



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
MAESTRÍA EN DOCENCIA PARA LA
EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR
FACULTAD DE QUÍMICA

PROPUESTA DIDÁCTICA PARA LA
ENSEÑANZA DE REACCIÓN QUÍMICA
EN EL BACHILLERATO

T E S I S
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA
SUPERIOR (QUÍMICA)

P R E S E N T A:
Q. THALÍA ITZEL FERRERA VELÁZQUEZ

TUTOR:
DR. PLINIO JESÚS SOSA FERNÁNDEZ - FACULTAD DE QUÍMICA

COMITÉ TUTOR:
DRA. ANA MARÍA SOSA REYES – FACULTAD DE QUÍMICA
DRA. LETICIA GALLEGOS CÁZARES - CCADET

MÉXICO, D. F. ENERO 2016



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

JURADO ASIGNADO:

Presidente: Dra. Yolanda Marina Vargas Rodríguez

Vocal: Dr. Plinio Jesús Sosa Fernández

Secretario: Dra. Leticia Gallegos Cázares

Vocal: Dr. Luis Miguel Trejo Candelas

Vocal: Dra. Ana María Sosa Reyes

LUGAR DONDE SE REALIZÓ LA TESIS:

Facultad de Química, UNAM, Ciudad Universitaria

TUTOR DE TESIS:

Dr. Plinio Jesús Sosa Fernández

AGRADECIMIENTOS

*“El conocimiento es una aventura para la cual la educación debe proveer los viáticos indispensables.”
-Edgar Morín*

A Dios

Por bendecirme y por la oportunidad de concluir otra etapa más de mi vida.

A mi mamá y a mi papá

Por su amor y apoyo incondicional, por enseñarme cada día a ser una mejor persona y por fomentar en mí el deseo de superación. Muchos de los logros se los debo a ustedes, incluido este.

A mi familia

Por su amor y por acompañarme durante todo este proceso.

A mis amigos y amigas

Por su amor, comprensión, apoyo y paciencia. Por estar siempre conmigo.

A mis compañeros(as) de la MADEMS

Por sus valiosas enseñanzas.

A los “mueganitos” y “mueganitas” de la MADEMS – Química

Por su amistad, cariño y apoyo. Especialmente por todos los momentos vividos.

Al personal del Laboratorio 301 de Bioquímica Clínica

Por su amor, apoyo y apapachos.

Al Dr. Plinio Sosa

Por su apoyo, paciencia, entusiasmo, orientación, consejos, confianza, disposición, ayuda, tiempo y empeño que me brindó para la realización de esta tesis. Así mismo le agradezco enormemente sus enseñanzas, las cuales me permitieron aprender mucho más que lo estudiado con este proyecto.

A mis sinodales

Por su tiempo, compromiso y guía. En especial, agradezco a la **Dra. Ana María Sosa** y la **Dra. Leticia Gallegos** por sus aportaciones durante las sesiones de Comité Tutor y al revisar este trabajo.

A la M. en D. Nadia Méndez

Por su cariño, amistad, apoyo y enseñanzas. Particularmente le agradezco por ser un gran ejemplo como docente y persona.

A mis profesores(as) de la MADEMS

Porque sus enseñanzas coadyuvaron a mi formación como profesionista y como persona.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Química

Por nuevamente recibirme con los brazos abiertos.

A la Maestría en Docencia para la Educación Media Superior (MADEMS)

Por contribuir en mi desarrollo académico, profesional y personal.

Al Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Sur

Por el apoyo brindado para la realización de mi Práctica Docente.

A la Dirección General de Asuntos del Personal Académico y a la Coordinación de Estudios de Posgrado

Por la beca recibida a través del Programa de Formación de Profesores para el Bachillerato Universitario (PFPBU).

Al Programa de Apoyo a los Estudios de Posgrado (PAEP) de la Coordinación de Estudios de Posgrado

Por el apoyo económico para mi participación en el 33° Congreso Nacional de Educación Química celebrado en septiembre de 2014 en Mérida, Yucatán, México.

A los alumnos y las alumnas del grupo 149-A y 249-A del CCH Sur

Por su participación, apoyo y entusiasmo para el desarrollo de este trabajo. Especialmente, les agradezco por su cariño y la convivencia, por permitirme aprender de ustedes y por ayudarme a descubrir mi vocación.

Finalmente agradezco a todas aquellas personas que me apoyaron y ayudaron de diversas maneras durante mis estudios de maestría.

¡MUCHAS GRACIAS!

*“Un profesor trabaja para la eternidad: nadie puede decir dónde acaba su influencia.”
-Henry Brooks Adams*

Índice

Resumen / Abstract

Prefacio

1. Introducción.....	9
1.1 Educación	9
1.2 Enseñanza de las ciencias	10
1.2.1 Alfabetización científica.....	11
1.2.2 Ciencia escolar.....	12
2. Objetivos.....	13
General.....	13
Específicos.....	13
3. Justificación	13
4. Marco Teórico	15
4.1 Marco Curricular	15
4.1.1 Educación Media Superior	15
4.2 Marco Pedagógico	21
4.2.1 Constructivismo.....	21
4.2.2 Visión del aprendizaje	26
4.2.3 La enseñanza contextualizada	26
4.2.4 Trabajos prácticos y actividades didácticas.....	32
4.3 Marco Disciplinar	35
4.3.1 Reacción química	35
5. Metodología.....	45
5.1 Descripción de la población	49
6. Propuesta Didáctica	51
6.1 Objetivos de la propuesta didáctica	51
6.2 Estructura general de la propuesta didáctica	51
A1: Botella azul.....	54
A2: ¿Por qué lloras?... ¡si fuiste tú quién me cortó!	55
A3: ¡Qué rico huele!	57
A4: Pobrecitos, los marines	62

7. Resultados y Análisis	65
7.1 Primera sección: pretest y postest.....	66
7.1.1 Resultados y análisis por pregunta del pretest y postest.....	67
7.1.2 Resultados y análisis integral del pretest y postest.....	87
7.2 Segunda sección: percepción de las actividades de la propuesta didáctica.....	91
A1: Botella azul.....	93
A2: ¿Por qué lloras?... ¡si fuiste tú quién me cortó!	94
A3: ¡Qué rico huele!	95
A4: Pobrecitos, los marines	96
7.3 Tercera sección: productos obtenidos.....	97
7.3.1 Productos del postest	97
8. Consideraciones Finales	107
A1: Botella azul.....	107
A2: ¿Por qué lloras?... ¡si fuiste tú quién me cortó!	107
A3: ¡Qué rico huele!	108
A4: Pobrecitos, los marines	108
9. Conclusiones.....	109
10. Referencias	111

Resumen

A pesar de que la ciencia es necesaria en casi todos los ámbitos de la vida y la educación en ciencias busca que los individuos adquieran y desarrollen habilidades para comprender el mundo en que viven y su responsabilidad ante él, la realidad es que muchos estudiantes conciben el aprendizaje de las ciencias, particularmente de la química, como una mera adquisición de información, la cual es difícil y abstracta y sin utilidad aparente.

Es por ello que se diseñó una propuesta didáctica empleando elementos de la enseñanza contextualizada para propiciar que los alumnos relacionen lo que aprenden en el aula con su entorno. Así mismo, se eligió el tópico de la reacción química debido a que es uno de los principales objetos de estudio de dicha disciplina.

Se aplicó la propuesta didáctica a un grupo experimental conformado por 26 estudiantes del turno vespertino del Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Sur; los resultados obtenidos mostraron que hubo una diferencia importante después de la intervención pedagógica.

Palabras clave: *Propuesta didáctica, reacción química, enseñanza contextualizada.*

Abstract

Although science is needed in almost all areas of life and education in science seeks that the individuals acquire and develop skills to understand the world where they live and their responsibility, the reality is that many students conceive that learning science, for example, chemistry, it's only the acquisition of information, which is difficult, abstract and it doesn't have an apparent utility.

We designed a didactic proposal using a context based approach to encourage students to relate what they learn in the classroom with their environment. Also, we decided to teach the chemical reaction because it's one of the main objects of study of this discipline.

The didactical proposal was applied to an experimental group comprised by 26 students, who studied during the afternoon shift at the College of Sciences and Humanities South Campus; the results showed that there was a significant difference after the educational intervention.

Key words: *Didactical proposal, chemical reaction, context based approach.*

Prefacio

El presente trabajo está conformado por 11 capítulos, estos se describen a continuación.

El capítulo 1 muestra algunos aspectos relacionados con la educación y, en especial, con la enseñanza de las ciencias.

Los capítulos 2 y 3 exhiben los objetivos y la justificación de esta tesis, respectivamente.

En el capítulo 4, se expone el marco teórico, el cual sustenta la investigación. Este se encuentra dividido en tres partes que son: el marco curricular, el marco pedagógico y el marco disciplinar.

En el capítulo 5 se aborda la metodología empleada, la cual es de tipo cualitativo y sigue una orientación de investigación–acción. Además, se describe la muestra poblacional a la que se tuvo acceso.

En el capítulo 6 se detalla la propuesta didáctica y la manera en que se aplicó durante la intervención pedagógica.

El capítulo 7 es aquel que presenta los resultados obtenidos y el análisis de los mismos; y, dado que se usaron distintos elementos para su construcción, estos se muestran en diferentes secciones.

En el capítulo 8 se manifiesta la reestructuración de la propuesta didáctica, ya que dicha surgió a raíz del primer ciclo de investigación–acción.

En el capítulo 9 se desarrollan las conclusiones del trabajo de investigación.

Finalmente, los capítulos 10 y 11 muestran las referencias y anexos.

1. Introducción

1.1 Educación

En tiempos actuales y ante una sociedad creciente y cada vez más exigente, es primordial una educación que permita el desarrollo integral de los seres humanos y contribuya a mejorar las condiciones sociales, económicas y culturales de cada país.

Arredondo et al. (1979) mencionan que la educación es concebida como “un fenómeno histórico-social que siempre ha existido y que puede entenderse como procesos de socialización y aculturación, en el sentido de la acción ejercida por las generaciones adultas sobre las nuevas generaciones, o bien, en el sentido de una acción recíproca entre ambas generaciones” (p. 5).

Si bien es cierto que no hay edades para la educación, pues esta es permanente y es una dimensión de la vida humana, se reconoce que la principal función social de los sistemas escolares es educar. De esta manera, la escuela constituye un espacio privilegiado para la adquisición de conocimientos, habilidades y valores tales como la tolerancia, la paz, el respeto mutuo y al medio ambiente, los derechos humanos, la solidaridad, etc. En particular, Hallak (1998) establece que es por medio de la educación, específicamente la educación escolar, que se reconstruyen los vínculos sociales y se aprenden el deseo y los beneficios de la convivencia, a trabajar en equipo, a escuchar a los demás y a entender nuestro entorno económico, social y político.

De acuerdo con Delors (1996), la educación debe estructurarse con base en cuatro pilares o aprendizajes fundamentales, los cuales son:

- a) Aprender a conocer, es decir, adquirir los instrumentos de la comprensión;
- b) Aprender a hacer, para poder influir sobre el propio entorno y ser capaz de hacerle frente a cualquier situación;
- c) Aprender a vivir juntos, para realizar proyectos comunes y
- d) Aprender a ser, para que surja la propia personalidad y se esté en condiciones de obrar con autonomía.

Los cuatro pilares previamente mencionados pretenden conferir, a todos los seres humanos, libertad de pensamiento, de juicio y de responsabilidad personal, con la finalidad de contribuir al desarrollo general de cada persona.

Por otra parte, la educación, como toda institución social, tiene el cometido de contribuir a un desarrollo más equitativo de la sociedad. En este sentido, L'Homme y Jerez (2010) señalan que la elevación de los niveles educativos es un factor importante para el progreso y bienestar de la población, ya que existe un círculo virtuoso entre educación, acceso a un empleo decente y reducción de la pobreza.

Finalmente, es importante resaltar que la educación debe ser concebida como un todo, ya que, como reconoce Delors (1996), no basta con que cada individuo acumule una gran

cantidad de conocimientos, sino que “debe estar en condiciones de aprovechar y utilizar durante toda la vida cada oportunidad que se le presente de actualizar, profundizar y enriquecer ese primer saber y de adaptarse a un mundo en permanente cambio” (p. 95).

1.2 Enseñanza de las ciencias

Dado que la ciencia y la tecnología desempeñan un papel fundamental en el desarrollo de la sociedad actual, es necesaria una formación integral que muestre la relación entre la importancia de las ciencias y el papel transformador del ser humano. Sin embargo, enseñar ciencia y tecnología a las nuevas generaciones no resulta una labor sencilla.

Campanario y Moya (1999) mencionan una serie de dificultades relacionadas con el proceso de aprendizaje de las ciencias, entre las que destacan las siguientes: la estructura lógica de los contenidos conceptuales, el nivel de exigencia formal de los mismos y la influencia de los conocimientos previos de los estudiantes. Además, dichos autores reconocen que, a lo largo de la historia, ha prevalecido la educación memorística, la cual obliga a los alumnos a recordar una gran cantidad de información que se olvida en poco tiempo o no se logra aplicar en la resolución de problemas.

Por otra parte, el currículo de las asignaturas de ciencias, en particular el de Química, no le proporciona a los estudiantes una idea adecuada de qué es lo que está pasando en los modernos laboratorios de investigación o en la industria (Galagovsky, 2007); no están integrados alrededor de problemas reales (Chamizo e Izquierdo, 2005) y pareciera que su única meta es que los alumnos aprendan los contenidos básicos que van a necesitar en cursos posteriores y adquieran una gran cantidad de teorías, conceptos y procesos propios de la ciencia, en vez de facilitar contenidos más útiles (Furió et al., 2001; Jiménez et al., 2002). En consecuencia, los alumnos no sienten atracción por el estudio de las disciplinas científicas, por el contrario, perciben a la ciencia como algo complicado, arbitrario y poco relacionado con la realidad.

No obstante, las nuevas tendencias en los currículos de ciencia buscan promover la adquisición de una cultura científica que ayude a la población a ser consciente de las relaciones entre ciencia y sociedad y considere a la ciencia como parte de la educación actual. Así pues, los currículos se han ido modificando, de tal manera que incluyan componentes que orienten la enseñanza de las ciencias hacia aspectos sociales y personales del propio alumno (Furió et al., 2001) y procuren mostrar conocimientos más vinculados con el entorno de los estudiantes; en vez de que predomine la lógica de cada disciplina, la precisión, la sistematización y la excesiva abstracción (Morillo, 2008).

En definitiva, es importante comprender que la enseñanza de la ciencia es fundamental para que los individuos estén en posibilidades de entender el mundo que les rodea y hacer predicciones del mismo.

1.2.1 Alfabetización científica

Se le llama alfabetización científica a “la capacidad de utilizar el conocimiento científico, identificar preguntas relevantes y extraer conclusiones basadas en evidencias, con el propósito de comprender y ayudar a tomar decisiones en relación a los fenómenos naturales y a los cambios introducidos a través de la actividad humana” (Jiménez et al., 2002, p. 261).

De acuerdo con Marco-Stiefel (2004) la alfabetización científica tiende a la formación de ciudadanos que son conscientes de que la posesión de conocimientos científicos implica adquirir una responsabilidad, generar una dinámica de aprendizaje permanente, tener criterio personal y argumentar con bases científicas.

Garriz et al. (2013) consideran que la alfabetización científica de la población requiere de tres ingredientes principales: aprendizaje de la ciencia (contenidos de conocimientos y procesos), aprendizaje acerca de la ciencia (contenidos sobre qué es la ciencia) y hacer ciencia (con indagación y resolución de problemas como armas principales).

Por otra parte, existen diversas modalidades de alfabetización científica, las cuales son:

1. Analfabetismo científico funcional. Nivel que se definiría por el predominio de pensamientos, destrezas y actitudes sobre la realidad material propios del conocimiento cotidiano. Hay escasa o nula capacidad para utilizar los conocimientos científicos escolares (Cañal, 2004).
2. Alfabetización científica académica. Este nivel se caracteriza por la posesión de conocimientos académicos relativos a cada asignatura de ciencias, pero escasamente estructurados ya que están desvinculados entre sí (Cañal, 2004).
3. Alfabetización científica práctica. Permitiría a los sujetos utilizar sus conocimientos en situaciones comunes de la vida diaria, con el fin de mejorar las condiciones de vida, el autoconocimiento, etc. (Gil y Vilches, 2001; Cañal, 2004).
4. Alfabetización científica cívica. Permitiría a los ciudadanos intervenir con criterio científico en decisiones políticas, debates sociales, etc. (Gil y Vilches, 2001; Cañal, 2004).
5. Alfabetización científica cultural. Haría posible que los individuos tuvieran las modalidades anteriores y se plantearan y cuestionaran cómo es que la ciencia y la tecnología tienen incidencia en la configuración y dinámica social. (Gil y Vilches, 2001; Cañal, 2004).

Por último, la alfabetización científica ha de fomentar en los alumnos hábitos de información y documentación, procurar enfoques inter o multidisciplinarios e interesarlos por temas científicos (Marco-Stiefel, 2004). Además, la alfabetización científica “debe concebirse como un continuo que puede desarrollarse a lo largo de la vida de cada individuo” (Gil y Vilches, 2001, p. 32).

1.2.2 Ciencia escolar

La ciencia escolar es una actividad que tiene metas, métodos y un campo de aplicación adecuado al entorno escolar, en la cual se realizan una serie de actividades con la finalidad de que los alumnos se aproximen a la actividad científica (Izquierdo et al., 1999). En sí, funge como un escenario creado por el docente para que el alumnado pueda desarrollar estrategias científicas adecuadas a la etapa que está viviendo y al nivel educativo que esté cursando (Chamizo e Izquierdo, 2005).

De acuerdo con Sanmartí (2002) y Chamizo (2010), la actividad científica escolar es el resultado de la interacción entre el profesor, los estudiantes y lo que se ha de enseñar. En este sentido, el mecanismo a través del cual un objeto de saber científico (conocimiento científico) pasa a ser un objeto de enseñanza (conocimiento posible de ser enseñado), se le llama transposición didáctica.

La transposición didáctica crea el ambiente adecuado para que las actividades llevadas a cabo por el alumno estén relacionadas significativamente y, a la vez, sea lo que requiere el currículo. De tal manera, que gracias a la transposición didáctica, los estudiantes realizan la ciencia que pueden hacer, es decir, la que les sirve para aprender (Izquierdo et al., 1999).

La ciencia escolar debe cumplir con ciertas características, estas son:

- ~ Generar preguntas que puedan ser vinculadas a las ideas de los alumnos y a su propia visión del mundo y que sea posible desarrollarlas (Chamizo e Izquierdo, 2005; Izquierdo, 2007).
- ~ Estructurar conocimiento, enseñar a pensar sobre el mundo mediante modelos y presentar entidades científicas (Izquierdo, 2007).
- ~ Realizar experimentos en los que los estudiantes puedan intervenir, cuyo producto sean informes escritos (Chamizo e Izquierdo, 2005), además de la creación de hechos científicos en el laboratorio escolar (Izquierdo, 2007).

Sin embargo, existen ciertas limitaciones que impone el contexto educativo; Izquierdo et al. (1999) enuncian las siguientes:

- ~ El método con el cual los alumnos alcanzarán su meta será el que funcione en el aula, y probablemente no será el método experimental propio de las ciencias.
- ~ Las teorías o representaciones del mundo que los estudiantes vayan construyendo en las clases de ciencias han de ser creíbles y útiles. Estas nuevas teorías podrán convivir con las “cotidianas” y ambas irán evolucionando.

Así pues, la actividad científica escolar debe ser vista como una reconstrucción de la ciencia de los científicos, y no como un mero reflejo de los saberes cotidianos de los estudiantes (Chamizo, 2010). Además, es importante considerar que la finalidad de esta es la construcción de conocimientos dinámicos, los cuales coincidan con los conocimientos normativos de las ciencias y sean capaces de transformar el mundo de los alumnos, dándoles la oportunidad de intervenir en su entorno (Izquierdo, 2007).

2. Objetivos

En el presente capítulo se exponen los objetivos del trabajo, el cual pretende constituir un apoyo al docente que enseñe este tema.

General

Diseñar una serie de actividades que permitan introducir el concepto de reacción química a los alumnos de bachillerato.

Específicos

1. Aplicar la propuesta didáctica en una población experimental para evaluar la efectividad de esta y, con base en los resultados obtenidos, replantearla.
2. Emplear algunos aspectos de la enseñanza contextualizada en la elaboración de las actividades que forman parte de la propuesta didáctica.
3. Auxiliar a los alumnos a vincular las representaciones macroscópica, nanoscópica y simbólica que se utilizan en la explicación de la reacción química.

3. Justificación

A la mayoría de los alumnos les resulta complicada la asignatura de Química porque consideran que los objetos de estudio de esta disciplina son complejos. Uno de los temas más importantes y, por consiguiente, más difíciles de comprender para los pupilos es la reacción química.

El concepto de reacción química es fundamental porque es uno de los principales objetos de estudio de la química (Hinton y Nakhleh, 1999), además, la relevancia curricular de dicho concepto lo podemos ejemplificar con lo expresado por Raviolo et al. (2011), quienes hacen referencia a que en la definición de química destacan dos conceptos centrales, sustancia y reacción química: “la química estudia las sustancias, su estructura, sus propiedades y reacciones y las leyes que rigen estas reacciones” (p. 241).

De acuerdo con Holman (2001), la idea primordial que los estudiantes deben aprender referente a la reacción química es que, cuando esta ocurre, los átomos se unen de diferentes maneras y se forman nuevas sustancias con propiedades distintas. Esto implica que los alumnos puedan interpretar a la reacción química en dos escalas diferentes: la macroscópica y la nanoscópica¹, y sean capaces de relacionar dichas escalas mediante el uso de representaciones², en particular, con la ecuación química (Solsona et al., 2003).

