equipos se van por el lado de que no queda todo limpio o que se necesitan más componentes para limpiar, como el jabón la respuesta se encuentra en la Figura 30 inciso a.

Cuando se les pregunta qué pasó al colocarse aceite en las manos para intentar lavarse, 83% (5 de 6 equipos) mencionan que queda una sensación grasosa. Sólo un equipo menciona que se lubrican las manos, pero ninguno vuelve a hacer referencia de por qué no se puede lavar las manos con aceite.

Al preguntarles la razón por la cual se calienta el agua al agregarle el hidróxido de sodio, 33% mencionan que se lleva a cabo una reacción química, 17% que se libera energía, otro 17% que es por las propiedades del hidróxido de sodio y el 33% restante no saben o no se acuerda un ejemplo de las respuestas se ve en la Figura 30 inciso b.

Al ver las respuestas tan variadas se retomó esta pregunta, cuando se realizó la discusión después de la elaboración del jabón.

Cuando esta pregunta se lleva al nivel nanoscópico, el 67% de los equipos (4 de 6) responden no sé, el 17% (1 de 6) dice que se mezclan y el otro 17% “se juntan las moléculas y forman una reacción exotérmica que genera calor”. Al inicio del curso la profesora titular trabajó con los alumnos sobre la liberación y absorción de energía en procesos físicos, sin que por ello se estuviera llevando a cabo una reacción, por lo que los alumnos ya tenían conocimiento al respecto el cual no se ve reflejado en sus respuestas. No obstante utilizan el concepto exotérmico como se muestra en la Figura 30 inciso c. Ya en este punto vemos que un equipo empieza a hablar de propiedades en las sustancias, cuando en el cuestionario diagnóstico ninguno de este equipo lo mencionó. Su respuesta se puede ver en la Figura 30 inciso d.

En la pregunta en relación con la actividad de la disolución de hidróxido de sodio y el jitomate, **¿Qué le ocurre al jitomate al estar en contacto con la disolución de hidróxido**

de sodio? el 67%, concuerda que se le retiró la piel al jitomate, sólo un equipo menciona que nada hasta que el jitomate se retira de la disolución.

Las respuestas a la pregunta **¿Qué va a pasar al juntar el aceite y la disolución de hidróxido de sodio?** son muy interesantes y variadas. Lo relacionan con la reacción química, que se va a calentar, se repelen, se juntan y es posible que se haga jabón, se hace jabón y no me acuerdo. Seis respuestas diferentes que se verán contrastadas con lo que los alumnos contesten después de llevar a cabo la actividad experimental.

Para terminar se les hace la misma pregunta, pero a nivel de moléculas: **Dibuja y describe a nivel de moléculas lo que ocurre al juntar el aceite y la disolución de hidróxido de sodio.**

El 50% contesta no sé, cabe aclarar que no son los mismos equipos que en la pregunta anterior dieron una respuesta precisa. Un equipo puso que nunca se llevó a cabo esto, otro pone fórmulas del hidróxido de sodio, el agua y escribe la palabra aceite, en forma de una ecuación química, sin colocar cual es el producto. Finalmente, el equipo que en la pregunta anterior dijo que se formaba jabón, lo volvió a escribir representando un tipo de ecuación química con letras y símbolo de más que se ve en la Figura 30 inciso e.

La actividad demostrativa y la actividad experimental 1 tuvieron respuestas muy variadas, fue interesante ver cómo trabajaban en equipo. Sus respuestas muestran que en su vocabulario memorizan conceptos del área de la química sin conocer realmente su significado y terminan empleándolos erróneamente. Un ejemplo, en la Figura 30 inciso d se observa que se emplea la palabra “propiedades” como una característica que causa el calor, resultado de disolver hidróxido de sodio en agua.

Al ponerles preguntas donde intervienen sus sentidos y tienen que hacer esta conexión con los temas que conocen, algunos lo llevaron a cabo. Por ejemplo, “no se podrían lavar las manos ya que el aceite no es soluble en agua”. El nivel nanoscópico se empezó a trabajar con

ellos para hacer el vínculo, para lo cual utilizan dibujos macroscópicos como por ejemplo el frasco de aceite o de sosa.

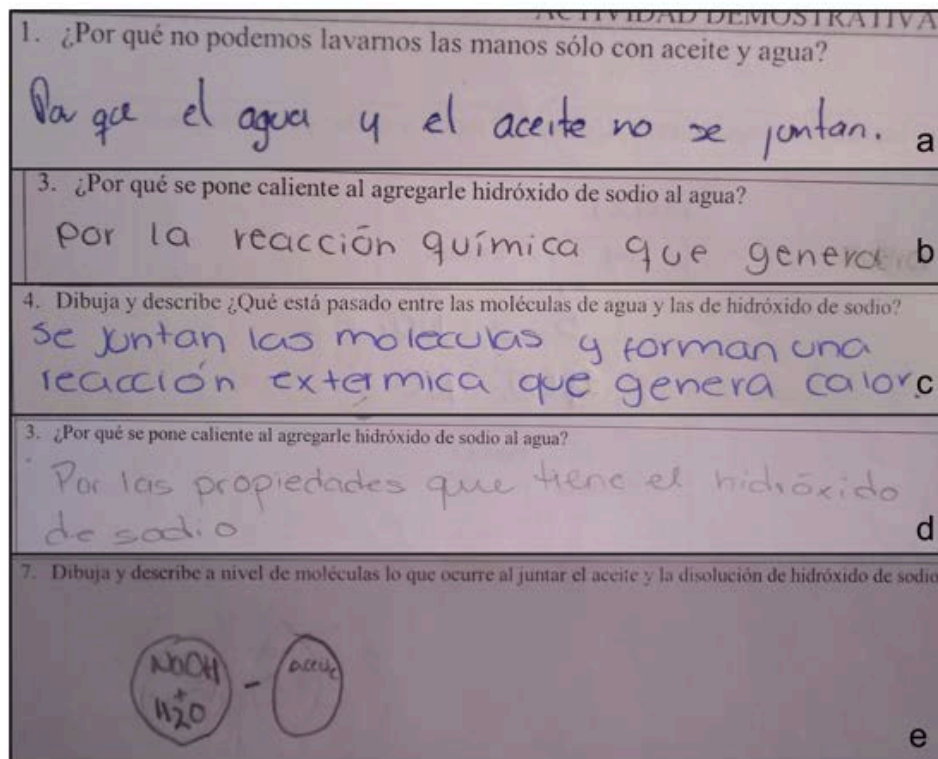


Figura 30. Ejemplos de las respuestas de los alumnos para el segundo instrumento. a) Eq.2, b)Eq.1, c)Eq.3, d)Eq.4 y e)Eq.4.

Estos resultados, al ser en equipo, no se puede asegurar de quién son las respuestas. En los últimos dos cuestionarios que son individuales se analiza lo que escribió cada alumno. Al comparar se aprecia que, para la mayoría de los equipos, una sola persona contesta el cuestionario, esto se puede saber ya que las mismas respuestas o muy similares se ven reflejadas en los cuestionarios individuales.

Es necesario enseñar a los alumnos a trabajar en equipo, por lo que menciona Galindo *et. al.* (2012) que a través de esto se da una construcción con sus pares, debida al sistema de interacciones donde se organiza e induce la influencia recíproca entre los integrantes de un equipo para la construcción colectiva de significados comunes. Así como la riqueza que

aporta al aprendizaje la contribución de cada miembro del grupo. John Bencze propone el trabajo en equipos para la realización de las actividades de indagación (Reyes y Padilla, 2012). Se ve entonces que debemos empezar con actividades que ayuden a los estudiantes a desarrollar las actitudes y habilidades necesarias para el trabajo en equipo, cosa que en este trabajo no se pudo realizar debido al tiempo del que se disponía. De ahí que es parte de las recomendaciones iniciar la secuencia didáctica con una actividad de integración.

Además, en concordancia con lo que mencionan Sevian y Talanquer (2014) estas respuestas nos mostraron que es necesario guiar la enseñanza a la vida práctica. Cuando se trabaja una idea es necesario crear un vínculo con actividades de la vida cotidiana como lavarse las manos. No solo la búsqueda de explicaciones o el diseño de sustancias sino trabajar con problemas relevantes. Para lo cual es necesario comprender cómo se da en los alumnos el progreso del pensamiento químico en el tiempo.

Las respuestas de los estudiantes incluyen la idea de mezclas, esto puede deberse a que este tema lo vieron al inicio del semestre y por lo tanto es la información que tienen más reciente. Pozo y Gómez (1998; citados en Güemes *et. al.*, 2011), mencionan como característica del aprendizaje la necesidad de hacer una copia más o menos fiel de la información y mantenerla en la memoria, por lo que el proceso involucrado es la repetición. Pero esto no es suficiente para aprender conceptos, ya que se adquiere un concepto cuando se es capaz de dar significado a la información, es decir, cuando se comprende. Los alumnos tienen mucha información, pero falta volverlo conocimiento. Además, destacan que algo que sucede frecuentemente en las aulas es que el docente explica conceptos que el alumno se limita a aprender como simples colecciones de datos. Es necesario hacer las preguntas correctas para guiar a los alumnos a enlazar el conocimiento.

4.3 2º INSTRUMENTO 2a Parte

Nombre del instrumento: Actividad experimental 1

Para la **actividad experimental 1** “*La personalidad de cada sustancia*”, los alumnos hicieron dos pruebas:

1. medir el valor de pH
2. y la formación de espuma

El procedimiento de medir el valor de pH fue complejo, desde cómo colocar la tira, hasta qué valor tenía al compararlo con la referencia. Los datos variaron mucho a pesar de que los seis equipos tenían los mismos materiales. El valor de pH para el aceite fue entre 4-5 para cuatro equipos y para los otros dos de 7. El valor del pH para el agua estuvo en un rango de 4 a 7. En la tabla se puso el hidróxido de sodio, que por encontrarse en estado sólido no se puede obtener su valor, sin embargo, un equipo coloca 14. Para la disolución de hidróxido de sodio cinco equipos ponen el valor de 14. Esta parte sirvió de entrenamiento para que en la siguiente sesión pudieran hacer las determinaciones al producto de la reacción.

En la actividad donde se discutieron los resultados, les dejó ver sus errores, los puntos donde deben poner atención. También, tuvieron la oportunidad de comparar sus resultados, así como de plantearse preguntas de por qué ocurrieron. Dos ejemplo de respuestas se presentan en la Figura 31.

Los alumnos tienen el conocimiento teórico, pero no saben llevarlo a la práctica, es donde el profesor debe ser el guía para lograr esto. Esta problemática se observa cuando se les pide definir pH, comentaron que es una característica presente solo en sustancias en disolución. Sin embargo, cuando se les cuestiona cuál es el valor de pH del hidróxido de sodio en estado

sólido, ellos responden que su valor es 14, es decir, el mismo valor que en disolución. Con este ejemplo podemos darnos cuenta de lo que dice Moreno (1994; citado en Jiménez, 2001), falta la relación entre la teoría y la aplicación.

a TABLA 1			b TABLA 1		
SUSTANCIA	pH	Espuma	SUSTANCIA	pH	Espuma
	Número	Sí / No		Número	Sí / No
1.aceite	4-5	NO	1.aceite	4	NO.
2.agua	4-5	NO	2.agua	5	NO.
3.hidróxido de sodio	NO A	NO A	3.hidróxido de sodio	NO.	NO.
4. disolución de hidróxido de sodio	14	NO	4. disolución de hidróxido de sodio	14	NO.

Figura 31. Ejemplo de las respuestas de dos equipos a la tabla uno del segundo instrumento parte dos. Primera actividad experimental. a) Eq.1 y b) Eq.3.

4.4 3º INSTRUMENTO

Nombre del instrumento: Actividad experimental 2

En la **actividad experimental 2** “Transformando el aceite” se hicieron tres preguntas, las cuales sirvieron de guía para saber lo que estaban pensando los alumnos durante el proceso. Sólo tres equipos de los seis contestaron.

Para dos equipos este instrumento ayuda a verificar que sí observaron diferencias. El equipo cuatro, fue notando las características del antes y después de poner en contacto las sustancias. Aunque no lo relacionan con reacción química en este momento, para el cierre de la actividad un alumno de este equipo (No. 24) expresó cómo fue cambiando la consistencia de los materiales empleados hasta la formación de jabón, haciendo relación con el pH del hidróxido de sodio, y en la evaluación final se ve reflejado este avance. Estas respuestas se presentan en la Figura 32.

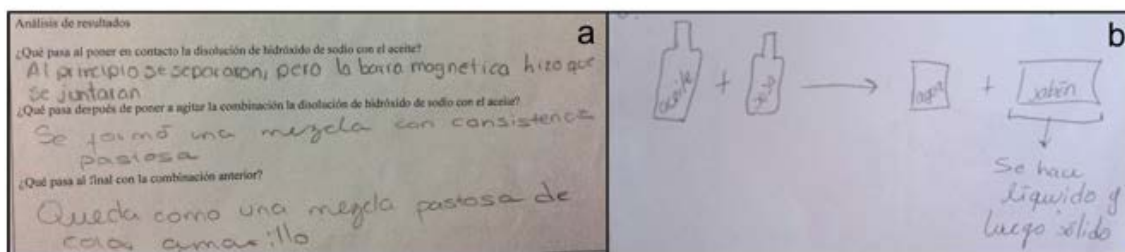


Figura 32. a) Respuestas del Eq. 4 al tercer instrumento de la actividad experimental dos. b) Respuesta de un alumno de este equipo (No. 24) donde se ve la evolución de cómo construye el concepto de reacción química.

El equipo tres maneja el concepto de mezcla y la combinación de los materiales, esto lo dibuja uno de los alumnos (No. 15) en la representación simbólica como la combinación de las características de ambos materiales. Esta idea la conserva hasta la evaluación final, no se observan cambios con las ideas mostradas en el cuestionario inicial, sus respuestas se presentan en la Figura 33.

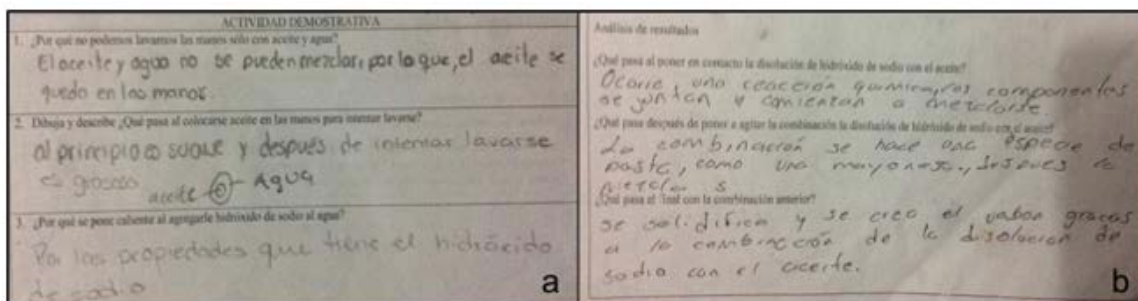


Figura 33. Comparación entre las respuestas del equipo tres al inicio y después de la actividad experimental, a) segundo instrumento, actividad experimental uno y b) tercer instrumento, actividad experimental dos.

El equipo cinco menciona que no hay una reacción visible, sin embargo, explica que después de agitar se da un cambio de color y de densidad ya que finalmente se vuelve sólido. Su respuesta se visualiza en la Figura 34.

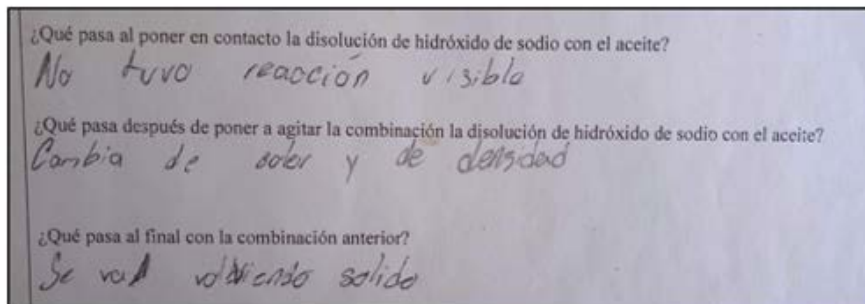


Figura 34. Respuesta Eq. 5 al tercer instrumento, actividad experimental dos.

Las respuestas en equipo fueron tomadas en cuenta durante la plenaria del análisis de resultados, además de otras observaciones que realizaron los alumnos y que les llamaron la atención: ¿ya podrían usar el jabón?, ¿en qué momento poner colorante?, etc.

Las respuestas de los alumnos nos muestran que ante las reacciones químicas esperan un cambio inmediato de color, y de estado de agregación evidente. Kind (2004) hace referencia a estos cambios en la apariencia física o el color, la producción de gas, luz, calor o enfriamiento.

Aunque si es bueno que vayan notando los cambios, se requiere hacer énfasis en la necesidad de tener evidencias que nos aseguren que se lleva a cabo una reacción química. Es decir, pruebas en el cambio de las propiedades antes y después de la reacción. Poner atención en que los productos no tienen ninguna de las propiedades características de los reactivos Chamizo (2017).

Es necesario hacerles ver a los alumnos los pequeños cambios, por medio de las preguntas correctas. Es decir, guiarlos a lo que se quiere que observen. Centrar su atención en las evidencias que se están recolectando, el valor de pH y la formación de espumación. Para que aprecien que las características de los materiales antes y después de estar en contacto son distintas.

Para ello en la discusión se hace énfasis en la TABLA 1 (ver Figura 15 sección 3.2.2.2), del documento estructurador que utilizan los alumnos durante la elaboración del jabón (ANEXO D). Para que aprecien estos cambios y noten la diferencia de antes de combinar los materiales. Strong (1970; citado por Kind 2004) comenta cuatro criterios que pueden estar relacionados con características sensoriales que pueden ayudar a los estudiantes a desarrollar una comprensión de los cambios que realmente ocurren a escala microscópica.

1. Identidad del producto determinado por la identidad de los materiales iniciales.
2. La mezcla de los materiales iniciales es esencial cuando más de un reactivo está involucrado.
3. Discontinuidad entre las propiedades de los materiales iniciales y el producto final.
4. Invariancia de las propiedades del producto cuando la temperatura, la presión y la composición inicial son variadas.

Puntos donde se buscó centrar la atención de los estudiantes, a lo largo de esta tesis.

Los alumnos tienen dudas sobre cómo deben ser las evidencias de que se llevó a cabo una reacción química, debido a que por lo general los ejemplos de reacción química son explosiones, cambios de color, o modificación en la temperatura; que son algunas de las ideas alternativas de los estudiantes. Ellos esperan que un indicativo de reacción química, es un cambio visible. Esta idea que tienen los alumnos la expone Meneses, et. al. (2014), tiene que ver con las representaciones sociales que todo ciudadano común tiene, cuyo pensamiento científico se basa en lo perceptivo y las teorías implícitas. Por lo que al preguntar a los alumnos la idea que tienen sobre una reacción química generalmente se remiten a las explosiones, con señales como humo, fuego y ruido.

4.5 4º INSTRUMENTO

Nombre del instrumento: “Tarea: video y diagrama de flujo”.

Para dar seguimiento a la actividad experimental y que los alumnos reconozcan cómo se elabora el jabón a nivel industrial. El propósito es extrapolar el conocimiento a otros contextos para comprobar la información que tienen los alumnos hasta ese momento. Se les dejó observar un video de cómo se hace el jabón de tocador, completar un diagrama de flujo del proceso y un cuestionario (ANEXO E). En esa sesión asistieron diecisiete alumnos, sólo faltó uno de entregar. Sin embargo, pocos lo hicieron en casa, la mayoría lo copiaron en el momento de llegar al salón de clases. Para evitar esto se propone realizar el ejercicio en clase. Las primeras dos preguntas fueron de historia, la tercera y cuarta reconocer los materiales que se emplean y la quinta para identificar la etapa en la que se lleva a cabo la reacción química. Solo 9 (53%) de los 17 que entregaron contestaron el cuestionario, y de estos, todos contestaron de manera correcta las primeras cuatro preguntas, que se referían a contenidos del video.

Para la última pregunta, de los nueve que respondieron el cuestionario solo dos responden correctamente. Identifican en qué etapa del proceso se lleva a cabo la reacción química, además que señalan que en este caso se usa grasa, a diferencia de la actividad experimental que ellos hicieron, donde se usa aceite. Estas respuestas se observan en la Figura 35 inciso a y b. Con esto se quiere abordar lo que dice Rotger (2017), que el conocimiento que adquiere un sujeto es por medio del pensamiento creativo donde se traslada a diversos contextos.

De esos nueve alumnos tres confunden la respuesta al relacionar la reacción química con la etapa del proceso cuando se le agrega aceite de coco, después de formar el jabón. Esto nos

deja ver que los alumnos están pensando todavía en la actividad que realizaron en clase donde se usa el aceite para formar el jabón. Estas respuestas se presentan en Figura 35 inciso c y d. De los cuatro alumnos restantes que contestan la pregunta mencionan que la reacción se da cuando la sosa cambia su estructura, se ve en la Figura 35 inciso e y f.

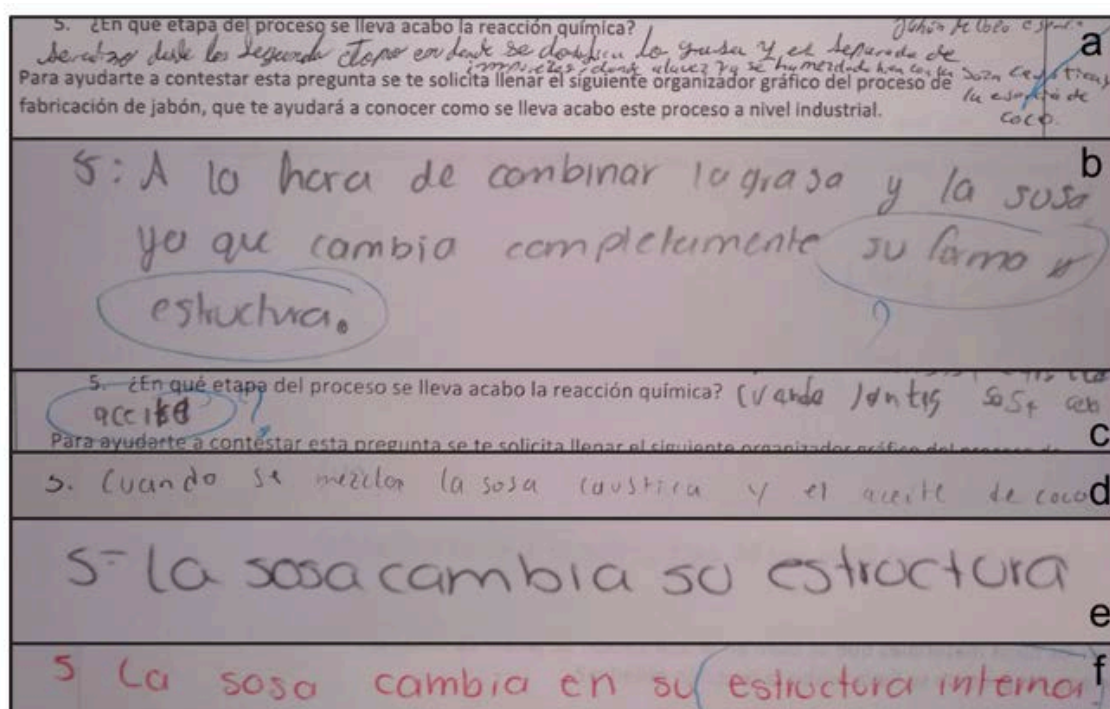


Figura 35. Ejemplos de las respuestas de los alumnos a la tarea sobre el video de cómo se hace el jabón de tocador, pregunta cinco. a) No.15, b) No.22, c) No.2, d) No.17, e) No.8 y f) No.27.

4.6 5º INSTRUMENTO

Nombre del instrumento: Cuestionario final.

El cuestionario de cierre de la secuencia didáctica se presenta en el ANEXO F, incluye las tres primeras preguntas del cuestionario diagnóstico y dos de aplicación de la reacción química experimental. De los 26 alumnos totales del grupo, 18 contestaron esta evaluación. Se hizo la comparación entre los dos instrumentos en el nivel macroscópico. Antes de la

secuencia, el 58% utiliza la palabra transformación; después de la actividad un 55%. Por lo cual pareciera que no les quedó claro o que tienen dudas.

Para el nivel simbólico, 69% tienen una idea de cómo representar la ecuación química en la evaluación diagnóstica; después de la actividad el 88%. Notándose un avance, esto se puede apreciar en la Figura 36.

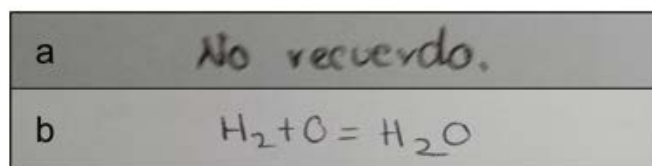


Figura 36. Ejemplo de respuestas de los alumnos para la representación de una ecuación química: a) antes y b) después de la secuencia didáctica. (No.12)

En el caso del nivel nanoscópico, 38% tienen una idea de cómo representarlo al emplear el modelo de esferas para átomos y moléculas; después de la actividad, el 83% la representan de una forma cercana a la deseada. Esto se observa en la Figura 37.

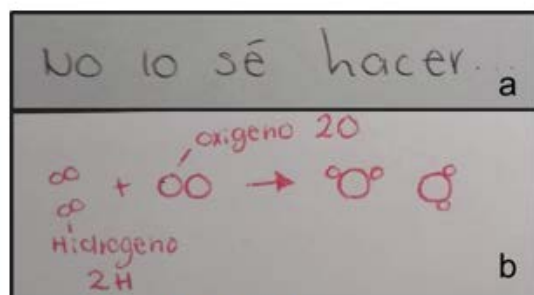


Figura 37. Ejemplo de respuestas de los alumnos para la representación nanoscópica de la reacción química: a) antes y b) después de la secuencia didáctica. (No.27)

La gráfica que compara los tres niveles de representación de la química, antes y después de la secuencia didáctica, se visualiza en la Figura 38.

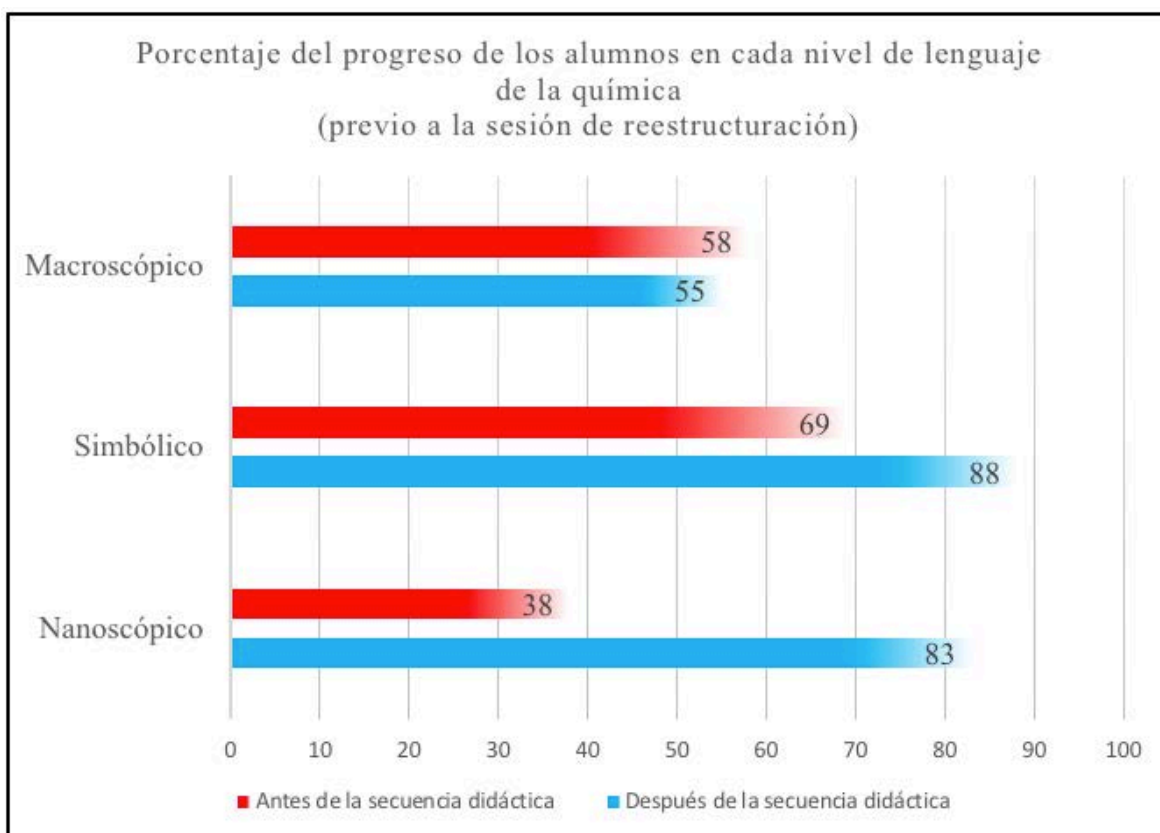


Figura 38. Gráfica que compara el porcentaje de progreso de los alumnos antes y después de la secuencia didáctica en cada nivel de lenguaje de la química. Previo a la sesión de reestructuración.