¹ La escala nanoscópica se refiere a longitudes de alrededor de una mil millonésima de metro (1×10^{-9} m) cercanas a las distancias más cortas que puede haber entre las partículas químicas (átomos, iones y moléculas).

² Según Taber (2009), las representaciones usadas en la enseñanza de la química son una combinación de símbolos y modelos, los cuales pueden ser del tipo gráfico y/o alfanumérico. En el caso particular de la reacción química, el autor establece que la ecuación química es la representación de la misma.

Por otra parte, para el presente trabajo se empleó la enseñanza contextualizada como estrategia didáctica, ya que de acuerdo con Fernández y Jiménez (2014) “esta facilita las conexiones teoría - realidad y ayuda a reducir los *excesos teóricos* de la enseñanza habitual” (p. 7), también, posibilita que los estudiantes aprendan de forma más significativa las ideas científicas, siendo más competentes en su uso (Marchán y Sanmartí, 2015).

En este sentido, el uso de contextos permite a los pupilos ver y apreciar más claramente los vínculos entre la química y su vida cotidiana, promueve actitudes positivas hacia las ciencias y tanto el interés como el disfrute de las clases de ciencias aumentan con la enseñanza contextualizada (Bulte et al., 2006; King, 2009; Marchán y Sanmartí, 2015). Además, es importante mencionar que dicha estrategia didáctica no pretende ser un mero transmisor de información, sino que intenta enseñar a los alumnos a utilizar los conocimientos científicos (Nieto et al., 2009).

Cabe destacar que la temática elegida para implementar la enseñanza contextualizada fueron los alimentos.

La temática de los alimentos es atractiva para los alumnos y están familiarizados con ella. Así mismo, el uso de contextos conocidos permite desarrollar los principios de la química (Holman, 2001). Del Cid y Criado (2001) reconocen que abordar esta temática con los estudiantes conlleva varios aspectos positivos como:

- ~ Aplicar las ciencias a un quehacer cotidiano e importante, útil en la vida diaria.
- ~ Su estudio se puede realizar en diferentes niveles educativos.
- ~ Es un tópico que se presta a la integración de materias.
- ~ La experimentación relacionada con el tema no implica material sofisticado.
- ~ Favorece, quizás más que otros, la realización de investigaciones por parte del alumnado.

Aunado a esto, Córdova (2007) comenta que los alimentos y la cocina son un tópico que ilustra varios fenómenos químicos, entre ellos, la reacción química.

Finalmente, es importante mencionar que se tuvo contemplado aplicar la propuesta didáctica en la unidad de Alimentos³ (que aparece al final de los últimos cursos de Química tanto del Colegio de Ciencias y Humanidades, CCH, como de la Escuela Nacional Preparatoria, ENP) porque, en un inicio, la propuesta consistió en seleccionar conceptos relacionados con las reacciones químicas, enseñados previamente en unidades anteriores, para aplicarlos en el tema de alimentos; de tal manera que los estudiantes pudieran revisar

³ Para más información respecto a los programas de estudio de la ENP y el CCH revisar las siguientes referencias:

Dirección General de la Escuela Nacional Preparatoria (s.f.). *Programa de estudios de la asignatura de Química III*. Consultado el 23 de julio de 2013. Disponible en: <http://dgenp.unam.mx/planesdeestudio/quinto/1501.pdf>

Colegio de Ciencias y Humanidades (2014). *Programas de estudio de Química I a IV*. Consultado el 23 de julio de 2013. Disponible en: http://www.cch.unam.mx/sites/default/files/plan_estudio/mapa_quimica.pdf

dichos conceptos, volvieran a reflexionar sobre ellos y lograran entenderlos en un contexto diferente. Sin embargo, por cuestiones de calendarización del temario, no fue posible aplicarla en dicha unidad; aunque, la propuesta didáctica contiene elementos relacionados con los alimentos.

4. Marco Teórico

4.1 Marco Curricular

4.1.1 Educación Media Superior

En México, el desarrollo de la Educación Media Superior (EMS) –y el del bachillerato– ha estado vinculado a los acontecimientos políticos y sociales de cada época. Este nivel educativo es posterior a la educación secundaria y se cursa en dos o tres años, generalmente.

La EMS se encuentra plasmada en el artículo 37 de la Ley General de Educación (2006), el cual señala lo siguiente: “El tipo medio–superior comprende el nivel de bachillerato, los demás niveles equivalentes a éste, así como la educación profesional que no requiere bachillerato o sus equivalentes”. Posteriormente, este artículo es reformado y se añade que “se organizará, bajo el principio de respeto a la diversidad, a través de un sistema que establezca un marco curricular común a nivel nacional y la revalidación y reconocimiento de estudios entre las opciones que ofrece este tipo educativo” (Secretaría de Educación Pública, 2013).

Actualmente, se reconoce el carácter obligatorio de la EMS; que el Estado tiene la responsabilidad de prestar los servicios educativos para que toda la población pueda cursar la educación preescolar, la primaria, la secundaria y la media superior y que los padres tienen el deber de hacer que sus hijos(as) acudan a escuelas públicas o privadas para obtener la instrucción correspondiente a cada nivel (Secretaría de Gobernación, 2012; Secretaría de Educación Pública, 2013).

El objetivo de la EMS ha sido complejo, pues ha enfrentado la disyuntiva de preparar para la educación superior o para el área laboral. En este sentido, adquiere relevancia la idea de que este nivel constituye en sí mismo un ciclo formativo, cuyo principal propósito es preparar a los jóvenes para ejercer la ciudadanía y aprender a vivir en sociedad (Santos y Delgado, 2011). Así mismo, se destaca la importancia de la EMS como un espacio para la formación de personas cuyos conocimientos y habilidades les permitan desarrollarse en sus estudios superiores, en el trabajo y, de manera más general, en la vida (Subsecretaría de Educación Media Superior, 2008).

Por otra parte, la oferta educativa de este nivel se organiza en tres principales modelos. Estos se muestran en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Oferta educativa de la EMS (Organización de Estados Iberoamericanos, s.f.; Santos y Delgado, 2011; Subsecretaría de Educación Media Superior, 2013a, 2013b).

MODELO	ANTECEDENTES	CARACTERÍSTICAS	INSTITUCIONES
<p>Núcleo propedéutico o bachillerato general</p>	<p>El bachillerato general surgió en 1867 con la promulgación de la Ley Orgánica de Instrucción Pública del Distrito Federal, la cual establecía que la Escuela Nacional Preparatoria impartiría los cursos necesarios para ingresar a la Escuela de Altos Estudios y, de esta manera, dotaría a los alumnos de una preparación propedéutica para continuar con la educación superior.</p> <p>Tiempo después, en 1973, se emitió el decreto de creación del Colegio de Bachilleres, cuyas principales funciones se centraron en ofrecer una formación general a los egresados de secundaria, además de prepararlos para continuar con estudios superiores y capacitarlos para que pudieran incorporarse en las actividades socialmente productivas.</p>	<p>-Ampliar y consolidar los conocimientos adquiridos en secundaria.</p> <p>-Preparar al alumno en todas las áreas del conocimiento para que elija y curse estudios superiores.</p> <p>-Planes de estudio mantienen un equilibrio entre los aprendizajes de ciencias y los de humanidades.</p> <p>-Algunas instituciones de bachillerato general incluyen una formación para el trabajo.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Colegios de Bachilleres. 2. Bachilleratos dependientes de universidades autónomas. 3. Bachilleratos privados. 4. Bachilleratos de arte. 5. Bachilleratos militares. 6. Bachilleratos federalizados (Preparatorias Federales). 7. Bachilleratos de gobiernos estatales (incluyen los Bachilleratos Integrales Comunitarios). 8. Preparatorias Federales por Cooperación. 9. Telebachilleratos. 10. Bachillerato intercultural. 11. Centros de Estudios de Bachillerato.
<p>Núcleo bivalente o bachillerato tecnológico</p>	<p>En 1931 se creó la Preparatoria Técnica, siendo ésta el referente histórico más cercano al bachillerato tecnológico. Posteriormente, en 1969 se crearon los Centros de Bachillerato Tecnológico, Agropecuario, Industrial y del Mar.</p>	<p>-Capacitar al alumno para que participe en el desarrollo económico mediante actividades industriales, agropecuarias, pesqueras y forestales.</p> <p>-Permite cursar estudios superiores.</p> <p>-Planes de estudio tienen una proporción mayoritaria de materias tecnológicas, seguidas de materias científicas y humanísticas.</p> <p>-Otorgan a los alumnos un documento que sirve para acreditar sus estudios de bachillerato y ejercer alguna profesión técnica media.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dirección General de Educación Tecnológica Industrial (DGETI). <ul style="list-style-type: none"> • Centro de Estudios Tecnológicos Industriales y de Servicios (CETIS). • Centro de Bachillerato Tecnológico Industrial y de Servicios (CBTIS). • Colegios de Estudios Científicos y Tecnológicos de los Estados (CECyTEs). 2. Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria (DGETA). <ul style="list-style-type: none"> • Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario (CBTA). • Centro de Bachillerato Tecnológico Forestal (CBTF).

			<p>3. Dirección General de Educación en Ciencia y Tecnología del Mar (DGEcYTm)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Centro de Estudios Tecnológicos del Mar (CETMar). • Centro de Estudios Tecnológicos de Aguas Continentales (CETAC). <p>4. Bachilleratos relacionados con el Instituto Politécnico Nacional (IPN)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Centros de Estudios Científicos y Tecnológicos (CECYT). • Centros de Estudios Tecnológicos (CET).
Núcleo terminal o bachillerato profesional técnico	<p>A finales de la década de los 70's apareció la educación profesional técnica impulsada por el Colegio Nacional de Educación Profesional (CONALEP). Este modelo establece vínculos con el sector productivo, de tal manera que posibilita a los alumnos para que participen en el mercado laboral. En 1997, el CONALEP adoptó un carácter educativo bivalente, es decir, incorporó a su plan de estudios la formación del bachillerato.</p>	<p>-Preparación en una especialidad técnica para la realización de tareas específicas en el ámbito de la producción o los servicios.</p> <p>-La mayoría de las escuelas de este tipo exigen a sus alumnos la prestación de un servicio social cuya duración es de seis meses, aproximadamente.</p> <p>-Al término de sus estudios, los alumnos deben presentar tesis o trabajo equivalente y aprobar un examen, lo que les da derecho a obtener un título de nivel medio profesional.</p>	<p>1. Colegio Nacional de Educación Profesional (CONALEP).</p> <p>2. Centro de Enseñanza Técnico Industrial (CETI).</p> <p>3. Dirección General de Centros de Formación para el Trabajo (DGCFT).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Centros de Capacitación para el Trabajo Industrial (CECATI). • Institutos de Capacitación para el Trabajo (ICAT).

Respecto a las modalidades, la Ley General de Educación (LGE) reconoce tres:

- a) Escolarizada, en la que los estudiantes acuden regularmente a la escuela
- b) No escolarizada, dividida en abierta y a distancia y
- c) Mixta, que integra elementos de las dos anteriores (Subsecretaría de Educación Media Superior, 2008).

Estas modalidades generales, a su vez, se subdividen con la finalidad de atender a estudiantes de varias edades, con diferente disponibilidad de tiempo para el estudio y en condiciones urbanas y rurales diversas. La **Tabla 2** exhibe las distintas modalidades.

Tabla 2. Modalidades de la EMS (Secretaría de Educación Pública, 2008; Subsecretaría de Educación Media Superior, 2008).

MODALIDAD	TIPO	CARACTERÍSTICAS
Escolarizada	Áulica-presencial	<ul style="list-style-type: none"> ~ Estudiantes acuden a la escuela siguiendo una trayectoria curricular preestablecida y facilitada por un docente. ~ El espacio y el tiempo son fijos. ~ Certificado y/o título se otorga solamente a quienes cumplen ciertos requisitos, además de la aprobación de una serie de materias.
	Compactada	<ul style="list-style-type: none"> ~ Idéntica a la áulica-presencial, excepto en que se oferta en menos tiempo. En esta categoría están las opciones de bachillerato en dos años y otras similares.
No escolarizada	Auto-gestiva	<ul style="list-style-type: none"> ~ Alumno estudia de manera individual, construyendo su trayectoria educativa según sus intereses y posibilidades. ~ La mediación digital es prescindible, según sea el caso. ~ Tiempo y el espacio son libres. ~ Mediación docente es optativa o no necesariamente presencial.
Mixta	Virtual	<ul style="list-style-type: none"> ~ Mediación digital es imprescindible, ya que la relación entre estudiantes y docentes tiene lugar a través de las tecnologías de la información y la comunicación. ~ Se oferta a grupos, siguiendo una trayectoria curricular preestablecida facilitada por un docente. ~ Tiempo flexible y espacio diverso.
	Híbrida	<ul style="list-style-type: none"> ~ Alumno puede cursar sus estudios de manera individual o en grupo. ~ Trayectoria curricular preestablecida o libre. ~ Mediación docente optativa, presencial o no presencial, y contar con mediación digital o prescindir de ella. ~ Tiempo es diverso o libre, y el espacio es variable.

Cabe mencionar que existe una modalidad conocida como Certificación Directa, la cual se obtiene mediante los procesos que establece el Acuerdo 286 de la SEP. Dicha modalidad permite que el interesado que cumpla ciertos requisitos, presente un examen y, si lo aprueba, se le otorgará un título de bachillerato. Sin embargo, esta opción no se inscribe dentro de la oferta educativa, según se define en la LGE (Subsecretaría de Educación Media Superior, 2008).

La edad promedio de la población que cursa la EMS en México se encuentra entre los 15 y los 18 años. De acuerdo con Weiss et al. (2009) el bachillerato suele ser concebido como un espacio para la vida juvenil, donde el contacto afectivo, sexual, la comunicación y la convivencia con otras personas abre muchas posibilidades de procesos reflexivos, de autorregulación, de conciencia y de expresión de uno mismo.

Cursar la EMS conlleva una serie de beneficios económicos y sociales, entre los que destaca una mayor productividad económica, elección de estilos de vida saludables, etc. No obstante, este nivel educativo se encuentra en una situación difícil, pues continuamente se enfrenta al reto de atraer y retener a los estudiantes dentro de las aulas; además, no ha sido capaz de garantizarles aprendizajes efectivos. Al respecto, Dubet (2011) menciona que es frecuente que los alumnos no le encuentren utilidad a los estudios y consideren que cursan estudios poco valorados... “con el bachillerato no tienes nada, pero sin el bachillerato estás peor” (p. 69). Ante esta situación, la deserción escolar es un problema serio, ya que cuando los jóvenes abandonan sus estudios encuentran pocas oportunidades de desarrollo futuro.

Por último, aunque se han tenido avances importantes en términos de cobertura y de reducción de desigualdades, es imprescindible que la EMS prepare a los jóvenes para ejercer la ciudadanía y les brinde la oportunidad de adquirir destrezas, aptitudes y conocimientos para que puedan adaptarse a los cambios, superar las dificultades, lidiar con la incertidumbre, tener estilos de vida flexibles y aprovechar las oportunidades sin comprometer sus valores (Santos y Delgado, 2011).

4.1.1.1 Colegio de Ciencias y Humanidades

La Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) cuenta con dos sistemas de bachillerato general, estos son: el Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) y la Escuela Nacional Preparatoria (ENP). Ambos tienen una duración de tres años; el primero se divide por semestres, mientras que los ciclos escolares del segundo son anuales.

El CCH está integrado por una Dirección General y cinco planteles donde se imparten clases en los turnos matutino y vespertino. Dichos planteles son: Azcapotzalco, Naucalpan, Oriente, Sur y Vallejo.

Historia (Colegio de Ciencias y Humanidades, 2014a)

El proyecto del CCH fue aprobado por el Consejo Universitario de la UNAM el 26 de enero de 1971 durante el rectorado de Pablo González Casanova. En sus inicios fue creado para atender la demanda de ingreso al nivel medio superior en la zona metropolitana y para resolver la desvinculación existente entre las diversas escuelas, facultades, institutos y centros de investigación de la UNAM.

El 12 de abril de 1971 los planteles Azcapotzalco, Naucalpan y Vallejo recibieron a las primeras generaciones, al año siguiente lo hicieron los planteles Oriente y Sur. Posteriormente, en 1992 se creó su Consejo Técnico; en 1996 se actualizó su Plan de Estudios, en 1997 obtuvo el rango de Escuela Nacional y en 1998 ocurrió la instalación de la Dirección General.

Misión y Filosofía (Colegio de Ciencias y Humanidades, 2014b)

Desde su origen, el CCH adoptó los principios de una educación moderna donde consideró al estudiante como un individuo capaz de captar por sí mismo el conocimiento y sus aplicaciones. Es por ello, que el Colegio pretende que sus egresados sean los actores de su propia formación, de la cultura y de su medio; también espera que sean capaces de obtener,

jerarquizar y validar información utilizando instrumentos clásicos y tecnológicos para resolver los diversos problemas a los que puedan enfrentarse.

Por otra parte, busca que sus estudiantes se desarrollen como personas con ética y valores; con sensibilidad e intereses en las manifestaciones artísticas, humanísticas y científicas; sean capaces de tomar decisiones, de ejercer liderazgo, de incorporarse al trabajo de manera óptima y sean ciudadanos habituados al respeto, diálogo y solidaridad.

Una de las características distintivas del CCH es su modelo educativo, el cual es de cultura básica, propedéutico y está orientado a la formación intelectual, ética y social de los alumnos. El concepto de aprendizaje cobra mayor importancia que el de enseñanza en el proceso de la educación, por consiguiente, promueve el aprendizaje dinámico. En este sentido, el trabajo del docente se centra en proporcionar al alumno los instrumentos metodológicos necesarios para poseer los principios de una cultura científica-humanística.

Es importante mencionar que el papel del profesor no consiste en ser el transmisor de conocimientos, sino un compañero responsable del estudiante al que propone experiencias de aprendizaje para que este adquiera nuevos conocimientos y tome conciencia sobre cómo aprender.

Las orientaciones del quehacer educativo del CCH se sintetizan en tres principios pedagógicos, los cuales son:

- ~ Aprender a aprender. El alumno será capaz de adquirir nuevos conocimientos por propia cuenta.
- ~ Aprender a hacer. El alumno desarrollará habilidades que le permitirán poner en práctica lo aprendido en el aula y en el laboratorio.
- ~ Aprender a ser. El alumno desarrollará conocimientos científicos e intelectuales y valores humanos, cívicos y éticos.

Población estudiantil

La población de nuevo ingreso asignada al CCH ha tenido un incremento en los últimos años. Según Muñoz (2013), desde la generación 2011, se observa una tendencia a destinar al Colegio 55% de la matrícula que ingresa al bachillerato universitario, a diferencia de la Escuela Nacional Preparatoria, que recibe a 45% de los alumnos. Además, las edades de los alumnos de las últimas generaciones se han ubicado en su mayoría en el rango de los 15 años cumplidos en el momento de la inscripción, lo cual indica que han tenido una trayectoria académica regular y continua.

Los planteles Naucalpan, Vallejo, Oriente y Azcapotzalco reciben al 53% de alumnos provenientes del Estado de México, ya que estos resultan ser la opción de bachillerato de la UNAM más cercana a esta entidad federativa; a diferencia del Plantel Sur cuya población pertenece al Distrito Federal principalmente.

Respecto a la población estudiantil de primer ingreso, Guzmán y Serrano (2007) destacan que esta se encuentra conformada por alumnos cuyos padres son en su mayoría empleados,

prestan servicios diversos o son comerciantes, así pues son minoría los hijos de empresarios, funcionarios, directivos o gerentes.

Por otra parte, es importante mencionar que las problemáticas que se suscitan en el espacio académico del CCH se encuentran ligadas a los ambientes socioculturales y familiares de los que provienen los jóvenes y de las condiciones en que desarrollan sus estudios (Fragoso, 2013). Por lo tanto, de no ser atendidas oportunamente estas situaciones pueden acarrear consecuencias negativas tanto para la vida académica como para la vida personal de los adolescentes.

Es por ello que el Colegio ha puesto en marcha diversas acciones, sobre todo para disminuir el rezago, el abandono del aula y la deserción escolar. En este sentido, como lo indica Muñoz (2013), el Programa de Seguimiento Integral (PSI) ha permitido orientar las acciones de gestión directiva y los programas preventivos y remediales, al detectar los factores que inciden negativamente en el desarrollo escolar de los alumnos, así como los puntos de su recorrido escolar en los que son más vulnerables. Así mismo, gracias al Sistema Integral de Tutoría (SIT) se han identificado los puntos en los que es posible intervenir de manera institucional para incidir positivamente en el aprovechamiento de los estudiantes.

4.2 Marco Pedagógico

Desde el punto de vista teórico, la enseñanza contextualizada se fundamenta en la visión del constructivismo, el constructivismo sociocultural y el aprendizaje situado (Gilbert, 2006; Lubben y Bennett, 2008; Caamaño, 2011a, 2011b). Por consiguiente, dichos paradigmas serán abordados en el presente trabajo.

4.2.1 Constructivismo

El constructivismo tiene sus orígenes en la epistemología de la ciencia y en la psicología, y es un referente en cuanto a cómo se origina y se modifica el conocimiento. Según Sanmartí, (2002), la visión constructivista de la didáctica de las ciencias ha estado influenciada, principalmente, por las ideas de Jean Piaget, David Ausubel y Lev Vigotsky.

La parte central del constructivismo radica en el hecho de que quien aprende reconstruye, a nivel personal, los productos y procesos culturales con el fin de apropiarse de ellos (Driver et al., 1994). Así mismo, se basa en la premisa de que los niños, adolescentes y adultos construyen o le dan un significado a lo que sucede en su entorno tomando en cuenta su conocimiento existente, lo cual implica que reflexionan sobre sus experiencias previas (Llewellyn, 2013). En este sentido, el aprendizaje es el resultado de la interacción entre lo que se enseña al estudiante y su conocimiento (ideas o conceptos) preexistente.

Para el constructivismo, el aprendizaje es un proceso interactivo ya que los alumnos, de manera continua, filtran información, la interpretan en la mente, construyen modelos explicativos y usan estrategias para resolver problemas. Así mismo, el constructivismo se centra en los procesos cognitivos y no supone que los estudiantes absorben información del

profesor, es decir, no concibe la mente de los alumnos como un "recipiente vacío" en el cual hay que verter información (Monroy, 2006; Llewellyn, 2013).

Algunos elementos del paradigma constructivista son los siguientes:

- ~ Las prácticas de enseñar y aprender consideran el nivel de desarrollo del alumno. Por lo tanto, la diversidad contempla a cada individuo en sus ritmos de aprendizaje (Monroy, 2006).
- ~ El conocimiento no se transmite de una persona a otra (Driver et al., 1994; Llewellyn, 2013).
- ~ El aprendiz construye el conocimiento, lo cual implica la construcción de formas propias de ver y de explicar el mundo (Sanmartí, 2002; Monroy, 2006).
- ~ Los pupilos ya tienen construidas ciertas ideas sobre un determinado tema de estudio. En este punto, la persona construye un conocimiento para comprender su entorno, aunque, dicha construcción puede resultar en una concepción alternativa (Sanmartí, 2002; Reyes, 2006).
- ~ Para enseñar se debe partir de las concepciones alternativas de los alumnos, pues el aprendizaje en clase requiere actividades que ayuden a cuestionar dichas concepciones y permitan que los estudiantes reorganicen sus teorías personales (Sanmartí, 2002; Reyes, 2006). Al respecto, Bransford et al. (2000) mencionan que, inclusive, escuchar una conferencia involucra intentos activos para la construcción de nuevos conocimientos; siempre y cuando esta construcción se haga a partir del conocimiento preexistente.
- ~ Los "errores" de los alumnos deben considerarse como etapas normales del desarrollo de sus ideas. Así pues, el aprendizaje se entiende como un proceso de cambio de tales ideas (Sanmartí, 2002).
- ~ La comprensión del alumno constantemente experimenta procesos de construcción y reconstrucción (Llewellyn, 2013).

El constructivismo se convierte en una alternativa de enseñanza–aprendizaje que busca transformar el quehacer docente de una clase centrada en la enseñanza en una clase enfocada en el aprendizaje, en otras palabras, cambiar de un esquema de clase pasivo a un esquema activo. Aunado a esto, también considera los componentes socio-afectivos que participan en el proceso de aprendizaje (González, 2012).

4.2.1.1 Constructivismo sociocultural

El constructivismo sociocultural tiene su origen en los trabajos de Lev S. Vigotsky y considera que el factor social tiene un papel determinante en la construcción del conocimiento (Serrano y Pons, 2011). En particular, Sanmartí (2002) menciona que los trabajos de Vigotsky ofrecen un marco más explicativo del aprendizaje que tiene lugar en el aula.

Vigotsky exploró la influencia del lenguaje y los procesos sociales en el desarrollo cognitivo, así como los logros que un aprendiz puede alcanzar cuando resuelve un problema por sí solo y cuando lo hace con ayuda de un adulto.

Este hizo hincapié en la importancia de la interacción social entre un estudiante y sus compañeros, pues considera que los alumnos construyen el conocimiento a través del discurso con otros miembros de la comunidad (Llewellyn, 2013; Doubleday et al., 2015). En este sentido, las construcciones individuales se transforman como resultado de la interacción con el grupo, por consiguiente, el entorno social es un colaborador esencial para el proceso de aprendizaje (Doubleday et al., 2015).

Una de las teorías más conocidas de Vigotsky es la de la Zona de Desarrollo Próximo (ZDP). La ZDP es un término que establece la distancia entre un nivel inferior, determinado por la capacidad del aprendiz que trabaja independientemente y sin ayuda, y un nivel superior, determinado por las tareas que el aprendiz puede realizar con el apoyo de un docente o un compañero más avanzado (Díaz-Barriga y Hernández, 2010; González et al., 2011). Por consiguiente, la ayuda mutua entre compañeros en las diferentes actividades escolares y la colaboración del profesor experto es importante para el aprendizaje.

El concepto de ZDP concibe la enseñanza y el aprendizaje como una actividad conjunta, en la cual se genera un andamiaje (Villalón, 2008), es decir, una estructura provisional aportada por el docente o los pares más capacitados que sirve de apoyo al estudiante en la construcción de los nuevos aprendizajes (Delmastro, 2008).

El andamiaje tiene por objetivo que, mediante la interacción, el sujeto novato se apropie gradualmente del saber experto (Pinaya, 2005). Sobre este punto, Driver et al. (1994) establecen que la interacción puede darse entre el profesor y los pupilos o entre pequeños grupos de estudiantes.

Baquero (1997) menciona ciertas características que debe tener el andamiaje, estas son:

- a) Ajustable, de acuerdo con el nivel de competencia del sujeto menos experto y de los progresos que se produzcan y
- b) Temporal, ya que un andamiaje crónico no permite la autonomía del individuo inexperto.

Delmastro (2008) y Llewellyn (2013) comentan que en situaciones de andamiaje, los estudiantes, sobre la base de sus conocimientos previos y apoyados en la guía o ayuda aportada, son capaces de progresar paulatinamente, de tal manera que puedan ejecutar tareas que normalmente no podrían realizar por sí mismos, dado su estado de actual conocimiento.

Finalmente, es importante mencionar que el docente proporciona una orientación inicial, pero disminuye gradualmente la ayuda hasta que el alumno puede tomar mayor responsabilidad para completar la tarea. Así pues, el andamiaje representa un soporte que se orienta a promover el desarrollo dentro y más allá de la ZDP del alumno (Pinaya, 2005; González, 2012).

4.2.1.1.1 Aprendizaje situado

En gran medida, el aprendizaje situado se asienta sobre los principios de la corriente sociocultural vigotskiana (Díaz-Barriga, 2003; Castejón et al., 2009; Díaz-Barriga y Hernández, 2010). La premisa principal de este enfoque es que “el conocimiento es situado, es parte y producto de la actividad, el contexto y la cultura en que se desarrolla y utiliza” (Díaz-Barriga, 2003, p. 106).

El aprendizaje situado busca propiciar las oportunidades para que los alumnos realicen tareas y actividades auténticas, bajo la dirección de un profesor o un experto (Batista, 2007). Desde la perspectiva de dicho enfoque, se considera que el aprendizaje se produce por medio de la interacción con las personas y con los objetos y mediante el análisis de un contexto o problema concreto y complejo (Sanmartí et al., 2011). Es por ello que el aprendizaje situado destaca la importancia de la actividad y el contexto para el aprendizaje.

Así mismo, concibe que los estudiantes formen parte de una especie de comunidad de aprendices o cultura de practicantes, de tal manera que ubica a la educación (en específico el aprendizaje escolar) como parte integrante e indisoluble de las diversas prácticas de la vida cotidiana (Sagástegui, 2004; Soler, 2006).

De acuerdo con Batista (2007), el aprendizaje situado incluye cuatro conceptos clave, estos son: colaboración, facilitación, reflexión y contacto con problemas auténticos.

La interacción entre los miembros del grupo o comunidad de aprendizaje es importante porque gracias a esta el encuentro y el lugar de trabajo se enriquecen con las experiencias de cada participante, con los recursos compartidos y con prácticas sociales comunes (Soler, 2006). Así pues, el desarrollo de aprendizajes situados requiere que las actividades a llevar a cabo en el aula estén organizadas en función de la Zona de Desarrollo Próximo de los estudiantes, además, la experiencia debe estar andamiada para facilitar y apoyar a los alumnos con los problemas a resolver (Sagástegui, 2004). Al respecto, Díaz-Barriga y Hernández (2010) comentan que la provisión de un andamiaje de parte del profesor (experto) hacia el pupilo (novato) se traduce en una negociación mutua de significados y en la construcción conjunta de saberes.

También la reflexión es un elemento esencial, ya que gracias a esta y al diálogo con los otros se pueden producir aprendizajes significativos (Batista, 2007).

Por otra parte, es importante destacar que el aprendizaje situado necesita dilemas y problemas sobre cuya base puedan desplegarse otras acciones como la toma de decisiones sobre las posibles formas de resolución y la ejecución de las mismas. De ahí que el aprendizaje escolar situado requiere de actividades creativas de interpretación del mundo en las que los estudiantes operen en situaciones reales y auténticas, semejando las formas de aprendizaje que se producen en la vida cotidiana e incluyendo conocimiento socialmente producido, tales como lenguajes, teorías, esquemas, entre otros (Sagástegui, 2004).

En definitiva, el reto al que se enfrenta el docente al promover el aprendizaje situado en el aula es que logre aplicar estrategias que favorezcan el trabajo colaborativo y la interacción

social, la cual favorezca el intercambio de información entre compañeros de diferentes niveles de conocimiento (Rodarte, 2011).

4.2.1.2 El papel del aprendiz y del profesor

Desde una perspectiva constructivista, el alumno es quien construye activamente su conocimiento (Driver et al., 1994); en este sentido, es el responsable de su propio proceso de aprendizaje (Díaz-Barriga y Hernández, 2010) y nadie puede sustituirle en esa labor. El estudiante es concebido como un individuo activo, dotado de intencionalidad, que procesa con sus herramientas intelectuales y explora sus propias ideas y entendimientos para hacer elecciones entre ellos (Reyes, 2006). Así mismo, el constructivismo considera que los pupilos ingresan a las aulas con una serie de ideas previas que afectan, en gran medida, la forma en que interpretan los fenómenos que se estudian en clase (Llewellyn, 2013). Sobre este punto, David Ausubel postula que el aprendizaje implica una reestructuración de los conceptos, esquemas e ideas que el aprendiz posee en su estructura cognitiva (García, 2012).

La teoría de Ausubel del aprendizaje significativo establece que el aprendizaje es un proceso por medio del que se relaciona nueva información con algún aspecto ya existente en la estructura cognitiva de un individuo (Méndez, 2008). De acuerdo con Ortiz (2007), un aprendizaje es significativo cuando los contenidos son relacionados de modo no arbitrario y sustancial con lo que el alumno ya sabe.

Así pues, el aprendizaje significativo es aquel que conlleva a la creación de estructuras de conocimiento mediante la relación entre la nueva información y las ideas previas de los estudiantes.

Por otra parte, el profesor cede su protagonismo al aprendiz, quien asume el papel fundamental en su propio proceso de formación. La función del docente es orientar y guiar al educando y facilitar la construcción colaborativa de conocimientos y valores socialmente respaldados (González, 2012). También es quien debe establecer las conexiones necesarias entre los diversos saberes colectivos originados culturalmente (Díaz-Barriga y Hernández, 2010; Sanmartí, 2002).

El docente es quien debe proponer situaciones que les muestren a los estudiantes que su visión en ciertas situaciones los lleva a contradicciones (Reyes, 2006). De acuerdo con Llewellyn (2013), un maestro constructivista proporciona el nivel adecuado de apoyo y asistencia para que los pupilos adquieran los conocimientos y habilidades necesarios y alcancen mayores niveles de rendimiento académico; lo cual implica que, en diversas ocasiones, los trabajos y tareas asignados pretendan ir más allá de las capacidades actuales de los alumnos.

Cabe mencionar que es primordial que el profesor conozca bien cuál es el objetivo de su enseñanza; qué es lo que resultará fácil o difícil de aprender por sus alumnos; cuáles son las concepciones alternativas más comunes del tema en cuestión; y cómo organizar, presentar y evaluar los diversos contenidos (Nieto et al., 2009). Por tanto, deberá tomar en cuenta que

cada estudiante estructura el conocimiento e interpreta conceptos, hechos, habilidades, metodologías o estrategias de manera diferente (Monroy, 2006).

4.2.2 Visión del aprendizaje

El aprendizaje de la ciencia consiste en introducir a los estudiantes las herramientas culturales de la ciencia, como los conceptos, símbolos y convenciones propios de la comunidad científica; y que estos, a nivel individual, hagan significativo este conocimiento (Driver et al., 1994). En este sentido, González (2012) afirma que la construcción de aprendizajes se producirá como resultado del intercambio de significados entre los que intervienen en el proceso de aprendizaje, es decir, a través de las interacciones entre el docente y los alumnos.

En este sentido, el docente desempeña un papel primordial pues será quien medie el conocimiento científico de los alumnos, proporcione las experiencias físicas, fomente la reflexión y, especialmente, apoye y oriente a los pupilos para que le den un sentido personal a las nuevas ideas o herramientas culturales introducidas (Driver et al., 1994).

Por otra parte, en el aprendizaje también adquieren relevancia las emociones, la afectividad, las creencias, actitudes y motivaciones, ya que estas son importantes para la comprensión de los conceptos científicos (Garritz y Ortega, 2013; Rahayu, 2015).

La motivación es un prerequisite y correquisito para el aprendizaje; pues se necesita, inicialmente, para hacer que los estudiantes quieran participar en este proceso y que continúen en el mismo (Rahayu, 2015). En el caso del aprendizaje en ciencias, la verdadera motivación se da cuando los pupilos ya han empezado a apropiarse de este tipo de conocimiento y son capaces de dar explicaciones usando las ideas de la ciencia (Sanmartí, 2002).

Aunado a esto, los alumnos con más actitudes positivas hacia la ciencia muestran mayor atención a la instrucción en el aula y tienen mejor disposición a participar en las actividades de clase. También el interés juega un rol preponderante debido a que determina, en gran parte, lo que un individuo elige aprender (Rahayu, 2015). Al respecto, Garritz y Ortega (2013) distinguen tres tipos de interés: individual, situacional y temático. El primero de ellos hace referencia a la disposición que muestre el alumno por incrementar su conocimiento; el segundo puede ser generado por condiciones particulares u objetos concretos en el entorno (salón de clases, la dinámica de trabajo, etc.), y el tercero suele originarse por cierta idea expresada alrededor de un tema.

4.2.3 La enseñanza contextualizada

En el ámbito educativo, el contexto es visto como un instrumento y se define como un evento focal, es decir, un suceso que proporciona un significado (Gilbert, 2006; Pilot y Bulte, 2006). En particular, King (2007) lo define como un conjunto de experiencias de aprendizaje que estimula a los estudiantes para transferir su conocimiento de conceptos clave a situaciones de la vida cotidiana.

También, el contexto hace referencia a un problema complejo que sea relevante socialmente y que pertenezca al entorno del alumnado (Sanmartí et al., 2011); o bien, puede concebirse como una entidad cultural, que ofrece un escenario claro y que se relaciona con temas y actividades que las personas consideran importantes para la vida de las comunidades dentro de la sociedad (Gilbert, 2006; Lubben y Bennett, 2008).

Así pues, el contexto hace alusión a situaciones que ayudan a los estudiantes a dar sentido a conceptos, reglas, etc., y, en concreto, la contextualización de la ciencia coadyuva a que el alumnado tenga un mayor interés por la ciencia al hacerles ver las implicaciones que tiene esta en su dimensión de vida personal, profesional y social (Caamaño, 2011a, 2011b; Blanco et al., 2012).

Cabe destacar que la relación entre contextos y conceptos y el orden de presentación de los mismos durante el proceso de enseñanza conlleva a que los contextos tengan distintos enfoques y funciones, los cuales se aprecian en la **Tabla 3**. Además, puede suceder que un determinado contexto esté relacionado con varios conceptos o que un concepto se relacione con varios contextos. Aunque, en ocasiones, un solo contexto puede relacionarse con un solo concepto y viceversa (De Jong, 2006).

Tabla 3. Enfoques y funciones de los contextos (De Jong, 2006a, 2006b; Caamaño, 2011a, 2011b; Blanco et al., 2012).

NO.	ORDEN DE PRESENTACIÓN	FUNCIÓN	ENFOQUE
1	Concepto → Contexto	Ilustración y aplicación	Los contextos se usan para ilustrar los conceptos que se han enseñado, especialmente cuando estos son abstractos. También, los contextos se emplean para ofrecer a los estudiantes la posibilidad de aplicar sus conocimientos de un concepto en específico; en este sentido, los conceptos permiten interpretar y explicar el contexto.
2	Contexto → Concepto	Orientación y motivación	Este enfoque propone que los contextos se presenten como el punto de partida o justificación de los conceptos a enseñar. Así mismo, busca aumentar la motivación para el aprendizaje de nuevos conceptos.
3	Contexto → Concepto → Contexto	Ilustración, aplicación, orientación y motivación	Los contextos pueden preceder a los conceptos y éstos, a su vez, preceder a otros contextos. Así pues, este enfoque permitiría una combinación de funciones de los contextos, es decir, serviría para ilustración, motivación, orientación y aplicación.

Por otra parte, los contextos pueden ayudar a los pupilos a darle sentido a las actividades escolares y, específicamente, a los conceptos químicos que aprenden; siempre y cuando generen en el alumnado la necesidad de saber más. Para que esto suceda, Bulte et al. (2006) consideran que el contexto debe legitimar el aprendizaje de las teorías y conceptos de la química desde la perspectiva de los estudiantes, de tal manera que sea significativo para ellos.

De Jong (2006a, 2006b) propone una clasificación de los contextos de acuerdo a cuatro dominios de origen, los cuales son: a) dominio personal, b) dominio de la sociedad, c) dominio de las prácticas profesionales y d) dominio científico y tecnológico. Cabe destacar que un determinado contexto puede compartir elementos de uno o más dominios, dependiendo de la forma en que sea abordado en el aula.

Dominio personal

Los contextos tomados de este dominio contribuyen al establecimiento de conexiones entre la vida personal o cotidiana y los conocimientos científicos. También, el uso explícito de este tipo de situaciones en las que se identifican los conceptos científicos pertinentes motivan al alumnado para el estudio de dichos conceptos (Lubben y Bennett, 2008). Es por ello que, de manera habitual, la mayoría de los profesores incluyen en sus explicaciones ejemplos y alusiones a hechos del dominio personal.

Morales y Manrique (2012) establecen que lo cotidiano se refiere a aquellos objetos, fenómenos y situaciones con los que nos relacionamos frecuentemente en nuestras actividades humanas diarias, es decir, lo que nos rodea en un mismo tiempo y espacio. Sin embargo, aclaran que la cotidianidad depende de cada individuo, de su experiencia diaria, edad y entorno particular, de forma que lo que es cotidiano para una persona tal vez no lo sea para otra.

De acuerdo con Aragón (2004), el uso en clase de elementos cotidianos favorecerá que el alumno sea consciente de que existen diferentes formas de analizar la realidad, la cotidiana y la científica, y que estas no se contradicen, sino que pueden complementarse. Así mismo, esta autora comenta que es importante procurar que sean los propios jóvenes quienes encuentren relaciones entre los conceptos estudiados y los fenómenos observables, que apliquen las leyes y modelos a distintas situaciones y sean capaces de formular hipótesis que expliquen diferentes procesos.

Dominio de la sociedad

Los contextos pertenecientes a este dominio muestran el papel de la ciencia con relación a la sociedad, además, ayudan a que los alumnos visualicen su responsabilidad como ciudadanos. Al respecto, Vázquez (2004) comenta que este tipo de contextualización, a la cual llama contextualización socioambiental, es una forma de ver la utilidad de la ciencia en el propio entorno, en el modo de ver el mundo y de interactuar con él.

Según, España y Prieto (2009) son considerados problemas sociocientíficos “aquellos problemas sociales en los que la causa, la posible vía de solución, o ambas cuestiones, recaen en alguna aplicación del conocimiento tecnocientífico” (p. 347). En este sentido, dichos autores reconocen que se trata de problemas abiertos, complejos, controvertidos y, la mayoría de estos, sin respuestas definitivas.

Este tipo de problemas son útiles para atender tanto el desarrollo cognitivo como la educación en valores. Además, la concepción que tenga cada individuo sobre la naturaleza de la ciencia, determinará su respuesta ante los problemas sociocientíficos.

Dominio de las prácticas profesionales

El hecho de utilizar ejemplos relacionados con actividades del ámbito laboral, plantas piloto o diseños a pequeña escala, contribuye a la preparación de los alumnos para integrarse a la vida profesional. Lubben y Bennett (2008) opinan que los contextos pertenecientes a este dominio son importantes porque pueden orientar y ayudar a los estudiantes, sobre todo a nivel bachillerato, en la elección de carrera.

Dominio científico y tecnológico

Contextos dentro de este dominio son relevantes porque la escuela contribuye al desarrollo de la cultura científica y tecnológica de los alumnos. Así mismo, el entorno educativo ocupa un lugar destacado por ser uno de los principales promotores de la alfabetización científica (Lubben y Bennett, 2008).

Lope (2014) indica que los jóvenes no sólo deben aprender ciencias ni los docentes deben manejar los contenidos como productos acabados, sino que se debe enseñar cómo se construye el conocimiento científico. De manera semejante, Vázquez (2004), bajo la denominación de contextualización metodológica, expone que si se les muestra a los pupilos las formas en las que se genera el conocimiento se descartaría la visión dogmática de una ciencia acabada, de la cual el alumnado es un mero receptor y consumidor.

Así pues, es importante mencionar que se puede hacer uso de la historia de la ciencia y la tecnología para favorecer un mejor aprendizaje del tema en cuestión. Según Vázquez (2004), una contextualización histórica es útil para mostrar cómo y por qué surgen las ideas y teorías científicas.