Llaman la atención los resultados debido a lo que menciona Raviolo, Garritz y Sosa (2011) sobre el nivel nanoscópico, tanto los libros de texto como en la enseñanza no se manejan los conceptos sustancia, mezcla y reacción química.

La adquisición conceptual profunda se da en el momento que el alumno relaciona las características macroscópicas con representaciones nanoscópicas. En este punto se piensa que los alumnos todavía no tienen una apropiación del conocimiento, por los resultados en el nivel macroscópico comparados con el nanoscópico.

Raviolo, Garritz y Sosa (2011) dicen que para la definición de reacción química es necesario reconocer lo que cambia (las sustancias), y lo que se conserva (tipos de átomos, iones o

elementos). Por lo cual es necesario que los alumnos tengan el conocimiento previo de sustancia y átomos.

La cuarta pregunta del cuestionario es de aplicación, hizo referencia a un rumor sobre jabones hechos con grasa humana, en algunos alumnos esto causó conflicto. Sin embargo, una clase antes un alumno hizo esa pregunta. Esta inquietud me hizo darme cuenta del interés presente en los alumnos alrededor del tema. Las respuestas de los alumnos se observan en la Tabla 7.

Tabla 7. Categorización de las respuestas de los alumnos a la cuarta pregunta del cuestionario de cierre.

4. ¿Es posible fabricar jabón con grasa humana?

Respuesta esperada: Si, ya que para elaborar jabón se necesitan ácidos grasos los cuales están presentes en las grasas y aceites ya sea de origen animal o vegetal

CATEGORIZACIÓN	Frecuencia de respuesta	%
A. Si, argumenta de manera adecuada usando información vista en clase	2	11
B. Si, argumenta de manera inadecuada usando información vista en clase	4	22
C. Si, argumenta de manera inadecuada usando otra información	3	17
D. Si, lo relaciona con la química	1	6
E. Si, lo vincula con otra cosa	2	11
F. Si, lo relaciona con el pH	6	33
G. No sé	0	0

La respuesta de todos los alumnos fue “si”. Sin embargo, sus argumentos del porqué fueron muy variados. El 11% (A) usaron información vista en clase con relación a la actividad experimental que hicieron. Solo dos alumnos lograron hacer la conexión de que cualquier tipo de grasa o aceite se puede emplear para hacer jabón. Se ve reflejada también la información del video que se les presenta con la forma de hacer jabón en la industria en un 22% (B) de los alumnos.

También se refieren a las propiedades de una grasa o aceite como la viscosidad, de lo que no hablamos en clase, por lo que es otra información con la que cuentan los alumnos (C 17%).

De la información que tienen previamente los alumnos salen a relucir palabras que se utilizan en química, como diluyentes, neutralizar, propiedades (D 6%).

Otros argumentos tienen que ver con cuestiones éticas (E 11%) y finalmente lo relacionan con el pH. Tienen muy marcado que un valor de 7 es inocuo y por lo tanto lo indicado para un producto de uso humano. Relacionan al hidróxido de sodio como el responsable de modificar el valor del pH (F 33%). Al parecer los alumnos han escuchado respecto del tema, sin embargo, en este punto todavía no tienen los conocimientos químicos para argumentar.

La gráfica que compara las respuestas de los alumnos se observa en la Figura 39.

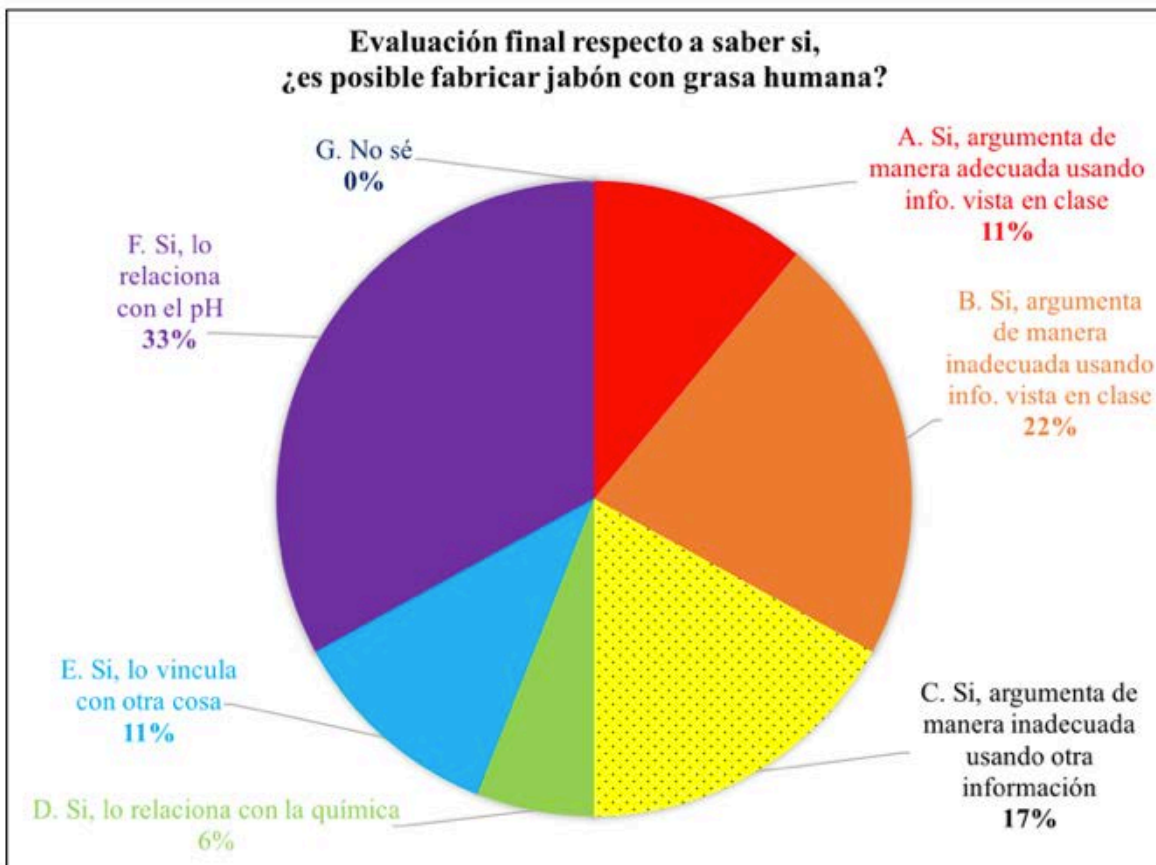


Figura 39. Gráfica del porcentaje de las respuestas de los alumnos en la evaluación final respecto a la pregunta de obtención de jabón a partir de grasa humana.

Estas respuestas las podemos contrastar con un estudio de Jiménez (2000) donde las justificaciones dadas por los alumnos en relación con la ingesta de bebidas, existe una tendencia a relacionar lo neutro con lo inocuo. Según este razonamiento, cuanto más nos alejemos del $\text{pH} = 7$, más riesgo para el organismo, ya que se producirían reacciones dañinas para órganos y tejidos. Un ejemplo de las respuestas se muestran en la Figura 40.

Jiménez (2000) tiene la experiencia de que al mencionar el pH y su valor, incluso si no hay relación con este, puede ser considerado una característica de la confiabilidad del producto.

Los estudiantes están expuestos todo el tiempo a este tipo de ideas en los comerciales, por

ejemplo de jabones y champús, en los cuales se se habla del pH "neutro" como algo "bueno y científico".

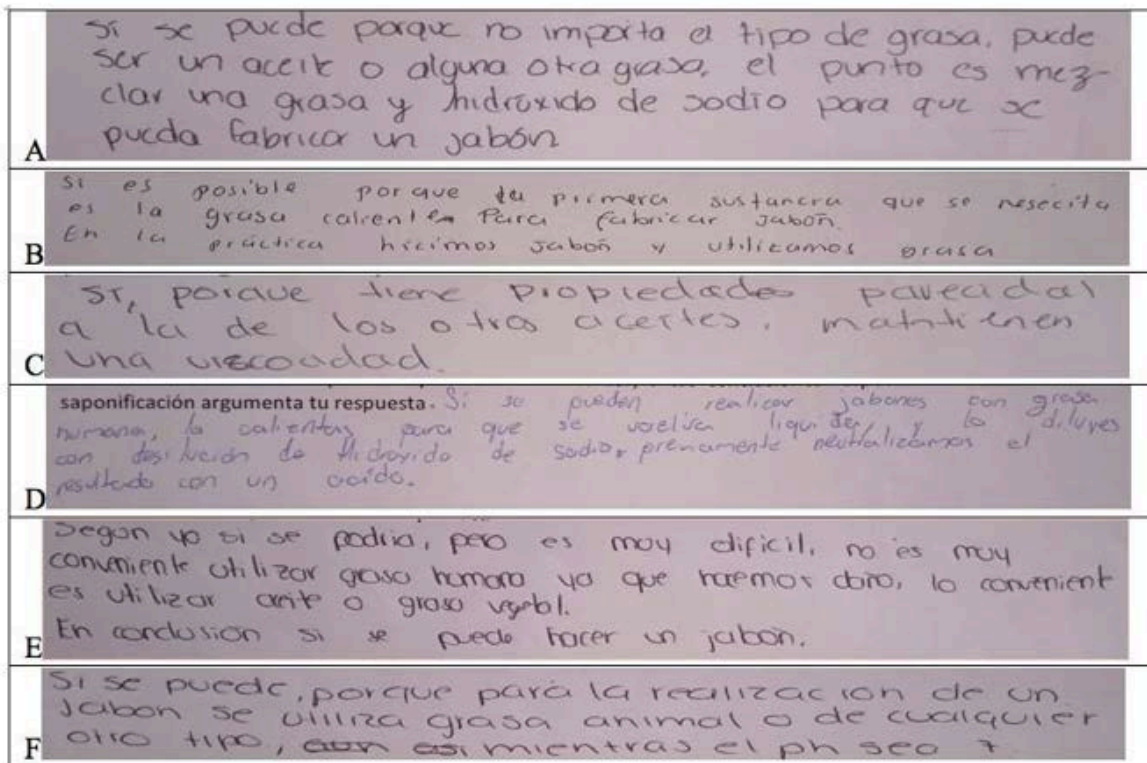


Figura 40. Ejemplos de cómo fueron categorizadas las respuestas de los alumnos para la cuarta pregunta del cuestionario de cierre antes de la reestructuración, que analiza la pregunta de aplicación: ¿Es posible fabricar jabón con grasa humana? A) No.22, B))No.17, C)No.20, D)No.9, E)No.6 y F)No.8)

Las respuestas a la pregunta 5 ¿Cuál es la función de la ceniza? da evidencia de que los alumnos todavía no saben cuál es el papel del hidróxido de sodio, creen que es un componente que sirve para regular el pH. Sus respuestas están alejadas de la reacción química, solo lo ven como algo que se agrega para neutralizar la mezcla, la categorización de estas se presenta en la Tabla 8.

El 44% de los alumnos (A) intuyen que la función de la ceniza es la que tenía el hidróxido de sodio, sin embargo, no especifican cuál era dicha función. Al respecto de esta intuición

Merino y Izquierdo, (2011) considera que ‘estudiar química’ es mantener abierta una pregunta sobre lo que son los cambios, mantener un esfuerzo constante para controlarlos y con ello desarrollar la intuición sobre cómo se actúa al intervenir en las reacciones químicas que contribuye a elaborar respuestas.

Tabla 8. Categorización de las respuestas de los alumnos a la quinta pregunta del cuestionario de cierre.

5. En la antigüedad se usaba para elaborar jabones grasa animal, cenizas y agua. ¿Cuál es la función de la ceniza?		
Respuesta esperada: tiene la misma función que el hidróxido de sodio		
CATEGORIZACIÓN	Frecuencia de respuesta	%
A. En lugar del hidróxido de sodio	8	44
B. Usa información vista en clase de manera incorrecta, lo relaciona con el pH	5	28
C. Usa información vista en la materia de manera incorrecta	3	17
D. Usa otra información fuera del salón de clase, lenguaje coloquial	2	11
E. Relacionarlo con el valor de pH de manera correcta	0	0
F. Reacción con la grasa	0	0
G. No sé	0	0

El 28% lo relacionan con el valor de pH (B), sus respuestas nos muestran que los alumnos piensan que la función del hidróxido de sodio era disminuir el pH a 7 para poder usar el jabón. La gráfica que compara las respuestas de los alumnos se observa en la Figura 41.



Figura 41. Gráfica del porcentaje de las respuestas de los alumnos en la evaluación final respecto a la función de la ceniza en la elaboración de jabón.

Otro punto muy recurrente en sus respuestas a lo largo de la secuencia es usar conceptos vistos previamente en la materia como balancear, catalizar y neutralizar (C 17%). Y finalmente usan información coloquial que pudieron adquirir fuera de la escuela (D 11%).

Un ejemplo de las respuestas de los alumnos se presenta en la Figura 42.

Sevian y Talanquer (2014) dicen que el propósito de la enseñanza de la química debe ser practicar las formas de pensar y las técnicas desarrolladas por los químicos, teniendo como objetivo aprender a generar respuestas. Para hacerla razonable se requiere evaluar a los estudiantes a partir de preguntas y problemas auténticos en los que muestran sus competencias de pensamiento químico, como en este caso. Sin embargo, Raviolo, Garritz y

Sosa (2011) consideran que un concepto abstracto no se aprende en un momento del programa de manera completa y definitiva, esto se da a lo largo de la enseñanza del alumno.