Por otra parte, OCDE (2006), Fensham (2009) y Blanco et al. (2012) presentan una clasificación de contextos, la cual es utilizada para la evaluación de las capacidades científicas, el grado de asimilación de los conocimientos y las actitudes que han adquirido los alumnos al llegar al final de su etapa de educación obligatoria. Dicha clasificación agrupa a los contextos en cinco grandes ámbitos (salud, recursos naturales, medio ambiente, riesgos y fronteras de la ciencia y la tecnología) y tres niveles de relevancia (el personal, que concibe al ser humano como individuo; el social que lo considera como miembro de una comunidad local y, por último, el global, que lo visualiza como un ciudadano del mundo).

No obstante los argumentos que apoyan el uso de la enseñanza contextualizada, existen opiniones de que esta sólo se utiliza como entretenimiento para dinamizar los procesos del aula, un mero ejemplo o anécdota, un espectáculo o acto de magia (Jiménez et al., 2002).

En concreto, se contempla que la vida cotidiana tiene un carácter exclusivamente motivacional y se usa como punto de partida para reemplazarla por conocimientos más sofisticados (Cajas, 2001). Aunado a esto, se cree que carece de rigurosidad científica y es vista como algo obvio y sencillo, en comparación con los contenidos químicos rigurosos (Morales y Manrique, 2012).

Jiménez y De Manuel (2009) comentan que algunas actividades que pretenden hacer a las ciencias más atractivas para los estudiantes tienen el inconveniente de ser demostrativas, sin problemas a interpretar o con soluciones cerradas y, en algunos casos, están desconectadas del currículo. Por lo tanto, no propician la reflexión ni la toma de posturas ante diversas situaciones, fomentan el uso de metodologías de enseñanza transmisivas y no priorizan la autonomía del alumnado para la realización de las mismas; de igual manera, no promueven que los jóvenes reconstruyan nuevos significados ni que le den sentido a su aprendizaje.

También, se ha criticado que el uso de contextos no siempre es idóneo; según De Freitas y Alves (2010) la simple asociación de situaciones cotidianas a fenómenos químicos estudiados en la escuela no garantiza el entendimiento de los conceptos y modelos que sostienen las explicaciones científicas para tales fenómenos. En consecuencia, tanto Gilbert (2006) como Lubben y Bennett (2008) reconocen que no es fácil que los alumnos conciban de inmediato la conexión entre un determinado problema y lo que necesitan conocer para resolverlo.

Además, Jiménez et al. (2010) opinan que muchos fenómenos cotidianos llevan implícitos contenidos científicos muy complejos, de forma que el contexto elegido puede no constituir un recurso adecuado.

Otro problema de la enseñanza de las ciencias en contexto es el de la transferencia, ya que para que esta se produzca, cada estudiante tiene que haber adquirido un esquema o modelo teórico general a partir de experiencias que tengan sentido para él, además, debe ser capaz de relacionar dicho modelo con la representación que se hace de la nueva situación en la que ha de transferirlo (Sanmartí et al., 2011). En este sentido, Marchán y Sanmartí (2015) indican que dado que el número de horas de clase es limitado, el alumnado no llega a construir, en tan poco tiempo, unos modelos teóricos que le sean útiles para analizar, explicar, predecir y tomar decisiones en muchas otras situaciones. Así mismo, consideran que es difícil construir un modelo teórico a partir de un único contexto.

A su vez, al profesorado puede resultarle difícil vincular un contexto con el contenido a enseñar. Al respecto, Blanco et al. (2012) señala que la cuestión radica en el hecho que los docentes encuentran complicada la selección y secuenciación de los contenidos conceptuales; de ahí que Marchán y Sanmartí (2015) sugieran que el hilo conductor de la secuenciación sea el responder al problema derivado del contexto e ir introduciendo sólo los conceptos que sean estrictamente necesarios para darle respuesta, o bien, introducir varios contextos, que tengan alguna relación entre ellos, de tal manera que la prioridad sea la construcción del modelo teórico.

Lo cierto es que trabajar con contextos implica modificar la lógica de la presentación, y, en específico, la construcción de los contenidos científicos, ya que de esta forma se hace hincapié en que dichos contenidos se convierten en los instrumentos necesarios para interpretar los hechos del mundo (Lope, 2014).

En definitiva, a pesar de las desventajas que pueda presentar la enseñanza contextualizada, existen algunas condiciones para mejorar su implementación en el aula; una de las más importantes es la adecuada selección del contexto. Diversos autores como De Jong (2006a, 2006b), Lubben y Bennett (2008) y Sanmartí et al. (2011) mencionan que los estudiantes requieren contextos que sean relevantes para la adquisición y aplicación de competencias científicas, que no sean complicados o confusos ni motivo de distracción; además, tendrán que ser interesantes y no ser excluyentes, es decir, que proporcionen un acceso equitativo a la educación científica, independientemente del género o de un grupo social determinado.

Fensham (2009) comenta que la dificultad o facilidad con la que los aprendices respondan a un conjunto de elementos contextuales puede ser debido al propio contexto, es decir, que depende que tan familiar, interesante o relevante sea.

Sin embargo, si el contexto no es el apropiado, los pupilos no verán la necesidad de desarrollar los conocimientos de química pertinentes para abordar la situación dada (Gilbert, 2006). Aunque, para evitar esta situación el docente tendrá que definir el papel del contexto en el proceso de enseñanza – aprendizaje (Blanco et al., 2012).

Aunado a esto, Jiménez et al. (2010) establecen que, para dar sentido a la selección de contenidos y contextos, es necesario llevar a cabo actividades de modelización con el alumnado.

Por otra parte, respecto a la cuestión de la transferencia, Sanmartí et al. (2011) opinan que el profesado debe centrarse en la transferencia andamiada, en vez de la transferencia espontánea; ya que la primera busca promover que el alumnado active saberes válidos y establezca asociaciones que propicien la construcción de conocimientos y explicaciones coherentes, acordes con la ciencia actual. Estos autores también consideran que la metacognición y el análisis de los problemas y tareas desde múltiples perspectivas pueden ayudar a aumentar la transferencia.

Castejón et al. (2009) proponen que para minimizar la distancia entre el contexto de adquisición y el de aplicación del conocimiento se debe acercar la práctica a la situación escolar, es decir, partir de ejemplos, casos y situaciones prácticas para que, posteriormente, se vaya introduciendo la teoría.

Con todo, es importante recalcar que el uso de contextos en la enseñanza de la química es fundamental para brindarles a los estudiantes la oportunidad de darle un significado al aprendizaje de esta disciplina. Si esto ocurre, dicho aprendizaje resultará útil y significativo y el alumno no olvidará lo aprendido, aunque, para que este sea pleno deberá ser el propio aprendiz quien establezca las conexiones entre el conocimiento académico y el cotidiano. Finalmente, la presente estrategia puede enriquecer el proceso de enseñanza – aprendizaje de la química al darle prioridad a la explicación de fenómenos químicos que suceden a nuestro alrededor; lo cual permite el intercambio de información dentro del aula y la construcción de argumentos científicos (Morales y Manrique, 2012).

4.2.4 Trabajos prácticos y actividades didácticas

Trabajos prácticos

Los trabajos prácticos hacen referencia a cualquier actividad de enseñanza y aprendizaje que involucra a los alumnos en la observación y en la manipulación de los objetos y materiales que están estudiando (Millar, 2004; Abrahams, 2011). Estos no requieren de un lugar específico para su realización, ya que pueden llevarse a cabo en casa, en un laboratorio, dentro del aula o fuera de ella, como trabajo de campo, etc. Así mismo, suelen implicar tareas de tipo conceptual, por ejemplo, la resolución de problemas científicos o tecnológicos de diferentes características, y/o tareas de tipo procedimental que están relacionadas con el trabajo de laboratorio o de campo (Millar et al., 1999; Del Carmen, 2006). Cabe mencionar que en el desarrollo de las actividades participan tanto el docente como los estudiantes y, para la realización de las mismas, se pueden emplear varios instrumentos didácticos como el mapa conceptual o mental, resúmenes, diarios de clase, V de Gowin, etc., así como diversos recursos didácticos, por ejemplo, maquetas, libros, revistas, periódicos, programas de cómputo, videos, juegos, fotografías, películas, simuladores, entrevistas, exposiciones, artículos científicos o de divulgación, entre otros (Sanmartí, 2002).

Del Carmen (2006) y Abrahams (2011) mencionan una serie de factores que hacen relevantes a los trabajos prácticos para la enseñanza y el aprendizaje, algunos de estos son:

- ~ Incrementan la motivación hacia las ciencias, ya que estimulan el interés y el disfrute.
- ~ Mejoran el aprendizaje de conocimientos y procedimientos científicos.
- ~ Proporcionan una base sólida sobre la cual desarrollar actitudes relacionadas con el conocimiento científico como la curiosidad, objetividad, apertura mental, etc.

Aunado a esto, Millar (2004) establece que el propósito fundamental de los trabajos prácticos es ayudar a los alumnos a vincular el dominio de los objetos reales y cosas observables con el dominio de las ideas.

Por otra parte, Millar et al. (1999) presentan una clasificación de trabajos prácticos, la cual los divide en dos dimensiones; la primera hace alusión a los objetivos de aprendizaje, mientras que la segunda se refiere al diseño de las tareas en sí. A continuación, se describen cada una de ellas.

Dimensión 1. Objetivos de aprendizaje

Como se puede apreciar en la **Tabla 4**, esta dimensión se subdivide en dos categorías, una de ellas está asociada a los contenidos y la otra a los procedimientos.

Tabla 4. Enfoques y funciones de los contextos (De Jong, 2006a, 2006b; Caamaño, 2011a, 2011b; Blanco et al., 2012).

CONTENIDOS	<p>Que el alumno:</p> <ul style="list-style-type: none"> ~ Identifique objetos y fenómenos y se familiarice con ellos. <p>Que el alumno aprenda:</p> <ul style="list-style-type: none"> ~ Hechos, conceptos y las relaciones entre estos. ~ Teorías, leyes y/o modelos.
PROCEDIMIENTOS	<p>Que el alumno aprenda:</p> <ul style="list-style-type: none"> ~ A manipular material, instrumentos, sustancias o equipos de laboratorio. ~ A llevar a cabo un determinado procedimiento. ~ La manera de planificar una investigación para responder una pregunta o resolver un problema específico. ~ Como procesar la información recolectada y, posteriormente, como utilizarla para obtener una conclusión. ~ La forma de comunicar los resultados de su trabajo.

En general, dicha categoría corresponde al aprendizaje de contenidos conceptuales (saber) y contenidos procedimentales (saber hacer y saber cómo hacer). Según este criterio, Suárez et al. (2015) comentan que los contenidos del primer tipo incluyen hechos, datos y conceptos; mientras que los del segundo implican las reglas, técnicas, metodología, destrezas, habilidades y todo aquello que esté encaminado al logro de un objetivo y/o competencia.

Dimensión 2. Tareas

Esta subdividida en tres grupos que abarcan diversas cuestiones.

Grupo 1. Diseño

A este grupo pertenecen los trabajos prácticos en los que se requiere que los alumnos realicen alguna tarea específica dentro del dominio de los objetos reales y cosas observables y/o dentro del dominio de las ideas.

Así mismo, considera el grado de apertura que tendrá la tarea, es decir, si será cerrada (presidida por el maestro), semiabierta (presidida por el profesor y los aprendices) o abierta (presidida por los alumnos).

Grupo 2. Contexto

Algunos aspectos que toma en cuenta este grupo son: la duración de las tareas, las personas con las que interactuarán los estudiantes, la información que se les proporcionará y los materiales y equipo de los que dispondrán.

Grupo 3. Evidencias

Los trabajos prácticos pueden diferir en la forma en la que los alumnos elaboren un registro de su actividad, ya que dependerá de los propósitos de dicho registro y del público al que esté dirigido.

Cabe destacar que los trabajos prácticos también pueden propiciar el aprendizaje de contenidos actitudinales (saber ser). De acuerdo con Suárez et al. (2015), dentro de este tipo se incluyen aquellos aspectos que forman parte de los componentes cognitivos (creencias, supersticiones, conocimientos) y de los contenidos afectivos (sentimientos y valores).

Con todo, es importante saber que no es adecuado englobar en un sólo trabajo práctico todos los contenidos que se pretenden enseñar, por el contrario, es preferible realizar varios de estos y fijarse en el enfoque se le dará a cada uno.

Actividades didácticas

Las actividades didácticas son un conjunto de acciones planificadas por los docentes, las cuales tienen como finalidad promover el aprendizaje de los alumnos en relación con determinados contenidos (Sanmartí, 2002). La **Tabla 5** muestra las características de algunas de estas.

Tabla 5. Tipos de actividades didácticas (Sanmartí, 2002).

TIPO DE ACTIVIDAD	CARACTERÍSTICAS
Exploración	<ul style="list-style-type: none"> ~ Tienen como objetivo facilitar que los alumnos se planteen el problema a estudiar y expliciten sus representaciones. ~ Deben promover el planteamiento de preguntas o problemas de investigación significativos.
Introducción de nuevos puntos de vista para la modelización	<ul style="list-style-type: none"> ~ Están orientadas a favorecer que el estudiante pueda construir ideas coherentes con las aceptadas por la comunidad científica. ~ Su propósito es que los pupilos, poco a poco, vayan identificando los atributos que permiten definir los modelos y las relaciones entre diversos conceptos.
Síntesis	<ul style="list-style-type: none"> ~ Su finalidad es que los aprendices tomen conciencia del modelo construido (hasta ese momento) y de cómo expresarlo. Para ello se pueden emplear diarios de clase, mapas conceptuales, bases de orientación, redacción de definiciones propias, etc.
Explicación y generalización	<ul style="list-style-type: none"> ~ Buscan ampliar el campo de situaciones y fenómenos que se pueden explicar con el modelo construido inicialmente, de tal manera que este vaya evolucionando. ~ En este tipo de actividades se espera que los alumnos se planteen nuevos problemas, pequeños proyectos o investigaciones en los cuales apliquen el modelo construido.

Cabe destacar que, en muchos casos, una sola actividad puede tener varias de las funciones señaladas.

4.3 Marco Disciplinar

La química es una ciencia cuyo propósito es la descripción y explicación de los fenómenos químicos, por ejemplo, la reacción química (Hesse, 1992). En este sentido, la reacción química es un concepto central y estructurante dentro de la enseñanza de la química (Lacolla et al., 2014), el cual se desarrolla de forma espiral, es decir, que es posible trabajar el mismo contenido a distintos niveles de profundidad a lo largo de toda la instrucción escolar (De la Mata et al., 2011).

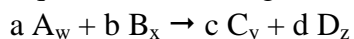
4.3.1 Reacción química

La principal característica de una reacción química es que esta es un proceso en el cual se obtienen nuevas sustancias, llamadas productos, a partir de otras diferentes, llamadas reactivos (Stavridou y Solomonidou, 1998; Taber, 2002; Petrucci, 2011). Sobre este punto, es importante que los estudiantes se den cuenta que las nuevas sustancias formadas son diferentes a las de partida en sus propiedades físicas y químicas. Así mismo, los pupilos deben comprender que, en una reacción química, cambian las sustancias, pero se conservan los mismos tipos de átomos, es decir, que estos no se crean ni se destruyen; de esta manera se estaría cumpliendo el principio de conservación de la materia (Raviolo et al., 2011; Yitbarek, 2011).

Sin embargo, no se puede asegurar que ha ocurrido una reacción química basándose únicamente en aspectos fenomenológicos, por consiguiente, es necesario interpretarla y comprenderla a escala nanoscópica. Una vez que los alumnos hayan asimilado el modelo corpuscular de la materia, es posible indicarles que en una reacción, las partículas (átomos) que forman los reactivos deben chocar con la energía suficiente y en la dirección o ángulo adecuado para que se unan de forma distinta y den origen a los productos (Hernández y López, 2009; Aragón et al., 2010).

La reacción química se representa por medio de una ecuación química. Según Raviolo et al. (2011) el precursor de la ecuación química actual es el diagrama de afinidad, el cual fue introducido al final del siglo XVIII y utilizado para hacer énfasis en las fuerzas o afinidades que compiten entre las partículas de una reacción química dada.

Una forma típica de una ecuación química sería la siguiente:



Donde:

- ~ A, B, C y D representan a los símbolos químicos o fórmulas de las sustancias que reaccionan (lado izquierdo) y de las que se producen (lado derecho).
- ~ a, b, c y d representan los coeficientes estequiométricos, es decir, el número de moles de cada sustancia.
- ~ w, x, y, z son los subíndices que indican el número de átomos de cada elemento o compuesto, según sea el caso.

Una ecuación química está balanceada o ajustada cuando en ambos lados de la ecuación están presentes el mismo número de átomos de cada tipo. Además, es importante mencionar que para balancear una ecuación sólo se pueden modificar los coeficientes estequiométricos, porque si se cambian los subíndices se estaría alterando la identidad de las sustancias.

Por otra parte, Taber (2002) comenta que el hecho de que en la ecuación química estén presentes las fórmulas químicas, hace que sea más fácil para los alumnos notar que los mismos átomos deben estar tanto del lado de los reactivos como de los productos. No obstante, sostiene este autor, puede ser confuso para los aprendices que estos se encuentren representados antes y después de una reacción.

Cabe destacar que en la ecuación química también se suele especificar las condiciones de reacción; por ejemplo, se indica si necesita luz, calor, temperatura y/o presión, un catalizador o un disolvente determinado. Adicionalmente, se puede señalar el estado físico de cada sustancia participante, a saber, si es sólida (s), líquida (l), gaseosa (g) o acuosa (ac), si es que está disuelta.

Así pues, una vez que el aprendiz cuenta con la representación de ecuaciones químicas, puede comprender mejor el reordenamiento de los átomos en una reacción química (Hernández y López, 2009), mientras que a partir de la representación de las fórmulas desarrolladas de reactivos y productos es posible que identifique los enlaces que se rompen y se forman (Raviolo et al., 2011).

4.3.1.1 Concepciones alternativas de la reacción química

Es común que los seres humanos tendamos a elaborar nuestras propias ideas sobre el funcionamiento de la naturaleza, las cuales se originan por la interacción que tiene cada individuo con su entorno y por la propia interpretación de los hechos y fenómenos que acontecen en la vida diaria (Driver et al., 1994; De la Mata et al., 2011).

Sin embargo, en muchas ocasiones, este conocimiento suele estar alejado de las teorías que son actualmente aceptadas por la comunidad científica. A este tipo de conocimiento se le ha asignado una gran variedad de términos como nociones, ideas previas, concepciones, creencias o esquemas de los alumnos, conceptos erróneos, fallos, equivocaciones, errores conceptuales, preconcepciones, ciencia de los pupilos o ciencia del sentido común, creencias ingenuas, modelos personales de la realidad, entre otros (López y Vivas, 2009; Méndez, 2013).

No obstante, Garritz y Trinidad (2003) sugieren emplear el término concepciones alternativas para designar el conocimiento que el estudiante trae al aula (inclusive antes de que se les enseñe alguna asignatura de ciencias en la escuela), el cual difiere del conocimiento científico. Este término es preferible porque expresa respeto por las ideas del estudiante al considerar válidos y racionales los conocimientos que se hayan formulado dentro de un contexto determinado y reconoce que estas pueden llevar a concepciones más fructíferas, por ejemplo, las concepciones científicas.

Según Bello (2004), las concepciones alternativas son construcciones personales, dominadas por lo perceptivo, que los sujetos elaboran para dar respuesta a su necesidad de interpretar fenómenos y para brindar explicaciones, descripciones o predicciones. Además, Sanmartí (2002) menciona una serie de características de las concepciones alternativas, las cuales son:

~ *Generalidad o universalidad.* La mayoría de las concepciones alternativas tienen un carácter general, lo que implica que son comunes en individuos de diferentes géneros y culturas. Al respecto, Driver et al. (1994) señalan que las concepciones alternativas no se tratan de simples ideas informales, ya que constituyen una forma común y socialmente construida de describir y explicar el mundo. Aunque, la variable cultural sólo es relevante cuando intervienen tradiciones o creencias muy específicas.

Furió y Furió (2000) comentan que el estudiante, como un ser social, acepta las ideas que están asumidas en su cultura y las transmitidas a través del lenguaje, a pesar que algunas de estas hayan sido rebatidas por la ciencia. Por lo tanto, opinan estos autores, la percepción de cualquier fenómeno será filtrada por el aprendizaje tomando en cuenta su experiencia física, su cultura y lenguaje cotidianos.

~ *Persistencia.* Las concepciones alternativas suelen permanecer a pesar de largos años de instrucción escolarizada y son muy resistentes al cambio, además, se ha visto que las más persistentes son aquellas que tienen una fuerte base sensorial y en las que la explicación científica contradice a la percepción cotidiana.

~ *Estructuración.* Las concepciones alternativas tienen cierto grado de coherencia porque les permiten a las personas explicar y razonar frente a diversas situaciones, por lo tanto, desde el punto de vista de los alumnos, estas ideas no necesariamente son incorrectas (López y Vivas, 2009). En este sentido, Garritz y Trinidad (2003) opinan que los estudiantes, previo al proceso de enseñanza, cuentan con sus propios puntos de vista y explicaciones, así como un lenguaje particular.

En el caso de la química, Sánchez et al. (2002) mencionan que las concepciones alternativas asociadas a esta disciplina son debidas a lo abstracto de dicha ciencia y a la elevada demanda cognitiva. En especial, reconocen que aquellas que están relacionadas con la reacción química son consecuencia de las dificultades en el lenguaje, de la memorización y del nivel de abstracción que requiere este tema. Aunado a esto, Usuga (2012) opina que también la incomprensión de conceptos fundamentales como sustancia, átomo, elemento, compuesto, mezcla, cambio químico y físico, molécula, fórmula química y enlace favorecen la persistencia de las concepciones alternativas.

Por otra parte, Barke et al. (2009) explican que algunas concepciones alternativas suelen ser transmitidas por los profesores o, también, causadas por el uso inapropiado de métodos y materiales de enseñanza.

En la **Tabla 6** se pueden observar varias concepciones alternativas asociadas a la reacción química, las cuales fueron seleccionadas de diversas referencias.

Tabla 6. Concepciones alternativas de la reacción química.

#	Concepción alternativa	Referencias
1	Los cambios químicos siempre son irreversibles.	Nakhleh (1992).
2	Los cambios de estado son reacciones químicas.	Kind (2004), López y Vivas (2009); De la Mata et al. (2011); Méndez (2013).
3	La combustión de una vela es un cambio de estado.	Kind (2004).
4	El burbujeo originado por una tableta efervescente que entra en contacto con el agua está asociado a un cambio físico debido a la ebullición.	López y Vivas (2009).
5	Las disoluciones son reacciones químicas.	Kind (2004), De la Mata et al. (2011); Méndez (2013).
6	La dilución con agua de un jugo de fruta concentrado es un cambio químico.	Reyes (2006).
7	Ni en los seres vivos ni en la naturaleza suceden reacciones químicas, sino que se tratan de procesos “propios de la vida”.	Izquierdo et al. (2007); Hernández y López (2009).
8	La reacción química es concebida como una desaparición de sustancias, en especial cuando se trata de productos gaseosos o cuando los estudiantes tienden a pensar que una disolución es una reacción química, en la cual “desaparece” el soluto.	Andersson (1990); Furió y Furió (2000); Kind (2004); Pozo y Gómez (2006); De la Mata et al. (2011); Méndez (2013).
9	El oxígeno se “agota” o se destruye en la combustión.	Kind (2004).
10	Una reacción química es una mezcla de sustancias.	Castellanos y Gallego (2000); De la Mata et al. (2011); Méndez (2013).
11	Sólo sucede una reacción química cuando hay una explosión.	Hernández y López (2009).
12	Algunos estudiantes tienen la idea que una reacción química tiene que ver con mezclar sustancias, por consiguiente, no admiten la posibilidad de que se pueda partir de una sola sustancia, por ejemplo, una descomposición química.	Raviolo et al. (2011).
13	Una reacción siempre empieza con dos sustancias.	Reyes (2006).
14	La reacción química es imaginada como un desplazamiento de materia, donde las sustancias desaparecen y aparecen en otro lugar después del cambio. Por ejemplo, al combinar nitrato de plomo II (sólido blanco) y yoduro de potasio (sólido blanco) se formará un sólido amarillo, el yoduro de plomo II. Al respecto, los alumnos creen que al aplastar los dos sólidos blancos saldrá el polvo amarillo, como si fuera la yema de un huevo que sale al romperse el cascarón.	De Vos y Verdonk (1985a); Andersson (1990); Furió y Furió (2000); Pozo y Gómez (2006).
15	Una tableta efervescente libera un gas al estar en contacto con el agua, porque al deshacerse la pastilla el gas que estaba dentro de ella puede salir, por consiguiente, este preexistía desde el comienzo (No se concibe que ocurre una reacción entre la tableta efervescente y el agua, cuyo producto es el CO ₂).	Kind (2004).
16	En una reacción química, las propiedades iniciales (aspecto, color, olor, etc.) de una sustancia varían, pero sigue la misma. En este sentido, lo que aparenta ser una “nueva sustancia”, en realidad se	Andersson (1990); Nakhleh (1992); Furió y Furió (2000); Kind (2004); Pozo y Gómez

	trata de la sustancia original, pero en una versión modificada. Por ello, los pupilos suelen creer que los tubos de cobre sólo se ennegrecen por acción del calor, es decir, que continua siendo la misma sustancia y sólo se ve diferente.	(2006); Méndez (2013).
17	Cuando ocurre una reacción química, una sustancia puede variar su cantidad, pero sigue siendo la misma.	Pozo y Gómez (2006).
18	En una reacción química no cambia la estructura microscópica de una sustancia, lo que cambia son sus propiedades.	Hernández y López (2009).
19	La corrosión es parte de un clavo. Esta sólo se hizo visible cuando el clavo se puso en contacto con el agua (no hubo reacción química).	Kind (2004).
20	El proceso químico es visto como la transmutación de una sustancia. Se divide en subcategorías. ~ Las sustancias se transforman en otras nuevas sin relación alguna con las originales y sin necesidad de interacción. Desde este punto de vista, los pupilos suelen pensar que un átomo simplemente se transforma en un nuevo tipo de átomo. Ejemplo: los alumnos opinan que una fibra de hierro o un pedazo de acero que se quema se convierten en carbón. ~ La conversión de materia en energía o viceversa. Ejemplo: los estudiantes dicen que al quemar gasolina esta se convierte en luz, calor o energía.	Andersson (1990); Nakhleh (1992); Furió y Furió (2000); Kind (2004); Pozo y Gómez (2006).
21	En una reacción química sólo interactúan las sustancias (aunque no se reconoce la formación de nuevas sustancias).	Furió y Furió (2000).
22	La aparición de un precipitado no implica la formación de una nueva sustancia. Lo que ocurre es que dos sustancias sólo se combinaron.	Kind (2004).
23	Las sustancias sólo reaccionan si gusta una de la otra (visión animista). Por ejemplo, si se coloca nitrato de plomo II y yoduro de potasio en cada extremo de una caja Petri y, posteriormente, se adiciona agua se observará la formación de una línea amarilla (yoduro de plomo II). Sobre este punto, los pupilos creen que el movimiento de las sustancias se debe a una atracción entre ellas. Esta idea surge como una visión “animista” de que las sustancias desean combinarse, sin importar que tengan que viajar largas distancias.	De Vos y Verdonk (1985b); Reyes (2006).
24	Los productos de una reacción se forman al pegar fragmentos de otras sustancias. Esta visión corresponde a un modelo de reacción aditivo, en el cual no se concibe la ruptura y formación de enlaces.	Nakhleh (1992).
25	La energía es creada en las reacciones químicas. También se ha visto que, aunque los aprendices conozcan que las reacciones químicas tienen relación con la energía, no son conscientes de dónde procede esa energía.	Reyes (2006); Méndez (2013).
26	La energía es un reactivo que hay que añadir a la reacción.	Reyes (2006).
27	La energía asociada a la reacción química es considerada más un efecto secundario o una causa.	De la Mata et al. (2011).
28	La energía producida en una reacción química se genera por la destrucción de átomos.	Hernández y López (2009).

29	El reactivo es la sustancia necesaria para realizar un experimento, mientras que el producto es el resultado de una ecuación o un experimento.	Castellanos y Gallego (2000).
30	El balanceo de ecuaciones es sólo un ejercicio algorítmico, el cual no tiene ningún sentido químico.	Nakhleh (1992); De Jong y Taber (2007).
31	Los coeficientes en las ecuaciones son números utilizados para balancear mecánicamente las ecuaciones y no representan el número relativo de especies que reaccionan o son producidas en las reacciones químicas.	Reyes (2006).
32	Los coeficientes estequiométricos son las cantidades presentes en una situación experimental.	Casado y Raviolo (2005).
33	No se considera que el oxígeno sea un reactivo que participe en la combustión, ya que este es “invisible”.	Kind (2004).
34	La masa no se conserva en una reacción química (ni los átomos ni la masa se conservan necesariamente en una reacción química).	Kind (2004); Pozo y Gómez (2006); Hernández y López (2009); Méndez (2013).
35	Lo que se observa en una reacción química es consecuencia del cambio de forma, tamaño o movimiento de los átomos, es decir, lo que cambia son las propiedades de los átomos y no la manera en que se unen.	Hernández y López (2009).

4.3.1.2 Dificultades de la enseñanza–aprendizaje de la reacción química

Además de la influencia del amplio bagaje de concepciones alternativas que los alumnos adquieren por diversas vías (sensorial, cultural y escolar), existen una serie de dificultades de enseñanza–aprendizaje asociadas al estudio de la química. Sobre este punto, Kind (2004) menciona dos muy importantes:

~ El pensamiento del estudiante no se consolida.

Esto es debido a que los enfoques tradicionales de enseñanza no consideran ni el tiempo ni el espacio necesario para que los alumnos desarrollen y consoliden el aprendizaje de nuevos conocimientos. Como resultado, a los estudiantes les resulta difícil asimilar a sus propias estructuras los nuevos puntos de vista científicos sobre el mundo.

~ El idioma de la química causa confusión.

Durante la instrucción escolar y de manera continua los pupilos se enfrentan con muchos términos diferentes en la química, cada uno con un significado específico para los químicos. Al respecto, Barke et al. (2009) establecen que una gran cantidad de errores conceptuales son debidos a problemas con la terminología y el lenguaje.

Así mismo, otro aspecto que es relevante y a los alumnos les resulta problemático es la vinculación de los tres niveles de representación de la materia propuestos por Johnstone, estos son: el macroscópico, submicroscópico y simbólico.

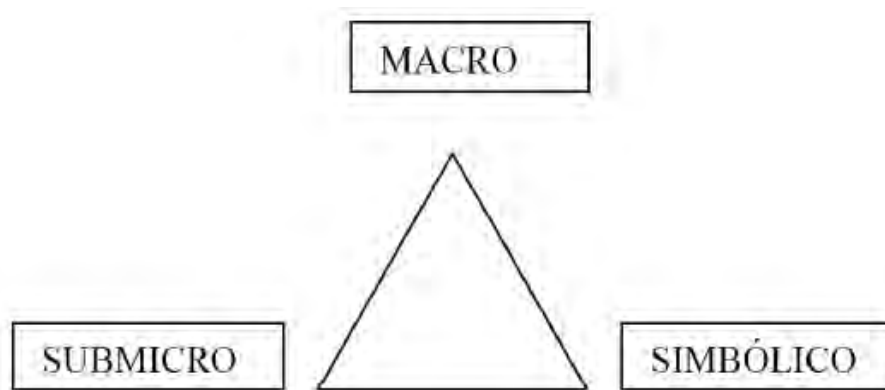


Figura 1. Triángulo de Johnstone que representa los tres niveles de representación que caracterizan a la química (Lacolla et al., 2014).

El nivel macroscópico es sensorial o perceptivo, ya que a este corresponden aquellos fenómenos químicos observables como la formación de nuevas sustancias, y la descripción de propiedades como color, olor, etc. El nivel submicroscópico se utiliza para explicar los fenómenos macroscópicos en términos de partículas; por ello es común generar modelos a partir de entidades como electrones, átomos, iones y moléculas. Mientras que el nivel simbólico se refiere a la forma de representar a las sustancias y los cambios que ocurren, por lo tanto, se emplean fórmulas químicas y algebraicas, ecuaciones químicas, gráficas, ilustraciones, maquetas, modelos materiales, entre otros (Treagust et al., 2003; Chandrasegaran et al., 2007; Yitbarek, 2011; Ordenes et al., 2014).

De acuerdo con Casado y Raviolo (2005), saber química es poder aplicar estos tres niveles, de una forma relacionada, al estudio de un fenómeno. En este sentido, Hernández y López (2009) opinan que los químicos y los docentes, generalmente, dominan todas sus interrelaciones y combinaciones. Sin embargo, a los estudiantes les resulta difícil entender, aplicar y encontrar la relación entre ellos, lo cual puede generar una sobrecarga de conocimientos para los aprendices, confusión y desmotivación.

A continuación, se muestran algunos problemas asociados a los niveles de representación, estos son:

- ~ Los alumnos suelen emplear un solo nivel de representación y rara vez hacen la vinculación con los otros dos (Treagust et al., 2003).
- ~ Los docentes se enfocan en un único nivel y no ayudan a los pupilos a construir puentes para moverse con soltura entre los tres niveles (Talanquer, 2011). Además, es frecuente que los profesores entren de manera directa a lo submicroscópico y crean que los aprendices lo asociarán fácilmente con los referentes macroscópicos ya conocidos (Ordenes et al., 2014).
- ~ Los estudiantes no tienen experiencia en el nivel macroscópico debido a experiencias prácticas inadecuadas, evidencian cierto grado de incapacidad para visualizar las entidades cuando se representa el nivel submicroscópico y tienen poco entendimiento de las convenciones usadas a nivel simbólico (Ordenes et al., 2014).

En definitiva, el uso simultáneo de los niveles de representación puede reducir las concepciones alternativas de los estudiantes (Treagust et al., 2003) y según Talanquer (2011), el triplete formado por los niveles de representación es una herramienta productiva y eficaz tanto para la enseñanza, la investigación educativa en química y la ciencia en general.

Con base en los planteamientos anteriores, es de notar que en la descripción y explicación de una reacción química (como en las de otros conceptos de la química) es necesario recurrir a los tres niveles de representación: macroscópico, submicroscópico y simbólico; Lacolla et al. (2014) mencionan el siguiente ejemplo:

En una experiencia de laboratorio relacionada con la reacción química, las observaciones de reconocimiento de propiedades o las mediciones de volúmenes de gases desprendidos, así como cualquier otra manifestación del proceso son hechas a nivel macroscópico con un lenguaje científico que es necesario aprender. Además, las interpretaciones de cualquiera de estas evidencias deben ser realizadas recurriendo a las consideraciones teóricas de la ciencia escolar, así como a sus modelizaciones, que pertenecen al nivel submicroscópico. Finalmente, el lenguaje universal de la química son las fórmulas y ecuaciones que representan las reacciones y el alumno debe también ejercitarse en este nivel simbólico para representar el cambio ocurrido (p. 92).

Además, Raviolo et al. (2011) establecen que desde el punto de vista macroscópico una reacción química “es un proceso en el cual una o varias sustancias se forman a partir de otra u otras” (p. 248); mientras que una visión microscópica la consideran como “una redistribución de los átomos o iones, formándose otras estructuras (moléculas o redes diferentes)” (p. 249).

No obstante, este concepto también presenta una serie de dificultades asociadas a sus tres niveles de representación. Estas son:

a) Nivel macroscópico

- ~ Los estudiantes no pueden identificar si ha ocurrido o no una reacción química debido a la falta de conocimientos para reconocer qué es una sustancia y para entender si esta se transforma o no (Furió y Furió, 2000; Casado y Raviolo, 2005; De Jong y Taber, 2007).
- ~ Los pupilos no están interesados en el cambio, no dan una explicación del mismo y sólo aceptan el suceso como un hecho... “así es como pasa” (Nakhleh, 1992; De la Mata et al., 2011); o suelen estar focalizados únicamente en los cambios macroscópicos observables como cambios de color, formación de un precipitado, desprendimiento de un gas o desprendimiento o absorción de calor, los cuales suelen acompañar a los procesos químicos (Casado y Raviolo, 2005).
- ~ Los alumnos tienden a interpretar que la reacción química es un proceso de modificación, es decir, cambian las propiedades de las sustancias, pero estas siguen siendo las mismas. O creen que la reacción química es una transmutación de una sustancia en otra o en energía (De Jong y Taber, 2007).

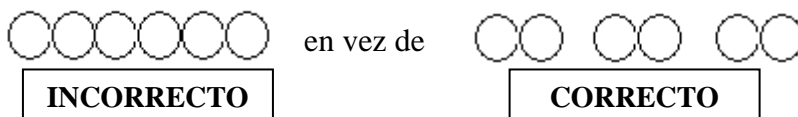
- ~ Los estudiantes no son conscientes de la función (como reactivos o productos) de algunas sustancias en estado gaseoso (De Jong y Taber, 2007). De acuerdo con Kind (2004) y López y Vivas (2009), no se comprende el papel de los gases.
- ~ Los pupilos creen que algunas propiedades de las sustancias son una especie de sustancia adicional (De Jong y Taber, 2007).

b) Nivel submicroscópico

- ~ El razonamiento sobre las reacciones químicas no involucra partículas. Sobre esta afirmación, De la Mata et al. (2011) comentan que esto se debe a que el estudio de este tema está centrado en entidades no observables. Aunado a esto, se ha visto que los alumnos a menudo atribuyen características macroscópicas a las partículas submicroscópicas (Kind, 2004; De Jong y Taber, 2007) y consideran que el mundo submicroscópico se comporta de igual forma que el macroscópico, pero en diminuto (Méndez, 2013).
- ~ La capacidad de los estudiantes para concebir el nivel submicroscópico es limitada, por ello, les resulta complicado entender que en las reacciones químicas sucede un reacomodo de átomos y la ruptura y formación de enlaces (De Jong y Taber, 2007).
- ~ A los aprendices les genera conflicto la idea de conservación de los átomos, a pesar de los cambios (Lacolla et al., 2014).
- ~ La mayoría de los aprendices no visualizan el nivel submicroscópico al realizar experimentos de laboratorio (Cloonan et al., 2011).

c) Nivel simbólico

- ~ Los pupilos tienden a percibir una fórmula como la representación de una unidad de una sustancia, en lugar de una colección de partículas. Así mismo, tienden a interpretar de una forma aditiva las fórmulas de los compuestos, por ejemplo, los estudiantes suelen ver la fórmula del agua “H₂O” como la suma de H₂ y O (De Jong y Taber, 2007).
- ~ A los alumnos les resulta difícil comprender el significado de los subíndices y los coeficientes de la ecuación; muchos de ellos confunden coeficientes con subíndices (Casado y Raviolo, 2005). Además, con frecuencia modifican los subíndices para balancear la ecuación (Pozo y Gómez, 2006; De Jong y Taber, 2007).
- ~ Los estudiantes no son capaces de escribir la ecuación química de una reacción, partiendo del fenómeno macroscópico o de representaciones submicroscópicas (Casado y Raviolo, 2005). Tampoco son capaces de utilizar la información aportada por los coeficientes y subíndices para construir moléculas individuales (Nakhleh, 1992), por ejemplo, 3H₂ es representado como



- ~ Los pupilos suelen cometer errores al hacer representaciones gráficas (dibujos) que expliquen lo que ocurre en una reacción química en el nivel submicroscópico (Nakhleh, 1992).
- ~ Los estudiantes conciben a la ecuación química como una composición de letras, números y líneas, en vez de que represente un proceso en el cual hay ruptura y formación de enlaces (Wu y Shah, 2004).

Cabe destacar que muchas de las dificultades, relacionadas con los niveles de representación, son causadas por una inadecuada instrucción escolar, ya que, en primera instancia, la introducción a las reacciones químicas implica que los estudiantes aprendan el significado macroscópico de este concepto (en términos de conversión de sustancias) y, por el contrario, no se hace énfasis en la comprensión del significado submicroscópico y simbólico (De Jong y Taber, 2007).

Por otra parte, existen más dificultades vinculadas a la enseñanza–aprendizaje de la reacción química. Estas se muestran a continuación:

- ~ Los alumnos no muestran una buena comprensión de la estructura de la materia, lo cual es primordial para entender a la reacción química (De la Mata et al., 2011).
- ~ Los aprendices encuentran complicado diferenciar los cambios químicos y físicos (Nakhleh, 1992; Kind, 2004; Pozo y Gómez, 2006; Barke et al., 2009; López y Vivas, 2009; De la Mata et al., 2011; Méndez, 2013).
- ~ Los estudiantes no conciben que la masa se conserva y es porque piensan que las sustancias desaparecen, o como los gases son imperceptibles, entonces no participan en la reacción, no se generan y no pesan (Kind, 2004; López y Vivas, 2009; De la Mata et al., 2011; Méndez, 2013).
- ~ Los pupilos saben que la energía y la reacción química están relacionadas, pero no son conscientes de dónde procede esa energía (Méndez, 2013). Según De la Mata et al. (2011), la enseñanza tradicional no permite que los aprendices construyan modelos para decir por qué y cómo ocurre una reacción química, ni para emplear la energía en explicaciones o predicciones.
- ~ Los alumnos suelen construir modelos estáticos de la reacción química, en vez de modelos dinámicos e interactivos (Wu y Shah, 2004).

5. Metodología

La metodología general del presente trabajo es cualitativa. Según Evans (2009a, 2009b), un enfoque de este tipo, dentro del ámbito de la investigación educativa, corresponde al estudio de un fenómeno como las creencias, suposiciones, opiniones, acciones, actitudes, interacciones u otras fuentes que aporten evidencia acerca de los procesos de enseñanza y aprendizaje. Además, la mayoría de los datos cualitativos son dados principalmente en forma de palabras (ya sea de manera oral o escrita).

De manera específica, se optó por una orientación de investigación–acción educativa, la cual describe una serie de actividades que realiza el profesorado en sus propias aulas con el fin de mejorar su práctica a través de ciclos de acción y reflexión (Latorre, 2003; Wilson, 2009). En este sentido, la investigación–acción se propone mejorar la educación a través del cambio y aprender a partir de las consecuencias de los cambios (Latorre, 2003).

McKernan (1999) establece que el modelo general de investigación–acción consiste en una serie de espirales cuyas fases (planificar, actuar, observar y reflexionar) se encuentran interrelacionadas. Así mismo, al ser un proceso cíclico es de notar que cada ciclo afecta al siguiente, y así sucesivamente (Romera, 2014).

A continuación, se muestra el modelo de investigación–acción utilizado en este trabajo.