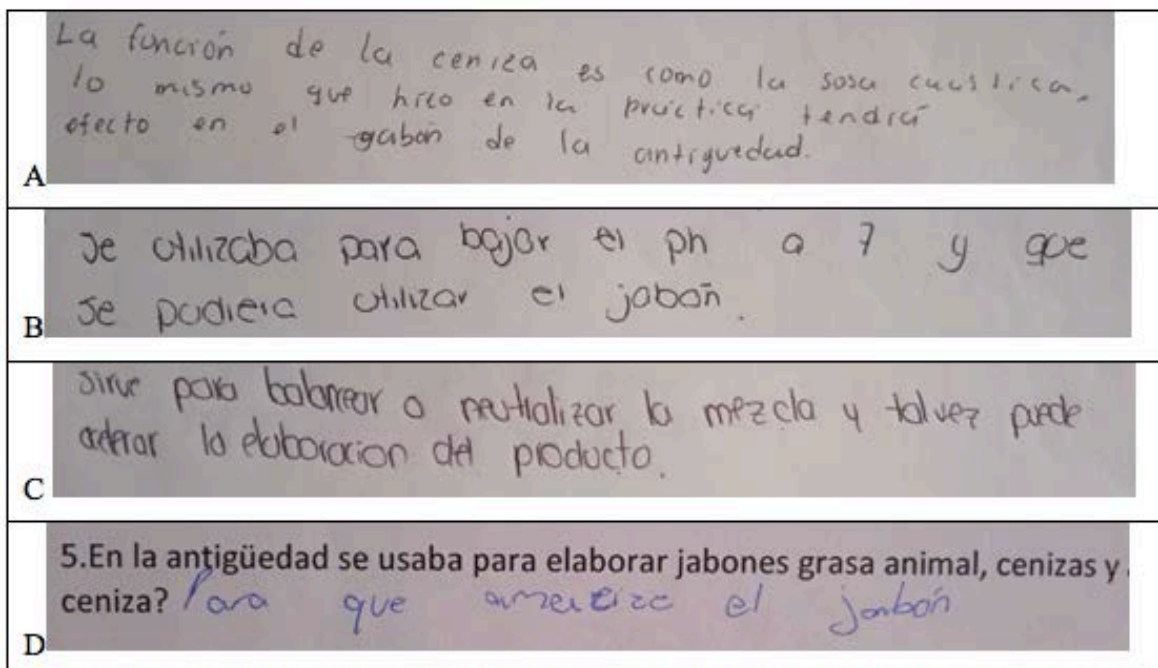


Figura 42. Ejemplos de cómo fueron categorizadas las respuestas de los alumnos (A-D) para la quinta pregunta del cuestionario de cierre antes de la reestructuración. Analiza una pregunta de aplicación: jabones grasa animal, cenizas y agua. ¿Cuál es la función de la ceniza? A)No.17, B)No.10, C)No.6 y D)No.9.

Las evaluaciones formativas permiten ver el avance de los estudiantes y hacer modificaciones. Al llegar a esta evaluación final y observar que todavía había dudas, decidí elaborar una sesión más, la cual es denominada **clase de reestructuración de ideas** (ver Apartado 3.2.2.6. Sesión 5 de la metodología). En esta sesión se retoma lo visto desde el planteamiento del problema, la parte experimental y la simbología, así como la representación de átomos y moléculas. Para dar seguimiento a los resultados se realizó el último cuestionario, cuyas respuestas son las siguientes.

4.7 6º INSTRUMENTO

Nombre del instrumento: Cuestionario final (después de la reestructuración)

Esta última evaluación se llevó a cabo después de la clase de reestructuración, ANEXO G.

A esta sesión asistieron 22 alumnos, de los cuales 16 estuvieron presentes en todas las sesiones, por lo que el análisis se hace solo con estos alumnos.

En esta sección se lleva a cabo un comparativo de la evaluación diagnóstica, la evaluación con el quinto instrumento y con esta última evaluación el sexto instrumento.

De este análisis se obtiene una gráfica comparativa del antes y después de la secuencia didáctica, para el nivel macroscópico y el nivel simbólico. Para el caso del nivel nanoscópico se obtienen dos gráficas, una del antes de la secuencia y otra después de la secuencia.

NIVEL MACROSCÓPICO

De las respuestas analizadas, el 81% del grupo utilizó las palabras cambio y transformación para relacionar el concepto de reacción química. Podemos ver que los alumnos presentan un avance, un ejemplo de ello se muestra en la Figura 43.

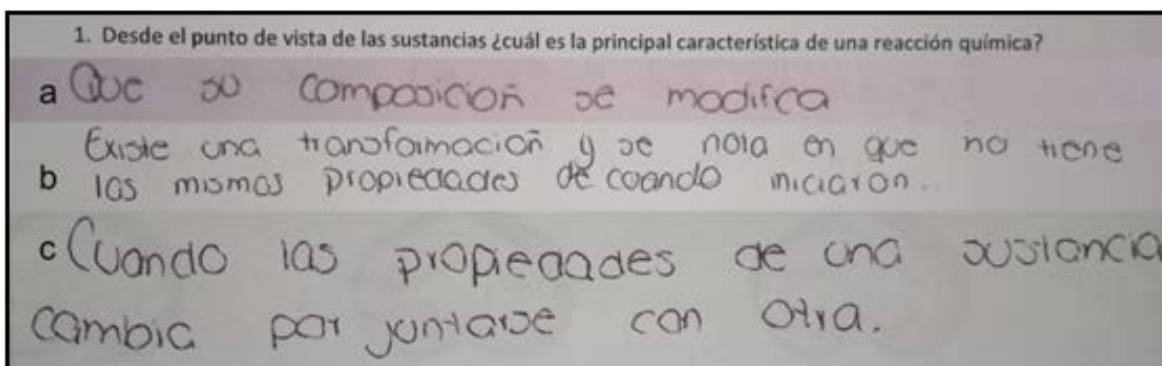


Figura 43. Respuestas de un alumno (No. 10) en las tres etapas de evaluación, de la definición que tiene de reacción química en el nivel macroscópico.

Además, se introduce en su vocabulario la palabra, “nueva sustancia”, lo que representa un incremento del 13% inicial (en la evaluación diagnóstica), al 25% en este último instrumento.

Esta es la idea principal que se desea tengan los alumnos. Y la comparación de las respuestas para este instrumento se observa en la gráfica de la Figura 44.

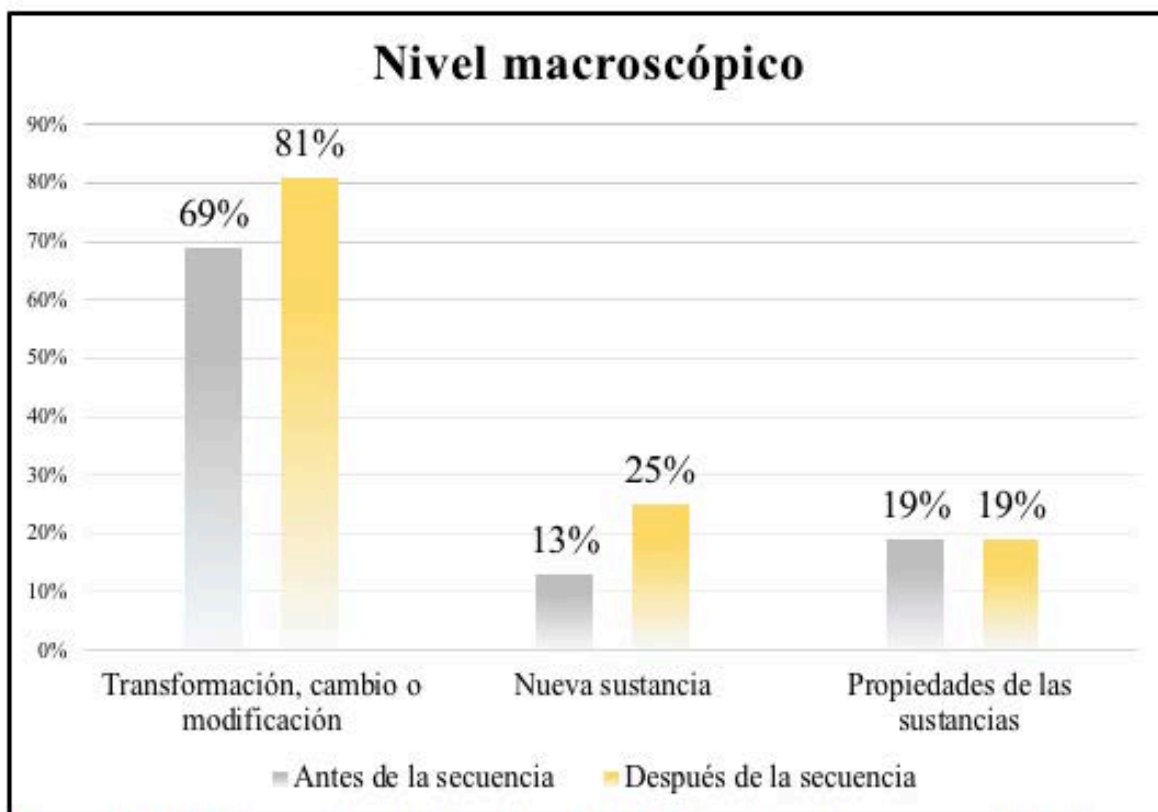


Figura 44. Gráfica que compara las respuestas de las palabras que utilizan los alumnos en el nivel macroscópico sobre su comprensión de la reacción química.

Aunque estas palabras forman parte del lenguaje coloquial, en la química cobran un significado distinto que es el que se busca tengan los alumnos. Esto lo explica Galagovsky (2003), los conceptos de la química son entes abstractos, mediados por interpretaciones simbólicas. Los profesores emplean dibujos, analogías, actividades de laboratorio, definiciones, reglas, leyes y teorías, para dar sentido. Estas operaciones acaban provocando bases conceptuales erróneas o forzando a aprendizajes memorísticos, fragmentados e, incluso, sin sentido. Por lo cual es necesario tener información de los otros dos lenguajes de la química.

Los estudiantes no relacionan las propiedades de las sustancias después de que se llevó a cabo la reacción, tienen la misma idea que antes de la secuencia didáctica. Todavía les falta tomar en cuenta que es necesario tener evidencias de las características de las sustancias, para poder corroborar que se llevó a cabo una reacción química.

NIVEL SIMBÓLICO

Todos los alumnos contestaron la pregunta para la representación de una ecuación química. Después de la aplicación de la secuencia didáctica, el 56% (A-B) escribe la ecuación química de manera correcta. Emplean la representación que la profesora utilizó en la última clase; un ejemplo se encuentra en la Figura 45 inciso a y b. Un alumno (6%) emplea el modelo de esferas, su respuesta se observa en la Figura 45 inciso c. En comparación con el 34% (A-B) de antes de la secuencia.

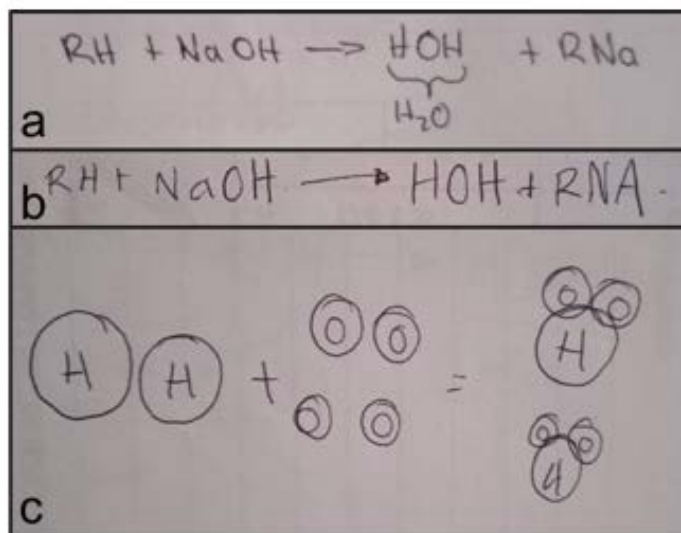


Figura 45. Ejemplos de las respuestas de los alumnos al instrumento seis, pregunta dos, del nivel simbólico. Evaluación final después de la sesión de reestructuración. A)No.1, B)No.13 y C)No.20.

En la Figura 46 se observa la gráfica que compara las respuestas de los alumnos antes y después de la secuencia didáctica.

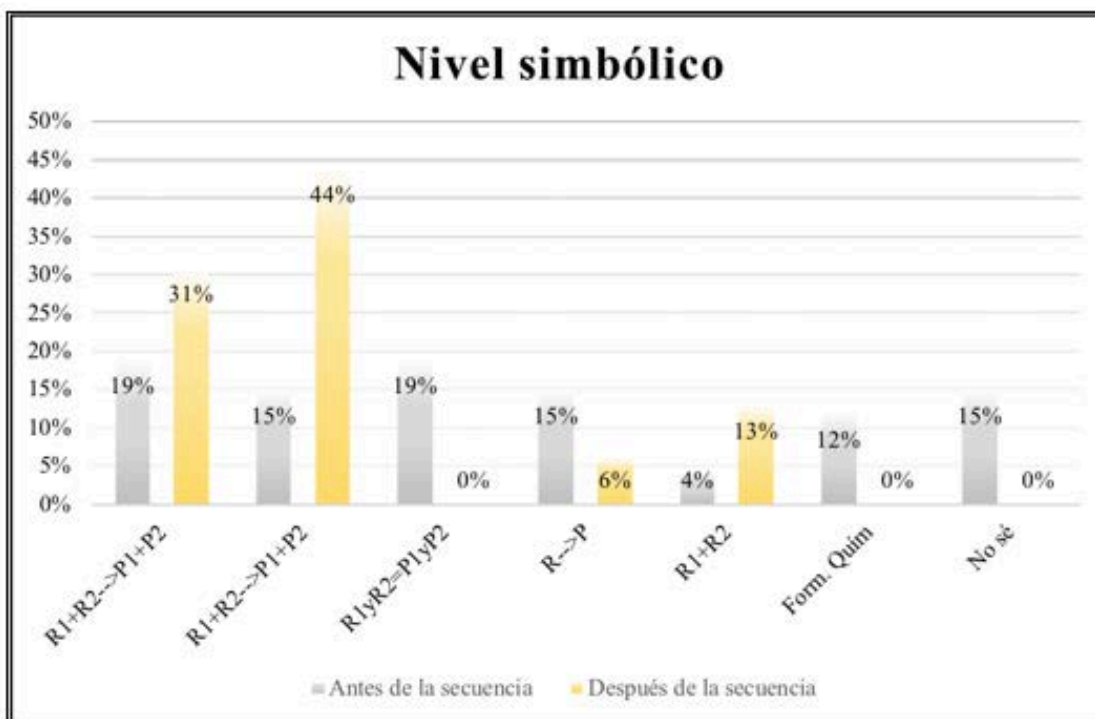


Figura 46. Gráfica que compara las respuestas de los alumnos de cómo representan una ecuación química antes y después de la aplicación de la secuencia didáctica.

Se considera que los alumnos escriben la ecuación química de memoria, al parecer todavía no cobra un significado para ellos. Lo que vemos en los resultados es lo que Galagovsky (2003) describe, que cuando un profesor escribe una ecuación, gráfico o fórmula, estos símbolos tienen sentido para él y para otros expertos, pero no para el novato. Esa sintaxis puede no tener ningún tipo de significación, o bien, puede darle otra significación, desde su buen saber y entender, desde su sentido común, desde su conocimiento cotidiano.

Los alumnos aprenden de memoria las sintaxis que dictan los profesores, con sus códigos implícitos y, luego los expresan frente a la demanda evaluativa del profesor. La comunicación entre el profesor y el alumno de ciencias naturales encuentra dificultades, una de ellas es por la brecha entre el lenguaje cotidiano y el científico.

Debido a que la apropiación del lenguaje científico es un proceso gradual y contextualizado. Taber (2013; citado por Caamaño, 2014) se ha referido al triplete de Johnstone, centrándose en cómo el nivel simbólico se relaciona con los niveles macroscópico y nanoscópico, y en las implicaciones didácticas que se derivan de ello.

Taber concibe a estos dos niveles, como ayuda para tener un concepto de los fenómenos del mundo externo que percibimos: el macroscópico (sustancias, reacciones químicas, etc.) y el nanoscópico (moléculas, iones, interacciones eléctricas, etc.).

Sitúa en un nivel intermedio algunas representaciones simbólicas ambiguas, que hacen referencia a los dos niveles, macroscópico y nanoscópico, tales como las fórmulas químicas, las ecuaciones químicas, etc

En particular con estas dos representaciones, las fórmulas y las ecuaciones químicas, se vieron dificultades en los estudiantes.

NIVEL NANOSCÓPICO

Para el caso de la simbología de átomos y moléculas, en la evaluación diagnóstica el 44% tienen una idea general del simbolismo que se emplea para representar la ecuación química (clasificación de A-E). El 50% contestan no sé (G) y el 6% restante utilizó un modelo incorrecto (F).

La comparación de las respuestas de los alumnos, a nivel nanoscópico antes de la secuencia, se observan en la gráfica de la Figura 47.

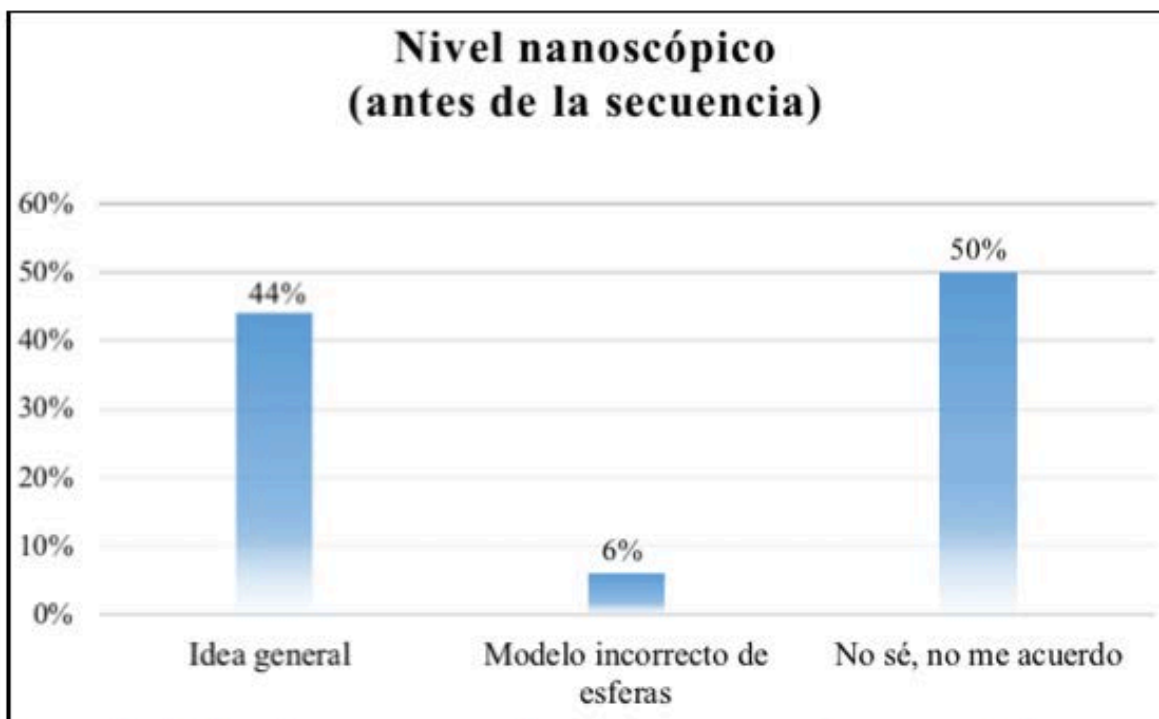


Figura 47. Gráfica de las respuestas de los alumnos en la evaluación diagnóstica para su entendimiento de la reacción química en el nivel nanoscópico.

En esta tercera pregunta de la evaluación final se modificó la redacción para que fuera más accesible a los alumnos:

Evaluación diagnóstica: Empleando átomos y moléculas describe lo que ocurre en una reacción química.

Evaluación final: ¿Qué entendiste por reacción química? Haz un dibujo (ponle etiquetas para entender lo que dibujaste).

El 88% de los estudiantes analizados eligieron la reacción del jabón, el 12% restante eligió la reacción del agua con la que habían trabajado en química 1, esto se observa en la Figura 39 inciso a.

De los asistentes a las tres sesiones, 15 alumnos (94%) eligieron representarlo de manera macroscópica con las imágenes que se emplearon para la sesión de símbolos, llamada de átomos y moléculas, y sólo un alumno (el 6%) empleó la representación nanoscópica.

De sus respuestas, el 44% contestó de manera completa en reactivos, productos y simbología. Al 50% solo ponen uno de los productos, les hace falta el agua como se puede apreciar en la Figura 48 inciso b.

El 19% representó de manera correcta la reacción química, de los cuales el 12% combinó las formas de representación, un ejemplo se presenta en la Figura 48 inciso c.

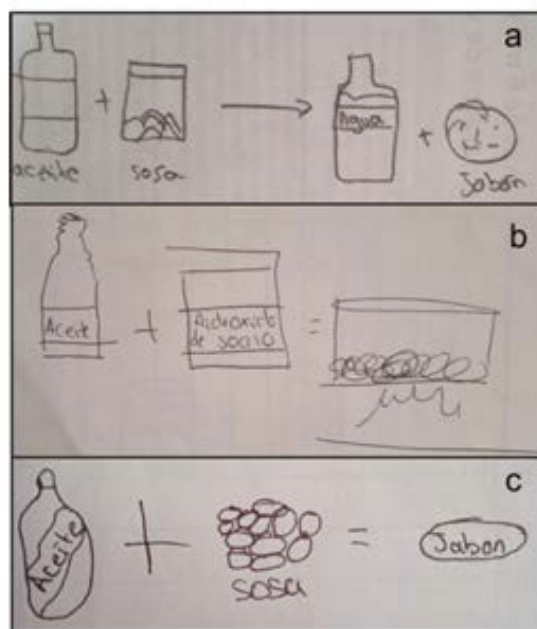


Figura 48. Ejemplos de respuestas de los alumnos a la pregunta tres del sexto instrumento. a)No. 18, b)No.20 y c)No. 1

El análisis de las respuestas de la herramienta de evaluación final, mostró que los estudiantes espontáneamente recurrieron a las imágenes para responder a la pregunta abierta, lo que evidenciaría su uso como amplificador cognitivo. Los alumnos no han constituido el modelo de esferas como un instrumento de pensamiento (Farré, 2014).

Los resultados nos muestran que los alumnos siguen teniendo dificultades para diferenciar entre dos niveles de representación de la materia: el macroscópico y el sub-microscópico, como lo describen Pozo y Gómez (1998; citados en Martínez 2017). Según Blanco, Ruíz y Prieto (2010; citados por Martínez 2017), se requiere el uso de modelos de representación de la materia como la teoría cinética molecular para pasar de un nivel macroscópico a uno nanoscópico. Comprender la naturaleza corpuscular de la materia, proporciona un gran poder explicativo y predictivo, ya que la teoría cinética molecular (TCM), permite realizar explicaciones causales de los cambios materiales y de múltiples experiencias cotidianas.

En lo que se refiere al nivel simbólico, las imágenes macroscópicas del hidróxido de sodio y del aceite, las lentejas de hidróxido de sodio y la gota de aceite (ver Figura 18) utilizadas en la sesión de símbolos y moléculas, sirvieron como un puente para enlazar la actividad experimental con la representación de la reacción química. Güemes et. al. (2011) dice al respecto, que utilizar diversas representaciones del conocimiento favorece visualizar conceptos abstractos. Lo cual fue útil para los alumnos que pudieron llegar a su propia representación de la ecuación química.

Esta actividad tiene el propósito de que los alumnos se habitúen al lenguaje de la química, para que puedan entender el significado de nuevos contenidos al asociarlos con conocimientos previos, como lo mencionan Galagovsky y Adúriz-Bravo (2001; citado en Güemes et. al. 2011).

La forma que buscaron los alumnos para representar la ecuación química nos hace ver, como dice Merino y Izquierdo (2011), que se han puesto en juego sus capacidades cognitivas: pensar, hacer y comunicar de manera coherente. Buscaron representar de manera simbólica la situación experimental en la que están interviniendo, y con ello se puede reconocer en sus respuestas y representaciones lo que están pensando. Como dice Gilbert et al. (2002; citado

por Merino y Izquierdo, 2011), los alumnos pudieron “entrar en el juego de la química”, no idéntica a la de los químicos, pero se pudo generar criterio químico.

Con ello vemos que es necesario, como dice Merino y Izquierdo (2011), tomar en cuenta el lenguaje químico que los estudiantes deben enlazar y dar significado. Por lo que se necesita caminar desde los fenómenos del mundo y los académicos, los lenguajes de comunicación de los libros, pasar por el pensamiento cotidiano, para llegar al científico.

COMPARACIÓN ANTES Y DESPUÉS DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA

Se analizaron las respuestas de los alumnos después de llevarse a cabo la secuencia didáctica, incluyendo la sesión de reestructuración. A partir de los resultados, se elaboró una categorización con dos rubros: *igual*, donde las respuestas de los alumnos no tuvieron cambios con respecto a la evaluación inicial, y *avance*, donde se observa un cambio en las respuestas de los alumnos que dan una evidencia de aprendizaje.

En la Figura 49 se puede apreciar la gráfica comparativa que nos permite ver que los alumnos, para el nivel macroscópico, han tenido un avance. En sus conceptos de reacción química incluyen la palabra transformación y nueva sustancia. Sevian y Talanquer (2014) consideran que entender esto es importante para personas científicamente alfabetizadas aunque no involucren carreras de la disciplina de la química. En el caso del nivel simbólico, donde se les pide representar la ecuación química, los alumnos también tuvieron un avance. La mayoría toma en cuenta la presencia de reactivos, productos, y usa la simbología química.

Para la representación nanoscópica, al hacer un cambio en la redacción de la pregunta se obtuvieron resultados diferentes, a partir de los cuales no se puede hacer una comparación con las respuestas de la evaluación diagnóstica, ya que solo un alumno empleó el modelo de esferas.

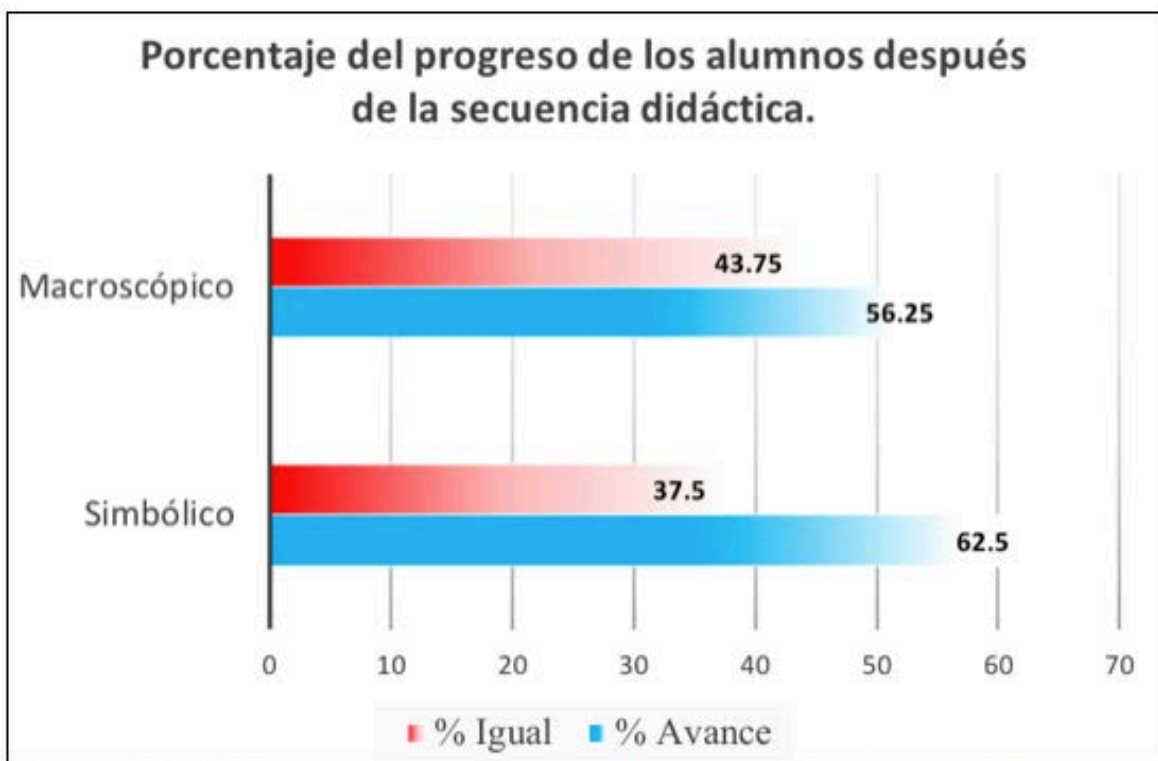


Figura 49. Gráfica que compara el porcentaje de progreso de los alumnos antes y después de la secuencia didáctica en el nivel macroscópico y simbólico de lenguaje de la química.