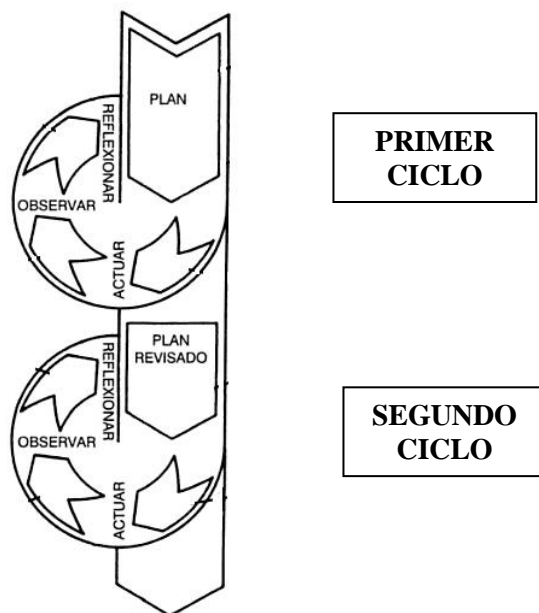


Figura 2. Modelo de investigación–acción de Deakin (McKernan, 1999).

Con base en la **Figura 2**, el proceso está organizado sobre dos ejes (Latorre, 2003):

- ~ El estratégico, constituido por la acción y la reflexión; y
- ~ El organizativo, constituido por la planificación y la observación.

Es importante mencionar que para fines de esta tesis únicamente se realizó completo el primer ciclo, el cual se describe de manera detallada. Mientras que del segundo ciclo sólo se llevó a cabo la fase de Plan Revisado.

Primer Ciclo

Plan

Esta fase comprendió las acciones necesarias para elaborar la propuesta didáctica y seleccionar el diseño experimental que fuera adecuado para mejorar el desempeño de los alumnos.

Para la propuesta didáctica, en primera instancia, se eligió el tema disciplinar a abordar (la reacción química), se delimitó y se hizo una revisión bibliográfica para obtener información sobre:

- a) Las concepciones alternativas y las dificultades en la enseñanza y aprendizaje relacionadas con la reacción química.
- b) Aspectos pedagógicos asociados al proceso de enseñanza–aprendizaje.
- c) Estrategias didácticas para trabajar el tema disciplinar en el aula.

Una vez hecho esto, se procedió al diseño de la propuesta didáctica y el instrumento de evaluación de la misma (ver Propuesta Didáctica).

Por otra parte, el diseño experimental es de tipo cuasi experimental, ya que no se escogió de forma aleatoria a los sujetos participantes, sino que se trabajó con un grupo constituido o preexistente (Winterbottom, 2009). En este sentido, el grupo experimental (ver 5.1 Descripción de la población) fue creado con anterioridad por el personal del Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Sur (CCH Sur).

Actuar

Durante esta etapa se aplicó la propuesta didáctica al grupo experimental. Para ello, se trabajó con 6 equipos de 4 o 5 integrantes, los cuales se configuraron desde el inicio del semestre y se mantuvieron como tal durante la intervención en el aula. En la **Tabla 7** se muestra una descripción de estos.

Tabla 7. Equipos.

EQUIPO	# DE INTEGRANTES	GÉNERO
1	Cinco	4 mujeres y 1 hombre
2	Cuatro	2 mujeres y 2 hombres
3	Cinco	4 mujeres y 1 hombre
4	Cuatro	2 mujeres y 2 hombres
5	Cuatro	2 mujeres y 2 hombres
6	Cuatro	1 mujer y 3 hombres

Se optó por una estrategia de trabajo colaborativo debido a que el desarrollo de actividades en pequeños grupos permite que los alumnos aprendan a comprometerse y a integrarse en un colectivo, compartan las tareas, se responsabilicen por su aprendizaje y por el de los otros miembros del equipo, aumenta la motivación y la seguridad personal, se fomenta la

solidaridad y el respeto mutuo, se promueven actitudes positivas en la clase y se posibilita que los propios estudiantes lleven a cabo tareas de enseñanza con sus compañeros (Johnson y Johnson, 1999; Sanmartí, 2002; Eristeo, 2011). Además, de acuerdo con Campuzano (2013), el modelo educativo del CCH promueve el trabajo colaborativo, pues considera que este es importante para que los alumnos construyan nuevos saberes.

Además, Alvarado (2012) señala que el trabajo colaborativo está asociado con posturas socioconstructivistas, ya que el tipo de interacciones que se presentan al trabajar de forma conjunta juegan un papel clave en el desarrollo cognitivo de las personas y se puede generar un proceso de construcción del conocimiento.

Por otra parte, respecto a la propuesta didáctica, inicialmente, se tenían planeadas 7 horas de intervención en el aula (incluyendo la *Sesión de cierre*), distribuidas en sesiones de dos horas o una hora, según fuera el caso. Sin embargo, por diversos motivos estas aumentaron. La **Tabla 8** presenta la fecha y la duración aproximada de cada actividad.

Tabla 8. Cronograma de actividades.

ACTIVIDAD	FECHA	DURACIÓN
Pretest	25/08/2014	20–30 min.
A1. Botella azul	29/09/2014	2 h.
A2. ¿Por qué lloras?... ¡si fuiste tú quién me cortó!*	1/10/2014	1:30 h.
A3. ¡Qué rico huele!*	6/10/2014	2 h.
A4. Pobrecitos, los marines*	8/10/2014	1:30 h.
Sesión de cierre [♥]	10/10/2014 13/10/2014	1 h/día (2 h. total)
Postest [♦]	17/10/2014	20–30 min.

* ¿Por qué lloras?... ¡si fuiste tú quién me cortó! y *Pobrecitos, los marines* estaban previstas para realizarse en una hora, sin embargo, en el primer caso como los alumnos no hicieron la tarea previa se tuvo que utilizar un tiempo mayor al considerado; mientras que para el segundo caso, se realizó la segunda parte que faltó de la sesión anterior (actividad con clips de colores).

* Únicamente se hizo la primera parte de *¡Qué rico huele!* en las dos horas previstas. Esto se debió a que los estudiantes llegaron tarde a la clase porque estaban participando en la asamblea del CCH Sur, en la cual se iban a decidir las acciones de la institución en relación a lo acontecido en Ayotzinapa, Guerrero el 26 de septiembre de 2014.

♥ Se tenía contemplada sólo una hora para llevar a cabo la *Sesión de cierre*, pero aún persistían diversas dudas, por lo cual, a sugerencia de la profesora titular del grupo, se extendió la duración de esta. Así mismo, se ocupó parte del tiempo de la segunda sesión de cierre (13/10/2014) para explicar lo que era un isómero, ya que este fue un tema que surgió durante la realización de la segunda parte de *¡Qué rico huele!*

♦ El *postest* estaba programado para la semana del 20 al 24 de octubre de 2014, sin embargo, se hizo antes porque en esa semana, específicamente el 22 de octubre de 2014, hubo un paro laboral de 24 h en el plantel, en apoyo a los 43 normalistas desaparecidos de Ayotzinapa.

Aunado a esto, es importante comentar que la propuesta didáctica se trabajó en el aula - laboratorio C-5 (del edificio C) y durante el turno vespertino (lunes y miércoles de 3 a 5 pm y viernes de 3 a 4 pm). La **Imagen 1** y la **Imagen 2** exhiben como es dicha aula.



Imagen 1. Aula-laboratorio C-5.



Imagen 2. Aula-laboratorio C-5.

Observar

Esta fase es crucial debido a que la observación recae directamente sobre la acción, por lo tanto, nos permite ver lo que está ocurriendo. Según Latorre (2003), observamos la acción para poder reflexionar sobre los resultados obtenidos. En este sentido, la observación no es sólo una actividad fundamental vinculada a la investigación–acción, sino una de las técnicas básicas de recolección de información y es clave en la metodología cualitativa.

Los datos recogidos en esta etapa nos ayudaron a identificar las evidencias adecuadas para comprender si la mejora tuvo lugar o no. Como herramientas de recolección se utilizaron los elementos mencionados en la **Tabla 9**.

Tabla 9. Herramientas de recolección de información (Latorre, 2003; Wilson y Fox, 2009a).

HERRAMIENTA	DESCRIPCIÓN
Grabaciones en video	Se grabó en video cada sesión en la que se realizaron las actividades de la propuesta didáctica. Esto se hizo con la finalidad de contar con un registro visual y de audio.
Diario del investigador	Este diario contiene observaciones, reflexiones, explicaciones de lo acontecido en el salón de clases, opiniones, sentimientos, suposiciones, creencias y hechos que resultaron significativos.

También se utilizaron otros elementos para recolectar información, estos son el pretest y postest, hojas de trabajo de cada actividad y el diario de clase de la propuesta didáctica. Todos ellos se encuentran descritos en el capítulo 6 (Propuesta Didáctica).

Por otra parte, el tipo de observación que se tuvo fue la observación participante pues, de acuerdo con Latorre (2003), esta requiere una intervención por parte del observador (o investigadora en este caso) en los acontecimientos y fenómenos que se llevaron a cabo en el aula.

Reflexionar

La reflexión en la investigación–acción constituye la etapa con la que se cierra el primer ciclo y da pie para que inicie el siguiente. En ella, se realizan un conjunto de tareas como la representación e interpretación, con el propósito de extraer significados relevantes, evidencias o pruebas en relación con los efectos o consecuencias del plan de acción (Latorre, 2003).

Segundo Ciclo

Plan Revisado

La fase de reflexión del primer ciclo nos permitió identificar aciertos y errores, los cuales fueron de utilidad para plantear una reestructuración de la propuesta didáctica (ver Consideraciones Finales).

5.1 Descripción de la población

El grupo experimental estuvo conformado por 26 estudiantes de primer semestre, 11 hombres y 15 mujeres, pertenecientes al grupo 149 sección A del CCH Sur. El rango de edad de los alumnos se encuentra entre los 15 y 16 años, no obstante, al momento de llevar a cabo la intervención en el aula, dos de ellos tenían 17 años y una alumna tenía 18 años.

Según lo establecido por Winterbottom (2009), para este caso en particular, se trabajó con una muestra no probabilística denominada de conveniencia, ya que los individuos de la muestra fueron seleccionados en función de su accesibilidad. Además, este autor indica que no se pueden hacer generalizaciones más allá de la misma.

Para finalizar se menciona que, en general, se tuvo un porcentaje de asistencia mayor al 80 %. Esto se detalle en la **Tabla 10**.

Tabla 10. Asistencia a las actividades durante la intervención en el aula.

ACTIVIDAD	ASISTENCIA (# alumnos)	% asistencia
Pretest	26	100
A1. Botella azul	25	96
A2. ¿Por qué lloras?... ¡si fuiste tú quién me cortó!	24	92
A3. ¡Qué rico huele!	26	100
A4. Pobrecitos, los marines	21	81
Sesión de cierre 1 (10/10/2014)	23	88
Sesión de cierre 2 (13/10/2014)	15	58
Postest	26	100
PROMEDIO DE ASISTENCIA		89 %

6. Propuesta Didáctica

La propuesta didáctica se aplicó en la asignatura de Química I. En específico, se trabajó en la *Unidad I. Agua, compuesto indispensable*⁴ porque en dicha unidad los estudiantes tienen un acercamiento inicial al concepto de reacción química, por lo tanto, se decidió desarrollar la propuesta dentro de la misma.

6.1 Objetivos de la propuesta didáctica

Que los alumnos:

1. Reconozcan que en una reacción química **los reactivos y los productos son sustancias distintas y, por consiguiente, muestran propiedades diferentes.**
2. Comprendan que, la formación de nuevas sustancias, es consecuencia de que ocurre un intercambio⁵ de núcleos⁶ y electrones entre las partículas de las sustancias iniciales.

6.2 Estructura general de la propuesta didáctica

Está conformada por 4 actividades didácticas (Sanmartí, 2002), un diario de clase, un pretest y un postest. Estos elementos se describen a continuación.

Cabe destacar que se llevó a cabo un esquema de preprueba (pretest)–intervención–posprueba (postest).

Pretest y Postest

Se diseñaron y aplicaron un pretest y un postest para probar la eficacia de la propuesta didáctica en relación con los objetivos de la misma (Méheut y Psillos, 2004). El pretest también ayudó a saber cuáles fueron los conocimientos previos con los que contaban los alumnos antes de realizar la intervención en el aula. Mientras que el postest nos permitió obtener los datos necesarios para conocer y analizar el grado de apropiación de los contenidos por parte de los estudiantes.

Ambas pruebas consisten en un cuestionario con 10 reactivos de naturaleza diferente, dado que incluyen preguntas abiertas, de opción múltiple y la representación de una ecuación química mediante un diagrama de partículas (ver Anexo I).

Sólo seis reactivos (pregunta no. 2, 4, 6, 8, 9 y 10) están relacionados con el concepto de reacción química, mientras que los cuatro restantes (pregunta no. 1, 3, 5 y 7) cumplieron diferentes propósitos, según el tipo de evaluación. En el caso del pretest, la información que aportaron dichos reactivos fue utilizada durante las sesiones en las que se hizo la intervención, ya sea para introducir a los alumnos en la actividad a realizar, o durante la discusión plenaria. En el caso del postest, la pregunta 1 tuvo la función de averiguar cuál

⁴ Colegio de Ciencias y Humanidades (2014). *Programas de estudio de Química I a IV*. Consultado el 23 de julio de 2013. Disponible en: http://www.cch.unam.mx/sites/default/files/plan_estudio/mapa_quimica.pdf

⁵ O simplemente un reacomodo, en el caso de que sea una sola sustancia la que reacciona.

⁶ Estrictamente lo que se intercambian son los *cores* que incluyen, efectivamente, a los núcleos pero también a todos los electrones que no son de valencia, es decir, a los electrones no disponibles.

fue la actividad didáctica de mayor agrado para los pupilos, las preguntas 3 y 5 buscaron conocer cómo los aprendices habían percibido los contextos empleados y la pregunta 7 se utilizó para conocer algunos intereses de los adolescentes.

Todos los reactivos fueron elaborados por la autora y el asesor de este trabajo; únicamente la pregunta no. 9 (tanto del pretest como del postest), corresponde a una adaptación del experimento propuesto por De Vos y Verdonk (1985a).

De acuerdo a lo sugerido por Latorre (2003), estas dos pruebas se aplicaron de manera individual, pues se trabajó con una población pequeña y de fácil acceso. En su momento, se les indicó a los alumnos que estos cuestionarios no formarían parte de la evaluación de la asignatura, sin embargo, se les exhortó a que los respondieran con honestidad y haciendo el mayor esfuerzo posible.

Actividades

Se elaboraron 4 actividades didácticas, las cuales no se encuentran secuenciadas, por lo tanto, son independientes una de la otra. Además, se diseñó la hoja de trabajo correspondiente a cada una de estas (ver Anexo II).

Para esta tesis, todas ellas son consideradas trabajos prácticos (Millar et al., 1999; Millar, 2004; Abrahams, 2011). Aunque, particularmente, dos son vistas como actividades de laboratorio; pues según Leite y Figueiroa (2004) dichas implican el uso de material de laboratorio para reproducir un hecho o fenómeno y su ejecución puede darse en un laboratorio o en un aula normal.

Una vez realizada la actividad didáctica se hizo una discusión plenaria para comentar las respuestas de la hoja de trabajo, resolver dudas, explicar lo sucedido y hacer la vinculación con el contexto en cuestión.

Se consideró de suma importancia la discusión plenaria, ya que como señala Woolfolk (2006) esta presenta diversas ventajas como el hecho de que los estudiantes participen en clase, expresen sus dudas, soliciten aclaraciones, examinen su pensamiento, evalúen sus ideas, sintetizen sus puntos de vista personales y aprendan a tolerar puntos de vista diferentes. También les brinda la oportunidad de tratar de entender los conceptos enseñados porque hay mayor posibilidad de comunicación y de transmisión de los conocimientos individualmente adquiridos. En este sentido, los alumnos suelen responderse entre sí y reaccionan a las respuestas de los demás.

La **Tabla 11** presenta, a grandes rasgos, la conformación de la propuesta didáctica.

Tabla 11. Estructura de la Propuesta Didáctica.

Sesión	Actividad	Tipo	Propósitos de la sesión	Dominio [♦]	Selección del dominio [▼]
1	A1. Botella azul	Práctico (laboratorio)	Que el alumno reconozca la formación de nuevas sustancias y que los reactivos tienen diferentes propiedades que los productos.	Prácticas profesionales	Se utilizaron ejemplos relacionados con actividades del ámbito laboral, en particular, con las que son realizadas por un químico.
2	A2. ¿Por qué lloras?... ¡si fuiste tú quién me cortó!	Trabajo práctico	Que el alumno: ~ Reconozca la formación de nuevas sustancias y que los reactivos tienen diferentes propiedades que los productos. ~ Conciba que la ecuación química es la representación de una reacción química.	Personal	Se utilizaron situaciones relacionadas con actividades humanas diarias, por ejemplo, la cocina.
3	A3. ¡Qué rico huele!	Práctico (laboratorio)	Que el alumno: ~ Reconozca la formación de nuevas sustancias y que los reactivos tienen diferentes propiedades que los productos. ~ Represente las reacciones químicas que se realizaron en la actividad de laboratorio.	Prácticas profesionales	Se utilizaron ejemplos relacionados con actividades del ámbito laboral, en particular, con las que son realizadas por un químico.
4	A4. Pobrecitos, los marines	Trabajo práctico	Que el alumno: ~ Reconozca la formación de nuevas sustancias y que los reactivos tienen diferentes propiedades que los productos. ~ Represente a la reacción química mediante la ecuación química. ~ Comprenda que en la formación de nuevas sustancias ocurre un reacomodo de las partículas de las sustancias iniciales.	Sociedad/ Científico y tecnológico	Pertenece a dos dominios de origen, el de la sociedad y el de la ciencia y la tecnología. En el primer caso, la lectura muestra la utilidad de la ciencia dentro del entorno social (Vázquez, 2004), mientras que para el segundo caso, de cierta manera, exhibe ciertos aspectos propios de la ciencia (Lope, 2014).

[♦] De Jong (2006a, 2006b).

[▼] Para mayor información sobre la selección de dominios, consultar la sección *Contexto* que se encuentra en cada actividad realizada.

A continuación, se describe cada actividad⁷.

⁷ Para mayor información sobre las reacciones químicas de las actividades de la Propuesta Didáctica, revisar el Anexo III.

AI: Botella azul

Descripción

La actividad de laboratorio se utilizó para mostrarles a los alumnos un ejemplo de una reacción química (específicamente se trata de dos reacciones redox). Esta experiencia resulta interesante y atractiva por el cambio de color que tiene lugar, pues, al principio, se observa un líquido azul pero, poco a poco, comienza a tornarse incoloro; sin embargo, al agitar el frasco que contiene dicho líquido nuevamente aparece el color azul y vuelve a desaparecer tiempo después.

Lo que ocurre es que en medio alcalino el oxígeno reacciona con la glucosa y se obtiene ácido glucónico. Para observar esta reacción se emplea el azul de metileno, el cual es un indicador redox, que en presencia de oxígeno está en su forma oxidada y es color azul, mientras que en su forma reducida es incoloro (Muñoz et al., 2011).

Material:

Balanza analítica
Vidrio de reloj
Dos vasos de precipitado de 200 ml
Matraz Erlenmeyer de 250 ml
Tapón de hule
Agitador de vidrio
Espátula
Pipeta de 10 ml
Probeta de 50 ml
Papel pH

Reactivos:

Agua destilada
Glucosa
Hidróxido de sodio
Ácido clorhídrico
Azul de metileno

Tareas previas

Los alumnos investigaron las fichas de seguridad de los reactivos que emplearon. También investigaron ejemplos de indicadores y qué es, para qué sirve cada sustancia.

Desarrollo

Antes de iniciar la actividad en cuestión, se les solicitó a los integrantes de un equipo que comentaran las fichas de seguridad de los reactivos a usar. Después, se llevó a cabo una dinámica de trabajo para que los estudiantes decidieran el material que debían utilizar.

Dinámica de trabajo

Un estudiante de cada equipo lee un paso del procedimiento y, a continuación, la autora de este trabajo hace una pregunta relacionada con el mismo.

Ejemplo:

-Disolver 1.3 g de hidróxido de sodio en 50 mL de agua destilada.

¿Qué material utilizarás para colocar el reactivo en la balanza y qué debes hacer antes de pesar la sustancia correspondiente?

R. Vidrio de reloj. Antes de pesar, debo tarar la balanza.

Durante el desarrollo de la actividad, la autora de esta tesis monitoreó a cada equipo. Y al finalizar, se hizo la discusión plenaria.

Un aspecto relevante que se comentó es que en una reacción química ocurre la formación de nuevas sustancias, las cuales tienen propiedades diferentes. Para ejemplificar este hecho se les mostró a los alumnos algunas propiedades físicas (como el punto de fusión y la densidad), la fórmula y la estructura química de la glucosa y el ácido glucónico, para que se percataran de que son compuestos distintos, a pesar de que ambos tienen la misma apariencia (sólidos blancos).

Contexto

El contexto con el cual se relacionó esta actividad de laboratorio es el de las *prácticas profesionales*. Sobre este punto, se les mencionó a los estudiantes que una de las labores que un químico realiza es el análisis de las sustancias, cuya finalidad es identificar la composición química de estas y cuantificarlas. Haciendo alusión a este hecho, se explicó la importancia de dicha labor; para ello, se expuso que para la industria vinícola es vital conocer la concentración de glucosa en la uva (pues es un parámetro de la calidad de esta fruta) y también la concentración de ácido glucónico (ya que si se encuentra en altas cantidades puede disminuir la calidad del futuro vino) (Wardman, 1995).

Aunado a esto, tanto la actividad como la sesión en general dieron la pauta para decirles a los pupilos que el tema de los alimentos iba a ser un central durante el desarrollo de la intervención en el aula.

Observaciones

Para el tratamiento de residuos, se sugiere neutralizar el producto formado con ácido clorhídrico. Además, es deseable que se haga dentro de una campana de extracción y que haya ventilación adecuada.