Sin embargo, como dicen Van Berkel *et. al.* (2000; citados por Sevian y Talanquer 2014), no solo es necesario conocer la estructura de las sustancias químicas y las cualidades de los procesos; por medio de la problemática del aceite usado, se modeló una situación que les ayudó a crear sensaciones y aplicar algunos conceptos de su vocabulario químico como mezcla o dilución. Los estudiantes estaban contentos con la idea de fabricar su jabón, esto se vio con la expresión que hicieron cuando supieron la problemática que iban a trabajar, y también con su desempeño y entusiasmo durante la aplicación de la secuencia. Queda pendiente evaluar si los estudiantes piensan en cómo desechar materiales adecuadamente, lo cual daría evidencia de haberse acercado a un pensamiento químico (Sevian y Talanquer, 2014).

Los resultados de la secuencia mostraron que es necesario repasar conceptos ya vistos en clase, en los cuales los alumnos tienen confusión: compuesto, mezcla, fórmula química y valor de pH. Esto se observó en las respuestas que dieron los alumnos al momento de escribir las ecuaciones químicas y cuando describieron la actividad experimental de transformación del aceite.

Observaciones

Al cierre de la última sesión un alumno se acercó a dar las gracias y mencionó que le gustó la actividad. Es importante señalar que este alumno, durante la secuencia, se mostraba indiferente. Este comentario es valioso, ya que demuestra la motivación que se logró. Benitez et al. (2002; citados en Güemes et. al. 2011) sobre una situación paradójica que ocurre en el aula, los alumnos se quejan de que la clase es poco interesante y el docente a su vez, de la falta de interés de los alumnos. Los autores lo resumen en la falta de motivación para el aprendizaje, que a través de esta secuencia se observa que, si se puede conseguir, motivar al alumno. Este comentario es importante por lo que dice Rotger (2017), que para que se consiga el aprendizaje, es fundamental la forma en que la información alcanza las redes cognitivas racionales, que depende de los estados emocionales de los estudiantes.

Dificultades durante la aplicación de la presente secuencia

La falta de tiempo debido a paros estudiantiles, llevó a disminuir el número de sesiones, por lo que no se llevaron a cabo varias actividades consideradas inicialmente. En particular:

- No se realizó la búsqueda y recolección de aceite usado. En su lugar, los estudiantes propusieron un aceite de cocina nuevo que escogieron libremente
- Inicialmente se pensaba que los estudiantes resolvieran el problema desde plantear qué hacer con el aceite usado, como esto ya no se pudo hacer desde allí, el trabajo fue muy dirigido al inicio, enfocándose más en las actividades de indagación.
- Se eliminó la sesión en la que los estudiantes proponen el procedimiento para la elaboración del jabón
- Se disminuyeron las sesiones de trabajo colaborativo
- Se eliminó la socialización del producto (el jabón)

- En la clase de reestructuración, se eliminó la parte de dejarlos jugar de forma individual en un interactivo donde se forman moléculas. No se pudo realizar porque cerraron el área de cómputo.

Sin embargo, se obtuvo información valiosa que permite el planteamiento de modificaciones a la secuencia aplicada. La nueva propuesta se tenía contemplado aplicarla en el semestre 2020-2, sin embargo, se dio la huelga en el CCH Sur el día 05 de febrero del 2020.

Para subsanar esta situación, se buscó otro docente que prestara su grupo en el CCH Vallejo, con quien se acordó llevar a cabo la secuencia el 17 de marzo, semana donde inició la cuarentena por cuestiones de la pandemia por SARS COVID-19.

Conclusiones

Se propuso la secuencia didáctica “¡Bañarse con aceite!” con la metodología de ABP, para que los alumnos construyeran el concepto de reacción química desde la perspectiva de pensamiento químico.

La propuesta atiende la concepción alternativa donde los estudiantes confunden los cambios de estado y las disoluciones con reacciones químicas. Por lo que la atención se centró en que la reacción química implica la formación de una nueva sustancia.

A partir de una secuencia didáctica con enfoque de ABP, pero con indagación guiada, los estudiantes fueron capaces de tomar decisiones que fueron relevantes para obtener su producto.

El planteamiento del eje problematizador se describió con el aceite usado de cocina. Sin embargo, debido a la falta de tiempo para el tratamiento del aceite usado, se decidió usar aceite comercial el cual fue elegido libremente por los alumnos.

Después de haber aplicado la secuencia didáctica, 15 de 16 estudiantes pudieron empezar a desarrollar pensamiento químico, ya que una vez que experimentaron el fenómeno desde el punto de vista macroscópico, relacionaron la reacción química con el nivel simbólico. Los alumnos construyeron su propia ecuación química con las imágenes macroscópicas que trabajaron en la actividad de modelaje.

La reacción química de saponificación, al ser ácido-base, tiene el valor de pH como característica útil para darle seguimiento al avance de la reacción. Por lo que es necesario poner énfasis en el entendimiento que tienen los alumnos de este tema. Las respuestas de los alumnos alrededor del concepto de valor de pH es influenciado por los anuncios comerciales, donde lo exponen como un parámetro de calidad, y esta información afecta su aprendizaje.

Modificaciones sugeridas para La secuencia didáctica ¡Bañarse con aceite!

En el siguiente apartado se describen los cambios que se proponen para la secuencia didáctica, las actividades que se agregan y las que se eliminan, el diagrama de flujo de las actividades se presenta en la Figura 50A y Figura 50B.

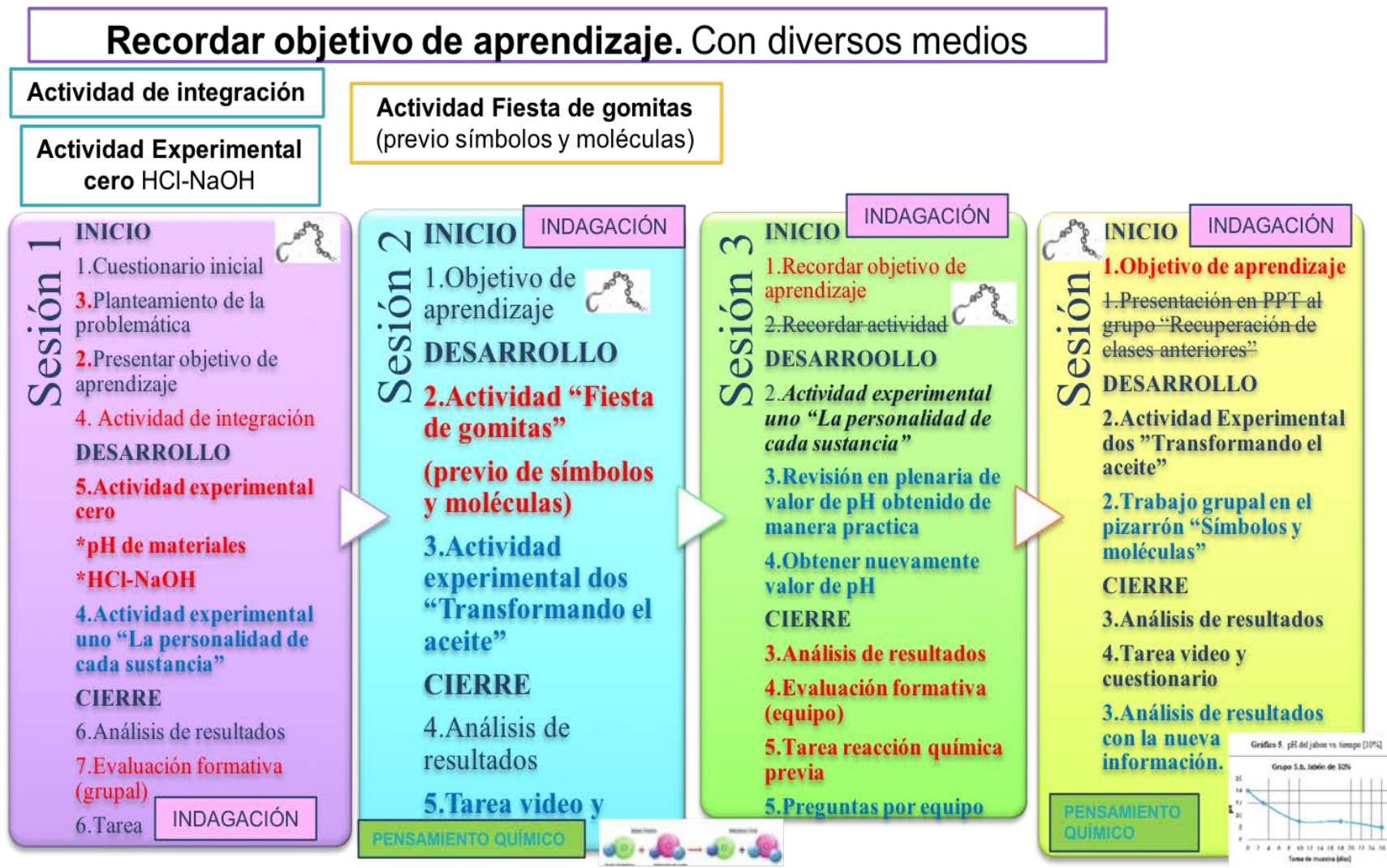


Figura 50A. Diagrama de flujo con las modificaciones que se proponen a la secuencia didáctica ¡Bañarse con aceite!



Figura 50B. Diagrama de flujo con las modificaciones que se proponen a la secuencia didáctica ;Bañarse con aceite!

Para todas las sesiones

+ Se agrega una actividad:

0. Empezar cada sesión con el objetivo de aprendizaje empleando diversos recursos.

Justificación: Para que tengan presente el por qué de cada una de las actividades a realizar.

Debido a que en la primera puesta en marcha los alumnos mostraron que al realizar las actividades les faltó tener claro el propósito. A pesar de que la profesora antes de iniciar la sesión les mostraba el objetivo, se considera mejor buscar que los alumnos como actores principales de su aprendizaje participen el mayor tiempo posible y el profesor solo sea el guía. Por lo que se va a iniciar con el objetivo de aprendizaje, pidiendo que un alumno de manera voluntaria lo explique o con ayuda de sus compañeros.

Sesión cero (previa)

+ Se agrega una actividad:

1. Solicitar material para la actividad experimental cero *Historia de un romance químico* que investiguen el pH de materiales caseros, dos con características ácidas y dos materiales con características básicas.

Justificación: estos cambios se originaron por la necesidad de que los alumnos tengan un trabajo previo con el valor de pH, la propiedad que va a dar seguimiento a la reacción química. **1.** Ya que en la primera aplicación se vio que los alumnos tienen dudas de cómo usar las tiras indicadoras de pH para poder determinar este valor. **2.** También se observó que tenían confusión en la utilidad de conocer este valor.

@ Se modifica una actividad:

2. Solicitar la hoja de seguridad del hidróxido de sodio y la del ácido clorhídrico.

Justificación: En la sesión uno se va a llevar a cabo la actividad experimental de la reacción entre el hidróxido de sodio y el ácido clorhídrico, por lo que se considera necesario que se conozcan las características de ambos materiales.

Sesión uno

@ Se modifica una actividad:

3. Presentar primero la problemática, y después el objetivo de aprendizaje.

Justificación: En la primera aplicación se empezó con el objetivo de aprendizaje, esto resultó árido y poco motivante. **1.** Se propone plantear primero la problemática para que sirva como gancho, llame la atención de los alumnos y a la hora de presentarles el objetivo de aprendizaje los alumnos tengan un mayor interés.

+ Se agregan dos actividades:

4. Actividad de integración.

Justificación: Durante la secuencia los alumnos mostraron dificultades para realizar el trabajo en equipo, aunado a que es una actividad basada en ABP, el trabajo colaborativo es muy importante. **1.** Se propone añadir una actividad de integración antes de empezar las actividades experimentales, para que los alumnos reconozcan la importancia del trabajo en equipo. **2.** Prepararlos para las actividades colaborativas que se irán trabajando a lo largo de la secuencia.

5. Actividad experimental cero “Historia de un romance químico”.

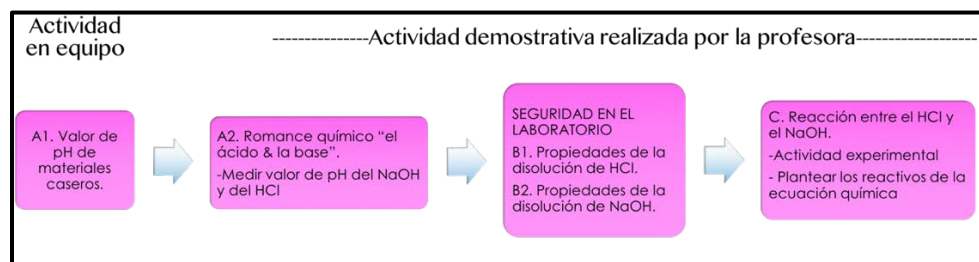


Figura 51. Diagrama de flujo de las etapas que conforman la actividad experimental “Historia de un romance químico”.

Justificación: La primera puesta en marcha de la secuencia, mostró que la simbología de la reacción de saponificación es compleja, los alumnos tuvieron confusión por la cantidad de átomos en la estructura química del ácido graso. Se propone: **1.** Guiar a los alumnos a descubrir el valor de pH como una propiedad que presentan los materiales en disolución. **2.** Que los alumnos practiquen cómo utilizar las tiras indicadoras de pH. **3.** Llevar a cabo una reacción química ácido-base donde la simbología es más sencilla, para que les sirva de antecedente a los alumnos y vayan recordando esta información. **4.** Esta actividad debe formar parte de las actividades colaborativas. **5.** Desde la primera sesión trabajar el nivel simbólico, para que los alumnos practiquen y surjan dudas.

A1. Se plantea una actividad experimental con materiales caseros para que puedan medir el valor de pH, que conozcan las variaciones en la acidez y basicidad de algunos materiales de uso cotidiano (presentes en el botiquín, baño y cocina).

A2. La profesora medirá el valor de pH de materiales de laboratorio.

B. Revisar en plenaria las propiedades físicas y químicas del HCl y del NaOH, utilizando la hoja de seguridad de ambos materiales.