Por otra parte, de acuerdo a lo sugerido por Deese et al. (2007), a nivel bachillerato es conveniente discutir de manera general las reacciones químicas llevadas a cabo en esta actividad. Aunado a ello, se debe enfatizar que el oxígeno es también un reactivo.

A2: *¿Por qué lloras?... ¡si fuiste tú quién me cortó!*

Descripción

La actividad consiste en explicarles a los alumnos el motivo por el cual lloramos al cortar una cebolla y, con base en dicha información, durante la plenaria se discutirá cuál o cuáles son los mejores “remedios” para evitar que esto suceda.

Respecto a este hecho, Imai et al. (2002) determinaron que el lagrimeo es ocasionado por una sustancia llamada sulfóxido de tiopropanal, cuyo origen es debido a una serie de reacciones químicas que tienen lugar al momento de cortar la cebolla.

Material:

Proyector y equipo de cómputo, en caso necesario.

Tareas previas

En casa, cada estudiante cortó una cebolla de tal forma y aplicó algún “remedio” que él (o ella) haya considerado más conveniente para evitar el lagrimeo; y se tomó una fotografía para demostrar lo que hicieron.

Posteriormente, cada equipo elaboró una presentación en PowerPoint a modo de *collage* con las fotografías de sus compañeros.

Desarrollo

Al inicio de la clase, cada integrante compartió con los otros miembros de su equipo su experiencia al cortar la cebolla, después eligieron la que les pareciera más adecuada y, con apoyo de la presentación en PowerPoint⁸, expusieron frente al grupo el porqué de su decisión.

Por último, se efectuó la discusión plenaria en la cual se explicaron las reacciones químicas involucradas al cortar una cebolla. Sobre este punto, se resaltó el hecho de que se generen, como productos de reacción, dos sustancias nuevas con propiedades diferentes, el sulfóxido de tiopropanal y el tiosulfonato. La primera de ellas actúa como un agente lacrimógeno, mientras que la segunda determina el sabor característico de la cebolla y es la precursora de varias sustancias que poseen actividad biológica importante (Imai et al., 2002); ya que estas le confieren, a la cebolla, ciertos beneficios potenciales para la salud, como el hecho que tenga actividad antiinflamatoria (Mataix y Barbancho, 2007).

También se les enseñó a los alumnos que la ecuación química es la representación de la reacción química. En este sentido, primero se les mostró un diagrama de afinidad del siglo XVIII (**Figura 3**) y se les indicó que este fue el precedente de la ecuación química actual.

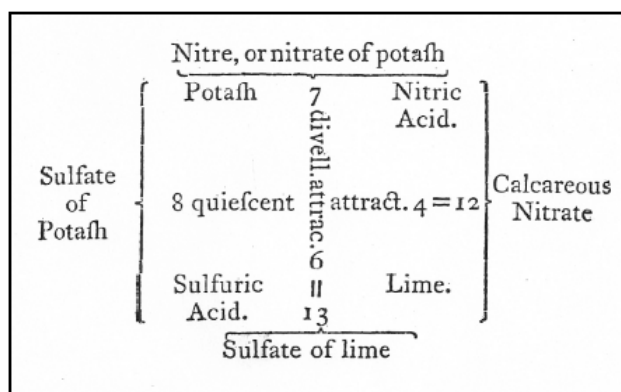


Figura 3. Diagrama de afinidad que muestra la reacción de doble descomposición entre el nitrato de calcio y el sulfato de potasio (Jensen, 2012).

Luego, tomando como ejemplo la síntesis de amoníaco, se volvió a enfatizar en la formación de nuevas sustancias, cuyas propiedades son diferentes de las que les dieron origen, se explicó el significado del coeficiente estequiométrico y subíndice y se les pidió a

⁸ Debido a que los alumnos no realizaron la tarea previa (presentación en PowerPoint), esta se hizo durante el tiempo de clase, para ello, se utilizó el equipo de cómputo disponible en el aula-laboratorio C-5 (ver Metodología).

los alumnos que representaran dicha reacción mediante el uso del “modelo de bolas” (Figura 4).

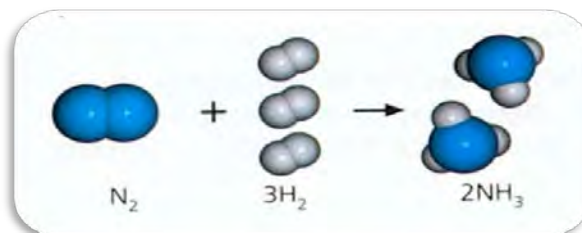


Figura 4. Síntesis de amoníaco (modelo de bolas). Descargada de: <http://www.quimicayalgomas.com/quimica-general/tipos-de-reacciones-quimicas>

A continuación, se les mostró la **Figura 5**, con la cual se hizo hincapié en que la reacción debe estar balanceada, es decir, que haya el mismo número de átomos en ambos lados de la ecuación. Así mismo, la **Figura 5** permitió que los estudiantes comenzaran a percatarse que en la reacción química ocurre un reacomodo de átomos y la ruptura y formación de enlaces.

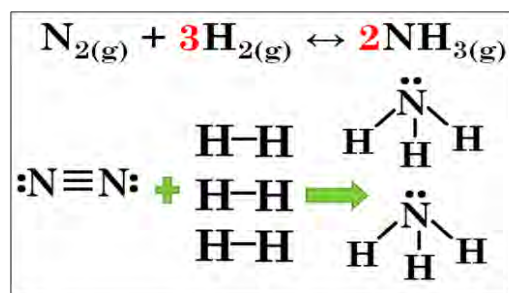


Figura 5. Síntesis de amoníaco.

Contexto

La presente actividad didáctica está enmarcada dentro del *dominio personal*, pues claramente el estudio de este hecho culinario contribuye al establecimiento de conexiones entre la vida cotidiana y los conocimientos científicos (De Jong, 2006a, 2006b).

Observaciones

De nueva cuenta, para este nivel educativo, se sugiere abordar las reacciones químicas que se llevan a cabo al cortar una cebolla de forma simple y general.

A3: ¡Qué rico huele!

Descripción

Está dividida en dos partes. La primera de ellas corresponde a una actividad de laboratorio que se empleó para exhibirles a los pupilos otro ejemplo de una reacción química. Se hicieron dos reacciones de esterificación en las cuales un ácido carboxílico y un alcohol reaccionaron en medio ácido para formar un éster (Morrison y Boyd, 1998). Dado que los ésteres generalmente poseen olores agradables, dicha actividad resulta interesante para los estudiantes.

La segunda parte consistió en la representación de las reacciones de esterificación mediante el uso de clips de colores. Al respecto, Cloonan et al. (2011) mencionan que la manipulación de pequeños objetos macroscópicos (como los clips de colores, bloques de plásticos, pelotitas de unicel o bolitas de hidrogel), que simulen ser átomos y moléculas, ayudan a que los aprendices conciban el nivel nanoscópico.

Primera parte

Material:

2 tubos de ensayo
Pinza para tubo de ensayo
Lámpara de alcohol o mechero Bunsen
4 vasos de precipitados de 50 ml
Algodón
Agitador de vidrio
Espátula
3 pipetas berales
Gradilla

Reactivos:

Ácido butanoico (ácido butírico)
Ácido etanoico (ácido acético)
Etanol
2-metil-4-butanol (alcohol isoamílico)
Ácido sulfúrico

En caso de no contar con ácido butanoico, se puede emplear mantequilla. Sobre este punto, Huerta et al. (2011) recomiendan realizar un tratamiento previo a la mantequilla, con la finalidad de eliminar impurezas como agua y ácidos grasos de cadenas más largas y trabajar con una mayor proporción de ácido butanoico. Para ello deberá hacerse lo siguiente:

- ~ Calentar la mantequilla hasta que la mayoría del agua se haya evaporado (Nota: la mantequilla puede saltar y producir quemaduras).
- ~ Eliminar la capa que se forma en la superficie y recolectar únicamente el líquido, ya que en el fondo estarán las impurezas sólidas.

Dado que el procedimiento descrito es tardado, se recomienda hacerlo de manera previa y con antelación.

Es importante mencionar que en este trabajo se utilizaron tres muestras diferentes debido a que no se tuvo ácido butanoico. Estas son: margarina, mantequilla fresca y mantequilla “tratada” (se le aplicó el tratamiento propuesto por Huerta et al., 2011).

Los equipos 1 y 6 trabajaron con la mantequilla fresca, el 2 y 5 con la margarina y el 3 y 4 con la mantequilla “tratada”. Cabe destacar que se obtuvieron mejores resultados con la mantequilla “tratada”.

Segunda parte

Material:

Clips de colores para cada equipo

Tareas previas

Los estudiantes investigaron las fichas de seguridad de los reactivos que usaron, estos son: ácido butanoico (ácido butírico), ácido etanoico (ácido acético), etanol, 2-metil-4-butanol (alcohol isoamílico) y ácido sulfúrico.

Desarrollo

Primera parte

Antes de comenzar, se les solicitó a dos equipos que leyeran las fichas de seguridad de los reactivos a emplear. Después, se llevó a cabo una dinámica de trabajo para que los estudiantes decidieran el material que debían utilizar, esta es muy similar a la que se hizo en Botella azul.

Dinámica de trabajo

Un estudiante de cada equipo lee un paso del procedimiento y, a continuación, la autora de este trabajo hace una pregunta relacionada con el mismo.

Ejemplo:

-Calentar suavemente la muestra asignada hasta tenerla en estado líquido.

¿Qué material emplearás para calentar y con qué sostendrás el tubo de ensayo mientras lo calientas

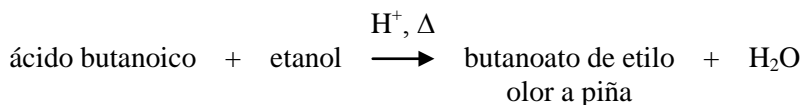
R. Lámpara de alcohol o mechero Bunsen y sostendré el tubo con unas pinzas para tubo de ensayo.

Además, se les comentó que, durante el calentamiento, evitaran dirigir la abertura de los tubos de ensayo hacia algún compañero porque el contenido se puede proyectar y también que procuraran tener el cabello recogido para evitar algún incidente con la lámpara de alcohol o mechero Bunsen.

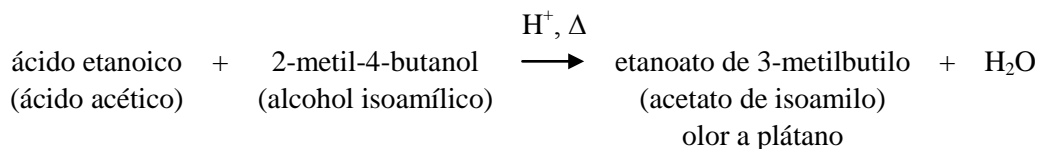
Durante el desarrollo de la actividad, la autora de esta tesis monitoreó a cada equipo. Y al terminar, se hizo la discusión plenaria.

Un aspecto que llamó la atención de los estudiantes fue el peculiar olor que se percibió, así que este hecho permitió hablar acerca de las reacciones químicas que tuvieron lugar⁹ y reforzar la idea de la formación de nuevas sustancias.

Reacción 1:



Reacción 2:



Con estas reacciones y con la de la síntesis de amoníaco (vista en la A2: *¿Por qué lloras?... ¡si fuiste tú quién me cortó!*) se explicaron las reacciones de síntesis, ya que la reacción de

⁹ En la primera parte solamente se mostraron los nombres de los reactivos y productos, además, para la segunda reacción se manejaron los nombres comunes de cada sustancia.

descomposición del ácido clorhídrico se empleó para explicar en qué consisten las reacciones de descomposición, ver **Figura 6**.

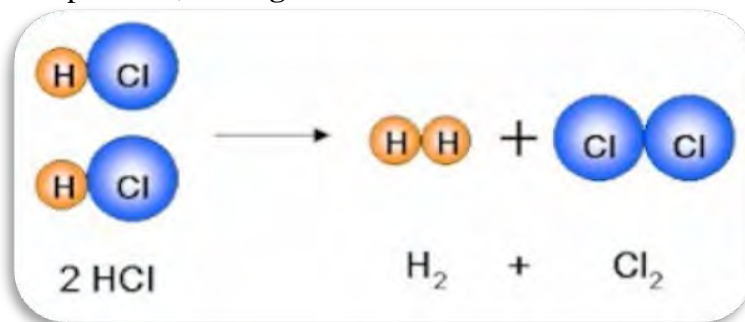
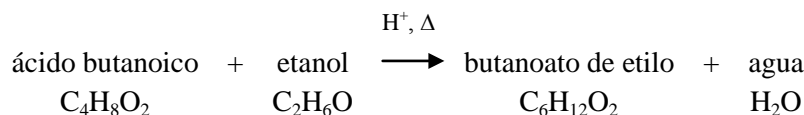


Figura 6. Descomposición del ácido clorhídrico (adaptación). Descargada de: <http://www.taringa.net/post/ciencia-educacion/7137703/Funciones-en-Quimica-inorganica-y-reacciones-quimicas.html>

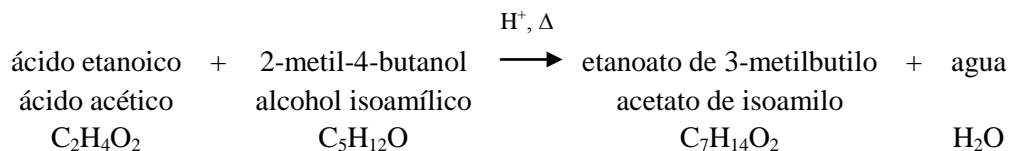
Segunda parte¹⁰

Se llevó a cabo la actividad con los clips de colores; para ello, se les indicó a los alumnos que representaran con los clips las ecuaciones químicas de las reacciones que ocurrieron en cada tubo de ensayo. Se les asignó la siguiente información.

Tubo de ensayo 1:



Tubo de ensayo 2:



CONDICIONES

- ~ Carbono sólo se puede enlazar con cuatro átomos.
- ~ Hidrógeno sólo se puede enlazar con un átomo.
- ~ Oxígeno sólo se puede enlazar con dos átomos o formar dobles enlaces.
- ~ El número total de átomos no cambia (ecuación química debe estar balanceada).
- ~ Uno de los productos es agua.

Debido a que 4 equipos plasmaron la estructura de un éter, en vez de la del etanol, se les solicitó que investigaran qué es y para qué sirve el etanol ($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$) y el dimetil éter ($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$), ya que esta información se utilizó para explicar lo que es un isómero.

¹⁰ La segunda parte de la A3: *¡Qué rico huele!* se hizo durante la siguiente sesión (ver Metodología).

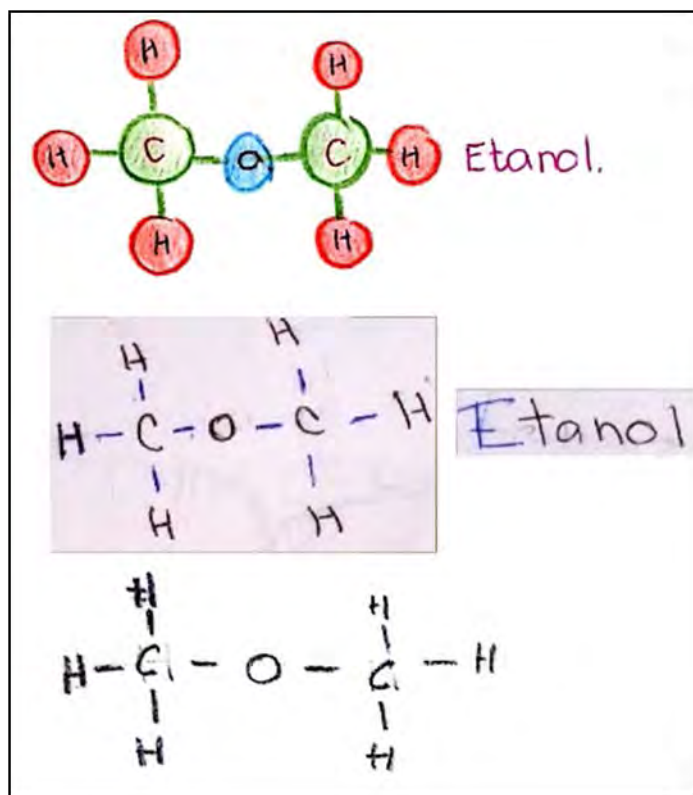


Imagen 3. Representaciones de los equipos 3, 4 y 6, respectivamente.



Imagen 4. Representación del equipo 2.

Contexto

La actividad pertenece al dominio de las prácticas profesionales, pues fue utilizada para mostrarle a los alumnos otra de las labores de un químico, la síntesis de sustancias. Como material de apoyo se empleó el contador de sustancias del CAS (<http://www.cas.org/>) y la gráfica de la **Figura 7** que exhibe el rápido incremento en la cantidad de nuevas sustancias registradas.

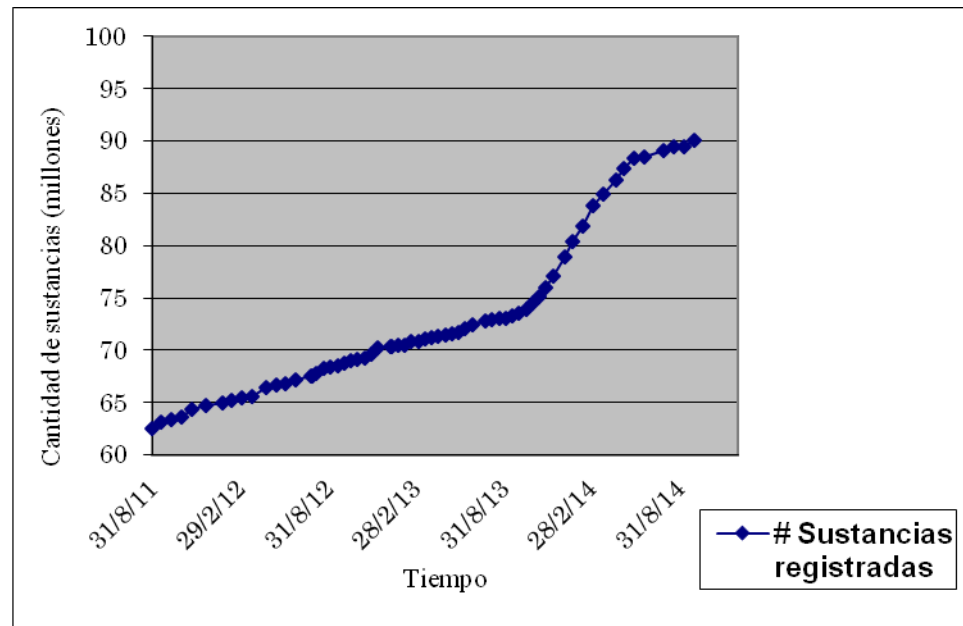


Figura 7. Contador de sustancias.

También se les comentó a los aprendices que las dos sustancias generadas son de gran valor para la industria alimenticia, ya que son empleadas como saborizantes.

Observaciones

Se sugiere que el docente prepare las soluciones ácidas de alcohol. Para ello, Huerta et al. (2011) mencionan que se debe mezclar 5 mL de etanol o alcohol isoamílico, según sea el caso, con 3 mL de ácido sulfúrico (Nota: este procedimiento se debe hacer debajo de una campana de extracción y con suma precaución, porque al mezclarse puede desprenderse calor y saltar).

Además, hay que indicarles a los alumnos que no huelan de manera directa los tubos de ensayo, sino que sólo perciban el olor impregnado en el algodón.

Por otra parte, para el tratamiento de residuos, las soluciones ácidas de alcohol se pueden neutralizar con hidróxido de sodio, los algodones se pueden desechar en un bote de basura y el contenido de los tubos de ensayo se deberá verter en un recipiente cerrado y etiquetado.

A4: Pobrecitos, los marines

Descripción

Para llevar a cabo dicha actividad se adaptó la lectura “Pobrecitos, los marines” de Sosa (2012).

Material:

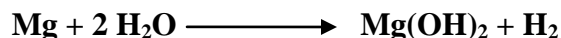
Lectura y clips de colores

Tareas previas

No hubo.

Desarrollo

Un integrante de cada equipo leyó un párrafo y, posteriormente, se resolvió la hoja de trabajo correspondiente, también se usaron clips de colores para representar una ecuación química.



Por último, en la discusión plenaria se relacionó dicha actividad con el contexto en cuestión y se hizo una recapitulación de lo aprendido durante la intervención en el aula. La siguiente imagen muestra una lluvia de ideas construida por los alumnos.

¿QUÉ APRENDIMOS DE LA REACCIÓN QUÍMICA?