C. La profesora llevará a cabo la actividad experimental de forma demostrativa, pondrá en contacto disoluciones de HCl y del NaOH. En el pizarrón plantea los reactivos de la ecuación química con las fórmulas químicas obtenidas de las hojas de seguridad.

Sesión dos

+ Se agrega una actividad:

6. Actividad lúdica “Fiesta de gomitas”.

Justificación: En la primera aplicación se observan las dificultades que tienen los alumnos en el manejo del nivel simbólico y el nanoscópico. Debido a la dificultad que implica la representación con el modelo de esferas, se propone una actividad lúdica “Fiesta de gomitas”.

Darán propuestas de los productos de la reacción entre el HCl y el NaOH, con ayuda de gomitas y sus conocimientos previos de formación de compuestos con cargas opuestas al manipular los iones. Se propone: **1.** Guiar a los alumnos a practicar el nivel nanoscópico. **2.** Llevar a los alumnos a la relación con el nivel simbólico empleando la reacción que se trabajó en la sesión uno (HCl y NaOH). **3.** Dar sustento a la actividad de símbolos y moléculas que se llevará a cabo en la sesión cinco. **4.** Esta actividad debe formar parte de las actividades colaborativas.

Sesión tres

+ Se agregan dos actividades:

7. Elaborar gráfica de variación del pH en función del tiempo.

Justificación: Se observó una confusión en las respuestas que dan los alumnos, cuando se les preguntó por la función del hidróxido de sodio, ya que consideran que es un componente que sirve para regular el valor de pH o neutralizar, no lo relacionan con la reacción química.

1. Se considera que la elaboración de la gráfica ayudará a dar seguimiento a la variación del valor de pH conforme va dándose la reacción. **2.** Esta actividad debe formar parte de las actividades colaborativas.

8. Buscar una reacción química en clases previas.

Justificación: En la primera puesta en marcha por falta de tiempo no se llevó a cabo la extrapolación de los conocimientos a otra reacción química. Se propone: **1.** Corroborar que los alumnos buscan evidencias de que se está llevando a cabo una reacción química. **2.** Llevar a cabo un ejercicio de reconocimiento de la apropiación del conocimiento. **3.** Esta actividad debe formar parte de las actividades colaborativas.

Sesión cuatro

@ Se modifica una actividad:

9. Actividad experimental “Transformando el aceite”.

Justificación: Llevar a cabo la actividad experimental que se tenía planteada en la sesión dos. Se vio que era necesario debido a que la reacción de formación de jabón es compleja en su manipulación, al observar los cambios, así como también en la representación simbólica y nanoscópica. se propone: **1.** Al analizar una reacción ácido-base sencilla de manera previa, la reacción entre el ácido clorhídrico y el hidróxido de sodio, se piensa que les puede dar mayor confianza y les ayudará a indagar con mayor seguridad lo que ocurre en esta reacción de saponificación, que es más compleja. **2.** Esta actividad debe formar parte de las actividades colaborativas

Sesión cinco

+ Se agregan dos actividades:

10. Elaborar una infografía para explicar a sus compañeros de clase qué es una reacción química.

Justificación: Recopilar la información que trabajaron los alumnos, para después explicarle a sus compañeros. **1.** La infografía es un organizador gráfico con el que están familiarizados los alumnos, se les hace accesible pues trabajan con imágenes, a diferencia con el diagrama que tienen que redactar. Sin embargo, también tiene su grado de dificultad porque hay que buscar la forma de explicar a otro la idea de cada equipo. **2.** Es parte del trabajo colaborativo.

11. Elaborar un meme para explicar, fuera del salón de clase, qué es una reacción química.

Justificación: Las dudas de los alumnos se detectaron en la evaluación de cierre, para evitar que la detección se dé hasta el final, se propone ir trabajando la elaboración de un meme a lo largo de la secuencia. **1.** Los memes son imágenes recreativas, que pretenden ser entretenidas

y amenas. Utilizar este tipo de herramientas, despiertan la creatividad del alumno y le hace ver que el aprendizaje también puede ser divertido. **2.** Se pretende que los alumnos puedan explicar el producto de la secuencia didáctica a sus compañeros de aula y fuera del salón haciendo uso de una representación simbólica. **3.** Forma parte de las actividades colaborativas.

+ Se añaden tres sesiones más, para dar un total de 8 sesiones.

Justificación: En la primera puesta en marcha se vio la necesidad de llevar a cabo las siguientes actividades para mejorar el entendimiento de los alumnos **1.** Para hacer mayor énfasis en el trabajo colaborativo. **2.** Revisar con más profundidad el nivel simbólico y nanoscópico. **3.** Poder llevar a cabo el trabajo de socialización **4.** Favorecer que las actividades sean menos dirigidas.

Sesión seis

+ Se agrega una actividad:

12. Prepararse para socializar el conocimiento.

Justificación: Como parte de las actividades de ABP es necesario compartir el producto obtenido en un espacio fuera del aula, tanto el conocimiento como la parte material. La presentación del producto final se propone para la sesión ocho, pero en esta sesión se propone: **1.** Los alumnos se preparan para vender sus jabones, preocupándose por cumplir tanto la parte estética, como la información que darán a los posibles compradores. **2.** Guiar a los alumnos para que expliquen cómo elaboran los jabones, el propósito de reutilización del aceite de cocina, y la reacción que llevaron a cabo. **3.** Usar las infografías, memes, y a partir del trabajo colaborativo, explicar la reacción química.

Sesión siete

+ Se agrega una actividad:

13. Análisis de la gráfica de valor de pH en función del tiempo.

Justificación: En la primera puesta en marcha los alumnos le atribuían al hidróxido de sodio la característica de disminuir el pH, concepción que se pretende ayudar a eliminar por medio de esta actividad. Se propone: **1.** Realizar una gráfica de pH en función del tiempo para que los alumnos reconozcan cuál es el significado y la importancia de medir el valor de pH, y qué está sucediendo cuando este disminuye. **2.** Darle seguimiento a la reacción química de forma cuantitativa para ayudar a los alumnos a entender la relación del valor de pH y la reacción.

Sesión ocho

+ Se agrega una actividad:

14. Socializar el conocimiento fuera del salón de clases.

Justificación: Esta actividad no se llevó a cabo por falta de tiempo, se considera que es necesario como parte del aprendizaje. Se propone: **1.** Incentivar a los alumnos a buscar la forma de explicar lo que realizaron y hacer un proceso de metacognición. **2.** Explicar a alguien que no sabe lo que hicieron, es muestra de que entendieron y por lo tanto adquirieron el aprendizaje. **3.** Guiar a los alumnos a ver que el conocimiento tiene utilidad para elaborar un producto y obtener un ingreso.

Referencias

- Bigzote (05 Octubre 2009). *¿Cómo se hace el jabón de tocador?* [Archivo de video] Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=WnlTNjOgQw0> Recuperado 20 de Septiembre del 2019
- Brown, T. (2004). *Química: La ciencia central*. México: Pearson Educación.
- CCH (2016) Plan y programas de estudio del CCH, UNAM, Colegio de Ciencias y Humanidades, Dirección General del Colegio de Ciencias y Humanidades, México.
- Caamaño, A. (2014). La estructura conceptual de la química: realidad, conceptos y representaciones simbólicas. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 78, pp. 7-20. Recuperado el 26 de febrero de 2020 de <https://www.researchgate.net/publication/280382987>.
- Casado, G. y Raviolo, A. (2005). Las dificultades de los alumnos al relacionar distintos niveles de representación de una reacción química. *Universitas Scientiarum*, 10 (1), 35-43. Recuperado el 27 de octubre de 202 de <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/scientarium/article/view/5015>
- Chamizo, J. A. (2017). Los modelos históricos de las reacciones ácido-base. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 90, pp. 53-60. Recuperado el 26 de febrero de 2020 de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6162315>
- Cuevas, L., Rocha, V., Casco, R., y Martínez, M. (2011). Punto de encuentro entre constructivismo y competencias. *Revista AAPAUNAM Academia, Ciencia y Cultura*, 3(1), pp. 5-8. Recuperado el 27 de junio de 2018, de

<http://www.csems.uady.mx/media/docs/Formacion%20docente/Constructivismo%20y%20Competencias.PDF>

De Jong, O. y Taber, K. (2007). Capítulo 22 Teaching and learning the many faces of chemistry en Sandra K. Abell y Norman G. Lederman (Eds.), Handbook of research on science education (pp.631-688), Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

Duarte, E. (1998). La creatividad como un valor dentro del proceso educativo. *Psicología Escolar e Educativa* , 2(1), pp. 1-9 Recuperado el 08 de octubre de 2020 DOI:10.1590/S1413-85571998000100005

Eilks, I. y Hofstein, A. (2015). From some historical reflections on the issue of relevance of chemistry education towards a model and an advance organizer. A Prologue in *Relevant Chemistry Education From Theory to Practice*. (pp. 1-10). Recuperado el 28 de mayo de 2019. Rotterdam: Sense Publishers.

Farré, A., Zugbi, S. y Lorenzo, G. (2014). El significado de las fórmulas químicas para estudiantes universitarios: El lenguaje químico como instrumento para la construcción de conocimiento. *Educación química*, 25(1), pp.14-20. Recuperado el 12 de junio del 2018, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2014000100003&lng=es&tlng=es.

Furió, C. y Domínguez, C. (2007). Problemas históricos y dificultades de los estudiantes en la conceptualización de sustancia y compuesto químico. *Enseñanza de las ciencias*, 25(2), pp. 241–258. Recuperado el 30 de mayo de 2019 de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2295381>

- Furió, C. y Furió, C. (2009). ¿Cómo diseñar una secuencia de enseñanza de ciencias con una orientación socioconstructivista?. Educación química, Conferencias plenarias, pp. 246-251. Recuperado el 21 de septiembre de 2019 de <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>
- Furió, C., Domínguez, M.C. y Guisasola, J., (2012). Diseño e implementación de una secuencia de enseñanza para introducir los conceptos de sustancia y compuesto químico. Enseñanza de las ciencias, 30(1), pp.113–128. Recuperado el 21 de mayo de 2019 de <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/252565>
- Galagovsky, L. Rodríguez, M.A., Stamati, N. y Morales, L. (2003). Representaciones mentales, lenguajes y códigos en la enseñanza de ciencias naturales. Un ejemplo para el aprendizaje del concepto de reacción química a partir del concepto de mezcla. Enseñanza de las ciencias, 21 (1), pp.107-121. Recuperado el 11 de febrero de 2021, DOI:10.5565/rev/ensciencias.3945
- Galagovsky, L. y Giudice, J. (2015). Estequiometría y ley de conservación de la masa: una relación a analizar desde la perspectiva de los lenguajes químicos. Ciencia y educación, 21(1), pp.85-99. Recuperado el 12 de junio de 2018, de <https://doi.org/10.1590/1516-731320150010006>
- Galagovsky, L., Bekerman, D., Di Giacomo, M.A. y Alí, S. (2014) Algunas reflexiones sobre la distancia entre “hablar química” y “comprender química”. Ciencia y educación, 20(4), pp.785-799. Recuperado el 21 de octubre de 2021, DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1516-73132014000400002>

- Galindo, R., Galindo, L., Martínez, N., Ley, M., Ruiz, E., y Valenzuela, E. (2012). Acercamiento epistemológico a la teoría del aprendizaje colaborativo. *Apertura*, 4(2). Recuperado el 20 de junio de 2018, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=68829135010>
- Gillespie, R. (1997). The Great Ideas of Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 74 (7), pp.862-864. Recuperado el 02 de octubre de 2019, de <https://doi.org/10.1021/ed074p862>
- González, L. y Crujeiras, B. (2016). Aprendizaje de las reacciones químicas a través de actividades de indagación en el laboratorio sobre cuestiones de la vida cotidiana. *Enseñanza de las ciencias*, 34(3), pp. 143-160. Recuperado el 02 de octubre de 2019, de <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/314149>
- Güemes, R., Ortolani, A., Tiburzi, M., Falicoff, C., Raffaelli J. y Odetti, H. (2011). Sustancias y reacciones químicas. Temas del curso de ingreso universitario tratados con diferentes recursos. *Avances en ciencias e ingeniería*, 2(4), pp. 97-107. Recuperado el 02 de octubre de 2019, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=323627684011>
- Izquierdo, M. (2006). La educación química frente a los retos del tercer milenio. *Educación química*, 17, pp. 114-128. Recuperado el 18 de febrero de 2019, DOI: <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2006.4e.66017>
- Jiménez, M., De Manuel, E., González, F y Salinas, F. (2000). La utilización del concepto de pH en la publicidad y su relación con las ideas que manejan los alumnos: aplicaciones en el aula. *Enseñanza de las ciencias*, 18(3), pp. 451-461. Recuperado el 11 de febrero de 2021, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=95010>

Jiménez, M., Sánchez, A. y De Manuel, E. (2001). Aprender química de la vida cotidiana más allá de lo anecdótico. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 28, pp. 53-62. Recuperado el 03 de noviembre de 2020, de <https://www.researchgate.net/publication/39145609>

Jiménez, M. y De Manuel, E. (2009). El regreso de la química cotidiana: ¿regresión o innovación? *Enseñanza de las ciencias*, 27 (2), pp. 257-272. Recuperado el 07 de septiembre de 2020, de https://www.researchgate.net/publication/254480097_El_regreso_de_la_quimica_cotidiana_regresion_o_innovacion

Jorba, J. y Sanmartí, N. (1994). Enseñar, aprender y evaluar: Un proceso de regulación continua. Propuestas didácticas para las áreas de Ciencias de la Naturaleza y Matemáticas. Barcelona: Ministerio de Educación y Cultura. Recuperado el 10 de diciembre de 2020, de https://www.researchgate.net/publication/39143780_Ensenar_aprender_y_evaluar_un_proceso_de_regulacion_continua_propuestas_didacticas_para_las_areas_de_Ciencias_de_la_Naturaleza_y_Matematicas

Kind, V., (2004). Más allá de las apariencias. Editorial Santillana Aula XXI.

Klimova, T., Lemus, G., Arcelus, P., Jiménez, C. y Turcio, D. (2014). Curso práctico multidisciplinario de Fisicoquímica. Universidad Nacional Autónoma de México.

Lacolla, L., Meneses, J.A., y Valeiras, N. (2013). Las representaciones sociales y las reacciones químicas: Desde las explosiones hasta Fukushima. *Educación química*, 24(3), pp.309-315. Recuperado el 01 de abril de 2019, de

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2013000300007&lng=es&tlng=es

Larmer, J. y Mergendoller, J. (2015). Why We Changed Our Model of the “8 Essential Elements of PBL”. Buck Institute for Education, 1, pp.1-3. Recuperado el 06 de octubre de 2020, de

https://eneqabap.files.wordpress.com/2016/03/why_we_changed_8ees_article.pdf

Lozano, V. [Crónica ambiental]. (28 de agosto de 2017). El impacto ambiental del Aceite de Cocina [Archivo de video]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=IQY-afi6xJ8> Recuperado 20 de Septiembre del 2019

Macedo, B. (6-10 de febrero de 2006). Habilidades para la vida: Contribución desde la educación científica en el marco de la Década de la educación para el desarrollo sostenible. Especialista regional. Recuperado 18 de febrero de 2019. Congreso Internacional de Didáctica de las Ciencias, La Habana, Cuba.

Martínez, A., Valdés, J., Talanquer, V. y Chamizo, J.A. (2012). Estructura de la materia: de saberes y pensares. Educación química, 23 (3), pp. 361-369. Recuperado el 08 de abril de 2019, de

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2012000300006&lng=es&tlng=es.

Martínez, M.L. (2017). Saponificación: Una propuesta didáctica para el aprendizaje significativo del concepto de cambio químico. [Tesis de maestría]. Universidad Nacional de Colombia. Repositorio Institucional Biblioteca digital. Recuperado el 23 de octubre de 2019, de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/61033>

- Meneses, J.A., Lacolla, L.,Valeiras, N. (2014) Reacciones químicas y representaciones sociales de los estudiantes. Enseñanza de las Ciencias, 32(3), pp. 89-109. Recuperado el 26 de octubre de 2021, de <http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1010>
- Merino, C y Izquierdo, M. (2011). Aportes a la modelización según el cambio químico. Educación química, 22(3), pp. 212-223. Recuperado el 07 de octubre de 2020, de <http://www.scielo.org.mx/pdf/eq/v22n3/v22n3a6.pdf>
- Perfeccionamiento del Profesorado DGOIC - CEUCD. (31 de marzo de 2016). Introducción al Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP). [Archivo de Video] Youtube <https://www.youtube.com/watch?v=mtBHSNzFGOM>
- Ramos, A. (2020). ¿Cómo se puede usar el celular como pretexto para enseñar la Tabla Periódica? Educación Química. 31(1), pp. 49-61. Recuperado el 26 de febrero de 2020, DOI: 10.22201/fq.18708404e.2020.1.70399
- Raviolo, A., Garritz, A. y Sosa, P. (2011). Sustancia y reacción química como conceptos centrales en química. Una discusión conceptual, histórica y didáctica. Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 8 (3), pp.240-254. Recuperado el 02 de diciembre de 2019, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92019747002>
- Reyes, F. y Padilla, K. (2012). La indagación y la enseñanza de las ciencias. Educación química, 23 (4), pp.415-421. Recuperado el 23 de septiembre de 2020, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2012000400002&lng=es&tlng=es
- Rotger, M. (2017). Capítulo 2 Las emociones ... están en nuestro cerebro. Capítulo 3 La amígdala cerebral en Neurociencias Neuroaprendizaje. Las emociones y el

aprendizaje Nivelar estados emocionales y crear un aula con cerebro (pp. 21-34).

Córdoba: Editorial Brujas.

Sevian, H. y Talanquer, V. (2014). Rethinking chemistry: a learning progression on chemical thinking. *Chemistry Education Research and Practice*, 1(15), pp.10-23. Recuperado el 03 de abril de 2019, DOI <https://doi.org/10.1039/C3RP00111C>

Solla-Gullón, F., Rodríguez-Soalleiro, R. y Merino, A. (2001). Evaluación del aporte de cenizas de madera como fertilizante de un suelo ácido mediante un ensayo en laboratorio. *Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg.*, 16 (3), pp.379-3893. Recuperado el 10 de abril de 2021, de https://www.researchgate.net/publication/28124448_Evaluacion_del_aporte_de_cenizas_de_madera_como_fertilizante_de_un_suelo_acido_mediante_un_ensayo_en_laboratorio

Stuckey, M., Hofstein, A., Mamlok-Naaman, R. y Eilks, I. (2013). The meaning of 'relevance' in science education and its implications for the science curriculum. *Studies in Science Education*, 49(1), pp. 1-34. Recuperado el 06 de septiembre de 2021, DOI: 10.1080/03057267.2013.802463

Talanquer, V. (2009). Química: ¿Quién eres, a dónde vas y cómo te alcanzamos?. *Educación química*, 20(1), pp.220-226. Recuperado el 18 de febrero de 2019, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2009000500003&lng=es&tlng=es.

Talanquer, V. (2016). Central ideas in Chemistry: An Alternative Perspective. *Journal of Chemical Education*, 93(1), pp. 3-8. Recuperado el 29 de enero de 2019, de <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00434>

ANEXOS

ANEXO A

Cuestionario inicial

Nombre: _____ Número de lista: _____

Fecha: _____ Grupo: _____ Hora de inicio: _____ Hora de término: _____

INSTRUCCIONES: Contesta cada una de las preguntas que se te piden a continuación de **manera individual** y honesta. Este cuestionario no tendrá una calificación, es parte de tu trabajo en clase.

1. Desde el punto de vista de las sustancias ¿cuál es la principal característica de una reacción química?

2. Plantea una ecuación química.

3. Empleando átomos y moléculas describe lo que ocurre en una reacción química.

4. ¿Qué sabes del valor de pH?

5. Se puede hacer jabón a partir de grasa de animal ¿por qué?

ANEXO B**Actividad demostrativa**

Universidad Nacional Autónoma de México
Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Sur

MADEMS Química

Nombre: _____ Grupo: __ Fecha: __ Número de lista: _____

ACTIVIDAD DEMOSTRATIVA

1. ¿Por qué no podemos lavarnos las manos sólo con aceite y agua?
2. Dibuja y describe ¿Qué pasa al colocarse aceite en las manos para intentar lavarse?
3. ¿Por qué se pone caliente al agregar hidróxido de sodio al agua?
4. Dibuja y describe ¿Qué está pasando entre las moléculas de agua y las de hidróxido de sodio?
5. ¿Qué le ocurre al jitomate al estar en contacto con la disolución de hidróxido de sodio?
6. ¿Qué va a pasar al juntar el aceite y la disolución de hidróxido de sodio?
7. Dibuja y describe a nivel de moléculas lo que ocurre al juntar el aceite y la disolución de hidróxido de sodio.

ANEXO C

Actividad experimental 1

ACTIVIDAD EXPERIMENTAL 1		
Título: La personalidad de cada sustancia.		
Objetivo: Determinar algunas características físicas de cada sustancia, para saber su comportamiento.		
Instrucciones		
1.- Determinar el valor de pH empleando una tira indicadora y comparando los colores con la caja de referencia. Anotar el valor que más se acerque.		
2.- Llenar el tubo de ensayo a la mitad con el líquido correspondiente. Colocar el tapón y agitar por 30 segundos. Observar la formación de espuma.		
Los resultados se colocan en la TABLA 1.		
1. El valor de pH: es una medida de la acidez o alcalinidad de una solución. El $pH= 7$ es neutro, el inferior a 7 es ácido y el superior es básico, es decir, entre más ácida sea una solución, contendrá mayor cantidad de iones hidrógeno.		
2. Espuma: es un conjunto de burbujas en contacto íntimo.		

TABLA 1		
SUSTANCIA	pH	Espuma
	Número	Sí / No
1.aceite		
2.agua		
3.hidróxido de sodio		
4.disolución de hidróxido de sodio		

ANEXO D**Actividad experimental 2**

Universidad Nacional Autónoma de México

MADEMS Química

Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Sur

Nombre de cada integrante del equipo _____

Grupo: _____ Fecha: _____

ACTIVIDAD EXPERIMENTAL 2 “Transformando el aceite”.

Objetivo:

Resultados

TABLA 1		
SUSTANCIA	pH	Espuma
	Número	Sí / No
1.aceite		
2.agua		
3.hidróxido de sodio		
4. disolución de hidróxido de sodio		
5. Combinación de disolución de hidróxido de sodio y aceite		
6.Jabón		
7.Disolución de jabón		

Análisis de resultados

¿Qué pasa al poner en contacto la disolución de hidróxido de sodio con el aceite?

¿Qué pasa después de poner a agitar la combinación de la disolución de hidróxido de sodio con el aceite?

¿Qué pasa al final con la combinación anterior?

ANEXO E

Tarea y video

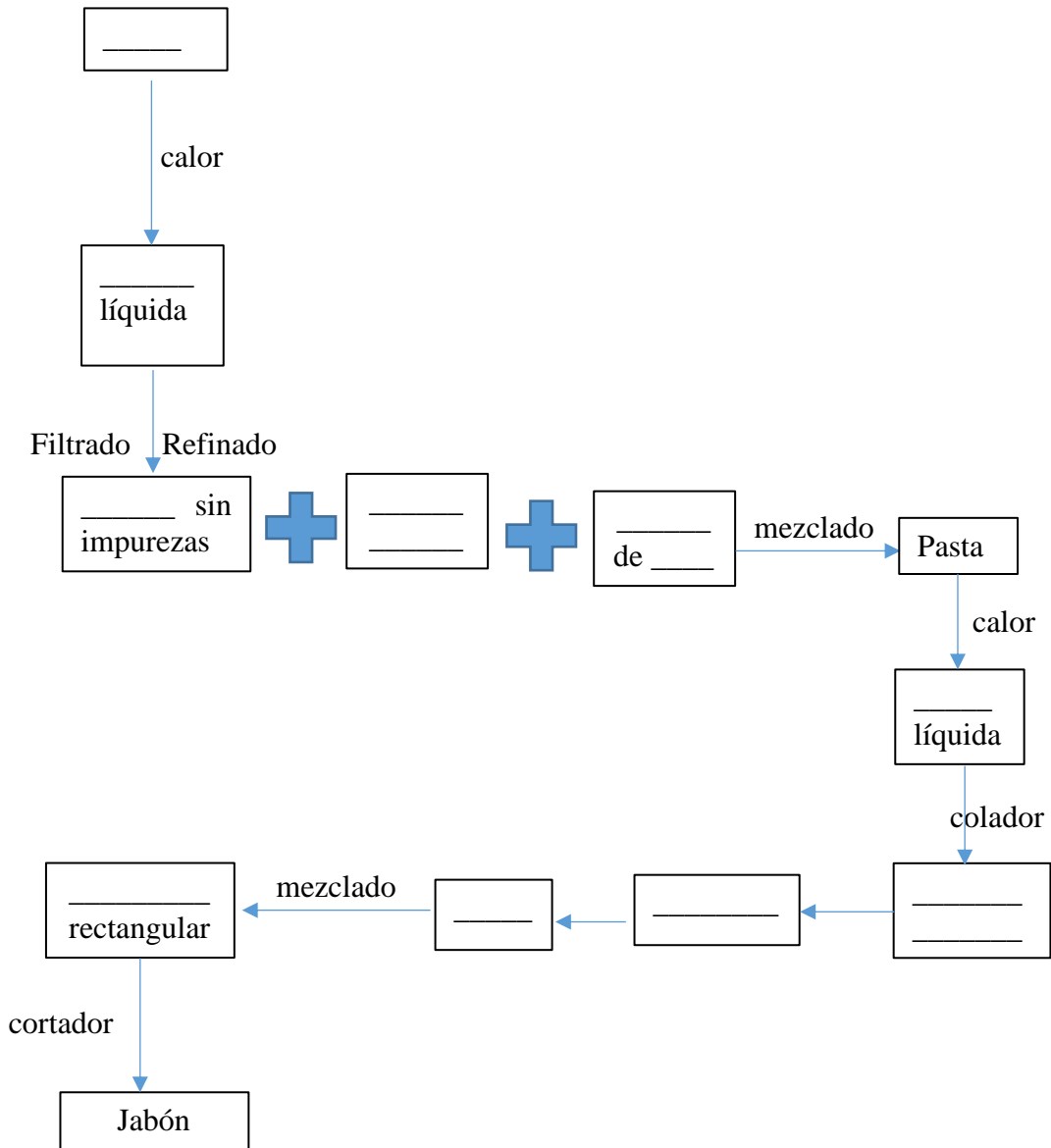
Nombre _____ No. De lista ____ Fecha _____ No. De equipo ____

TAREA VIDEO. <https://www.youtube.com/watch?v=WnlTNjOgQw0>

Después de ver el video contesta el siguiente cuestionario, al reverso de esta hoja:

1. Desde cuando se menciona que se ha fabricado jabón.
2. ¿Quiénes lo fabricaban?
3. ¿Cuál es el material principal que emplean para la fabricación de jabón?
4. ¿Cuáles son los otros materiales que se usan en la fabricación de jabón de tocador?
5. ¿En qué etapa del proceso se lleva a cabo la reacción química?

Para ayudarte a contestar esta pregunta se te solicita llenar el siguiente organizador gráfico del proceso de fabricación de jabón, que te ayudará a conocer cómo se lleva a cabo este proceso a nivel industrial.



ANEXO F

Cuestionario final

Nombre: _____ Número de lista: ____ Fecha: _____ Grupo: _____

Hora de inicio: _____ Hora de término: _____

INSTRUCCIONES: Contesta cada una de las preguntas que se te piden a continuación de **manera individual** y honesta. Este cuestionario no tendrá una calificación, es parte de tu trabajo en clase.

1.Desde el punto de vista de las sustancias ¿cuál es la principal característica de una reacción química?

2.Plantea una ecuación química de las que viste al inicio del curso.

3.Empleando átomos y moléculas describe lo que ocurre en una reacción química.

4. En la segunda guerra mundial 1939, se dio el rumor sobre los jabones que circulaban en ese tiempo eran fabricados con grasa de cadáveres humanos. La pregunta es la siguiente: ¿es posible fabricar jabón con grasa humana? En relación a la práctica que acabas de realizar, a tus conclusiones respecto a la reacción de saponificación argumenta tu respuesta.

5.En la antigüedad se usaba, para elaborar jabones, grasa animal, cenizas y agua. ¿Cuál es la función de la ceniza?

ANEXO G

Cuestionario final (Relacionar Teoría-Práctica)

Nombre completo: _____ # lista: _____

Responde la siguiente pregunta.

¿Qué entendiste por reacción química?

A. Explícalo con palabras.

B. Representalo.

C. Haz un dibujo (ponle etiquetas para entender lo que dibujaste).