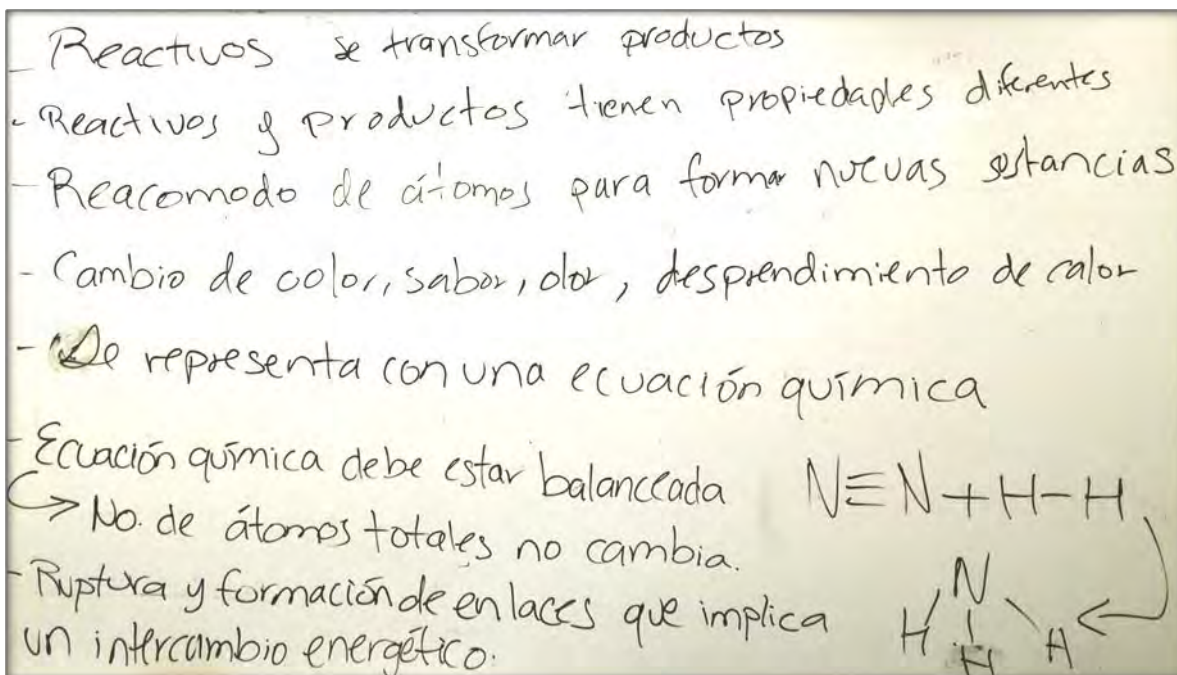


Imagen 5. Lluvia de ideas respecto al concepto de reacción química.

Contexto

Tanto el *dominio de la sociedad como el de la ciencia y la tecnología* están presentes en la lectura, y como tal fueron abordados en la discusión plenaria.

En el primer caso, se les hizo ver a los alumnos que la ciencia no es ajena a la sociedad, es decir, que los científicos no sólo se preocupan por inventar teorías y hacer descubrimientos (sin que les interese si estos se usan o cómo se usan), sino que también se ocupan de los problemas de la sociedad o, por lo menos, de un sector en particular (Rioseco y Romero, 1997).

En el segundo caso, la lectura puede dar pie a discusiones vinculadas con la naturaleza de la ciencia y el modo de actuar de los científicos.

Observaciones

La lectura fue de utilidad para realizar la vinculación entre los niveles de representación macroscópico, submicroscópico y simbólico. El nivel macroscópico queda evidenciado por el hecho de que gracias a la reacción química exotérmica, los marines pueden disfrutar de una comida caliente. Mientras que los niveles submicroscópico y simbólico fueron explicados por medio de la ecuación química y los clips de colores.

Finalmente, es importante mencionar que para las dos actividades de laboratorio (*Botella azul* y *¿Qué rico huele!*) es indispensable el uso de la bata y tomar en cuenta las medidas de seguridad pertinentes. Por otra parte, las dinámicas de trabajo para que los pupilos decidieran el material que iban a utilizar y la consulta de las fichas de seguridad forman parte del conjunto de contenidos procedimentales (Millar et al., 1999; Suárez et al., 2015) que se procuró fomentar en los estudiantes. Así mismo, el tratamiento de residuos se hizo con la finalidad de promover una cultura de cuidado del medio ambiente y corresponde al conjunto de contenidos actitudinales (Suárez et al., 2015).

Diario de clase

El diario de clase estuvo conformado por cuatro preguntas, las cuales se respondieron al finalizar cada sesión en la que se llevó a cabo alguna actividad didáctica. Estas son:

- 1) ¿Qué aprendí de reacción química?
- 2) ¿Qué no entendí de reacción química?
- 3) ¿Qué me gustó o disgustó de la actividad?
- 4) ¿Cómo me sentí al realizar la actividad?

Cabe mencionar que solamente la primera de ellas se respondió en equipo, ya que las tres restantes se contestaron de manera individual.

Este diario, además de ser utilizado para la recolección de información, constituye un instrumento didáctico que permite estimular procesos de pensamiento, ayudar a desarrollar la metacognición, a organizar las ideas, etc. (Díaz, 2015).

Las preguntas 1 y 2 tuvieron como propósito que los alumnos reflexionaran sobre lo que habían aprendido y sobre lo que aún no les quedaba claro (Guzmán et al., 2005). En este sentido, están relacionadas con la información interna cognitiva (Díaz, 2015). Por otra parte, las preguntas 3 y 4 sirvieron para conocer la percepción de los estudiantes respecto de las actividades realizadas y, en particular, la pregunta 4 está vinculada con la información interna emocional (Díaz, 2015).

Cabe mencionar que las respuestas a la pregunta ¿Qué no entendí de reacción química? fueron utilizadas para la **Sesión de cierre**. Dicha sesión consistió en una discusión plenaria que permitió resolver las dudas de los alumnos relacionadas con el concepto de reacción química y/o de alguna actividad en particular.

7. Resultados y Análisis

Este capítulo está dividido en tres secciones, ya que cada una de ellas muestra los resultados obtenidos y el análisis de los mismos a través de distintos elementos.

En la primera sección se exhiben los resultados derivados de la aplicación del pretest y postest, específicamente, los relacionados con las preguntas del tema disciplinar.

Para la segunda sección se emplearon las preguntas 3 (*¿Qué me gustó o disgustó de la actividad?*) y 4 (*¿Cómo me sentí al realizar la actividad?*) del diario de clase de la propuesta didáctica, pues la finalidad de estas es exponer la percepción y opinión de los estudiantes respecto de las actividades que se llevaron a cabo.

La tercera sección pone de manifiesto los diversos productos conseguidos con las preguntas 3, 5 y 7 del postest y con la hoja de trabajo de una actividad de la propuesta didáctica.

En general, para la presentación de resultados se utilizaron tablas y gráficas. Además, debido a que la mayoría de los datos vienen en forma de palabras, fue necesario elaborar una serie de categorías y subcategorías, las cuales emergieron a partir de dichos datos (salvo que se indique lo contrario).

De acuerdo con Evans (2009b), las categorías tienen el propósito de reducir la cantidad total de datos, de tal manera que nos ayudan a centrarnos en los aspectos que realmente son de interés para la presente investigación.

Aunado a esto, se recurrió al uso de *redes sistémicas* para organizar y analizar los datos obtenidos. Las redes sistémicas son estructuras que muestran las interrelaciones entre las ideas expresadas y permiten conectar la descripción de los datos con las posibles características o interpretaciones de estos (Bliss et al., 1983).

Jorba y Sanmartí (1996) comentan que este recurso metodológico es útil “para averiguar qué entendemos de las respuestas de un estudiante a una entrevista o cuestionario abierto” (p. 261). En este sentido, los autores reconocen que las redes sistémicas permiten dar la información necesaria para estudiar las expresiones desde varios puntos de vista, pues una misma palabra puede ser empleada por los alumnos para decir diferentes ideas o, por el contrario, distintas palabras pueden referirse a una misma idea. Así pues, el análisis sistémico busca recoger el significado del conjunto de palabras.

Cabe mencionar que para la elaboración de las redes sistémicas se siguieron los criterios establecidos por Bliss et al. (1983).

Por último, es importante destacar que las distintas secciones pueden mostrar ejemplos de respuesta, aunque, por cuestiones de confidencialidad se optó por asignarle un código al nombre de cada estudiante (“6F1” indica número de equipo–sexo F/M–número de estudiante).

7.1 Primera sección: pretest y postest

Las respuestas (datos) aportadas por el pretest y postest fueron comparadas con la finalidad de conocer el grado de apropiación de los conocimientos por parte de los estudiantes. Así mismo, estas pruebas constituyen un referente para determinar la eficacia de la propuesta didáctica en relación con los objetivos de la misma (Méheut y Psillos, 2004).

De las seis preguntas relacionadas con el tema disciplinar, dos de ellas fueron descartadas; porque la mayoría de las respuestas fueron ambiguas. Estas son:

- Pregunta 4.** ¿Qué caracteriza a una reacción química?
- Se forman unas sustancias (productos) a partir de otras (reactivos).
 - Se produce un intercambio energético, con absorción o desprendimiento de energía.
 - Los átomos se reagrupan sin que el número total de átomos cambie.
 - Todas las respuestas anteriores.

Justifica tu respuesta: _____

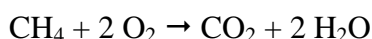
- Pregunta 6.** Menciona dos situaciones que impliquen un cambio físico y dos que impliquen un cambio químico y justifica el por qué las elegiste.

Por consiguiente, únicamente se tomaron en cuenta cuatro preguntas, las cuales son:

- Pregunta 2.** Con tus propias palabras, explica qué es una reacción química.
- Pregunta 8.** ¿Qué ocurre durante una reacción química?
- Los átomos de los reactivos se mantienen unidos.
 - Los átomos de los reactivos se reorganizan y se agrupan de otra manera para dar lugar a los productos.
 - Una sustancia cambia de propiedades pero sigue siendo la misma sustancia.
 - Los átomos de los reactivos nunca se reorganizan para dar lugar a los productos.

Justifica tu respuesta: _____

- Pregunta 9.** Dos sustancias blancas, A y B, se ponen en contacto y después de cierto tiempo se aprecia la aparición de un color amarillo. Explica qué sucedió.
- Pregunta 10.** Representa gráficamente la siguiente reacción química:



El tratamiento de datos para las preguntas 2, 8 y 9 fue similar. Este consistió en la categorización de las respuestas del pretest y postest, por lo tanto, cada cuestionario cuenta con su propia clasificación.

Cabe mencionar que los criterios de las categorías y subcategorías¹¹ para estas preguntas se hicieron con base en las siguientes referencias: Stavridou y Solomonidou (1998), Johnson (2002), Solsona et al. (2003) y Hadenfeldt y Neumann (2014).

En cambio, para la pregunta 10, el procedimiento fue distinto, ya que las respuestas del pretest y postest sólo se compararon y, con base en sus diferencias, se agruparon en una clasificación general.

¹¹ En el Anexo IV se pueden observar todas las categorías y subcategorías que fueron creadas, así como una descripción de las mismas.

Debido a lo anteriormente mencionado, en primera instancia, se expondrán los resultados de la pregunta 10.

7.1.1 Resultados y análisis por pregunta del pretest y postest

Pregunta 10

Las respuestas aportadas por los alumnos fueron agrupadas en tres categorías.

1. No hubo cambios

A esta categoría pertenecen las respuestas que tanto en pretest como en postest estuvieron correctas, es decir, que las representaciones y el manejo de subíndices y coeficientes estequiométricos es correcto.

Ejemplos de respuesta

Ejemplo 1

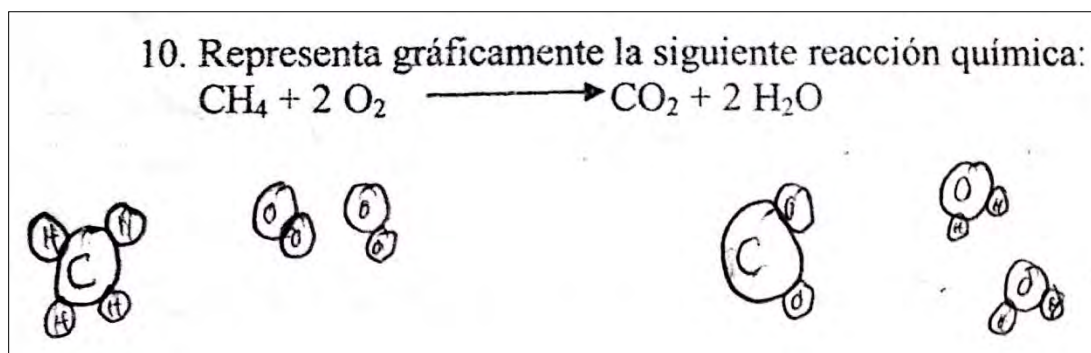


Imagen 6. Respuesta de pretest de 3M1.

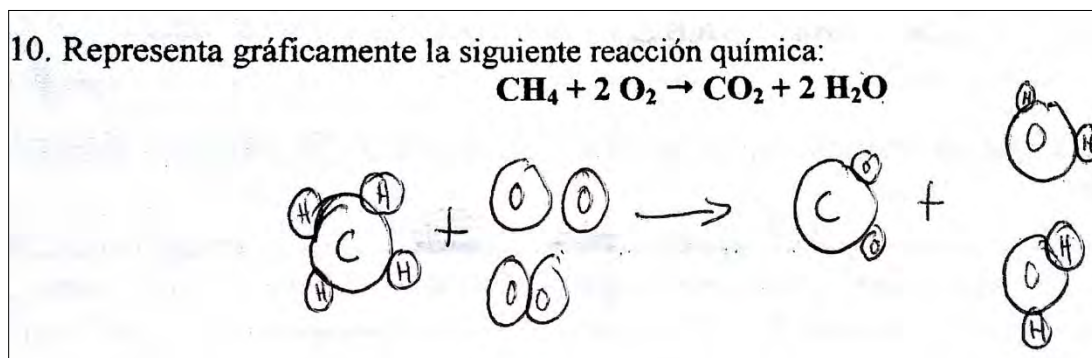


Imagen 7. Respuesta de postest de 3M1.

Ejemplo 2

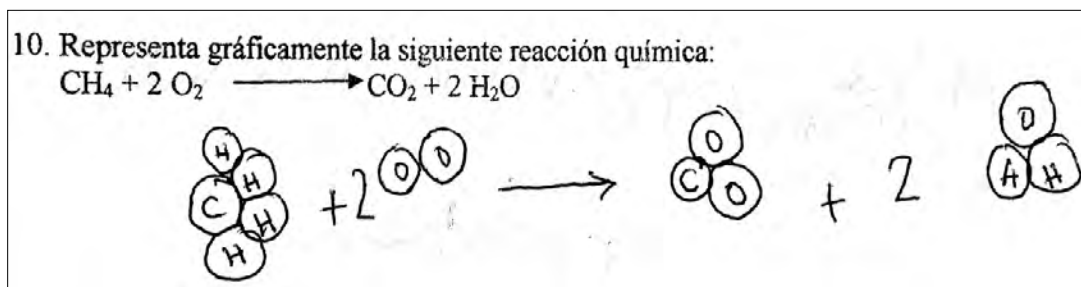


Imagen 8. Respuesta de pretest de 2F1.

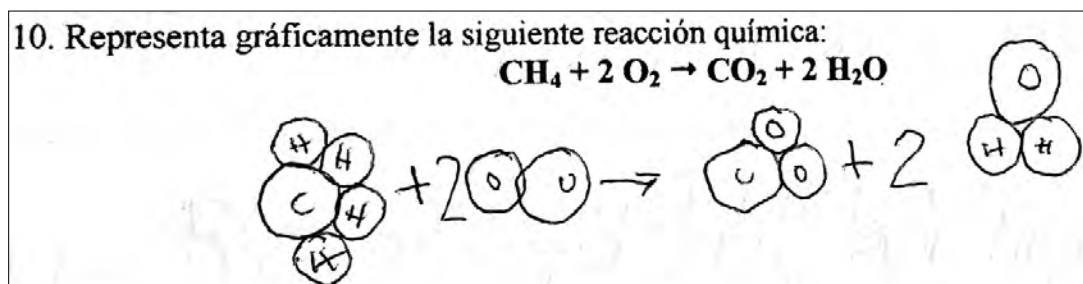


Imagen 9. Respuesta de postest de 2F1.

2. Hubo cambios

En esta categoría se observan diferencias entre el pretest y postest. Además, se encuentra dividida en cinco subcategorías:

- Representación correcta. Hay errores en el pretest, pero en el postest las representaciones y el manejo de subíndices y coeficientes estequiométricos son correctos.

Ejemplo de respuesta

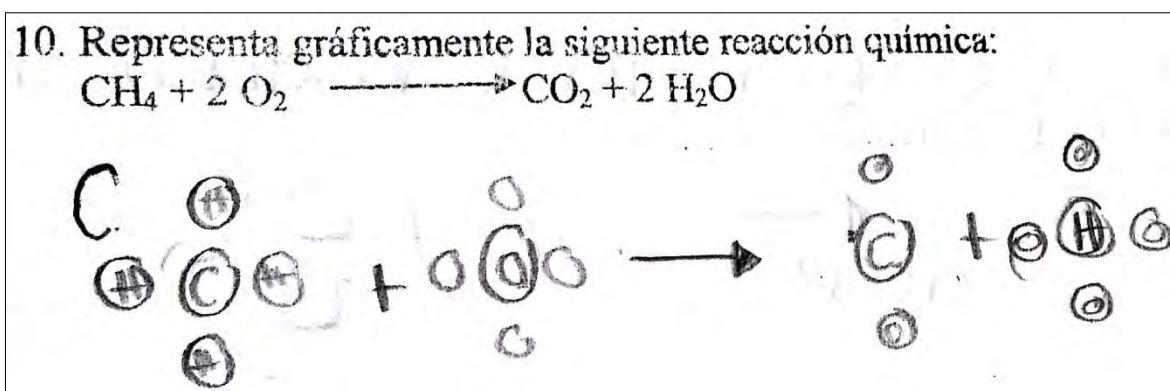


Imagen 10. Respuesta de pretest de 2F2.

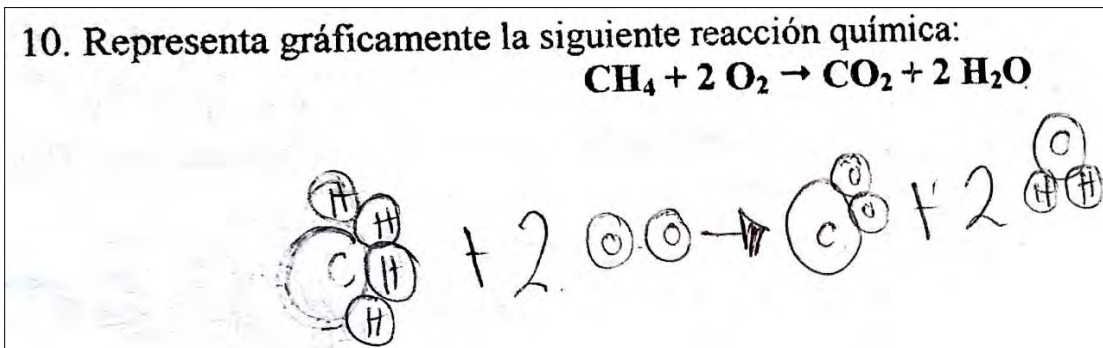


Imagen 11. Respuesta de posttest de 2F2.

- b) Un error. Hay errores en el pretest o las representaciones son ambiguas. En el caso del posttest se aprecian varias diferencias, pero aún persiste un error. Para esta subcategoría en particular se detectaron dos tipos de errores, uno de ellos es debido a la representación incorrecta del dióxido de carbono (CO_2), mientras que el otro es debido a la representación incorrecta del agua (H_2O).

Ejemplos de respuesta

Ejemplo 1. Error en la representación del CO_2

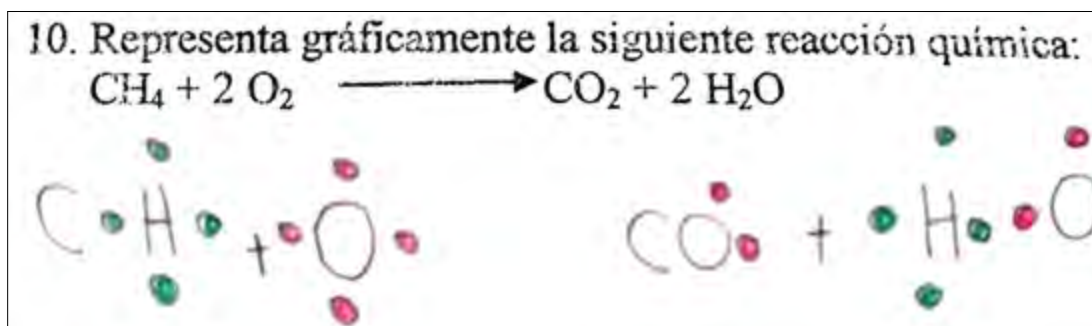


Imagen 12. Respuesta de pretest de 3F4.

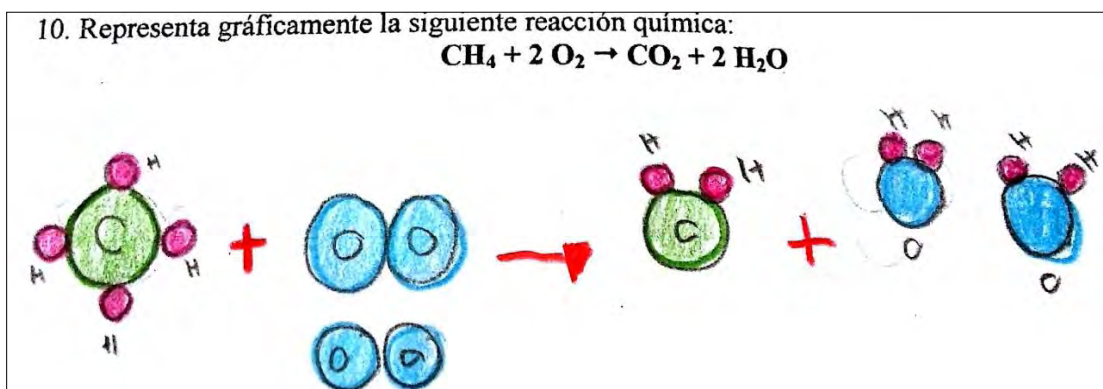


Imagen 13. Respuesta de posttest de 3F4.

Se puede observar en la **Imagen 13** que la representación correspondiente al dióxido de carbono es incorrecta, en vez de ser CO₂ dice CH₂.

Ejemplo 2. Error en la representación del H₂O

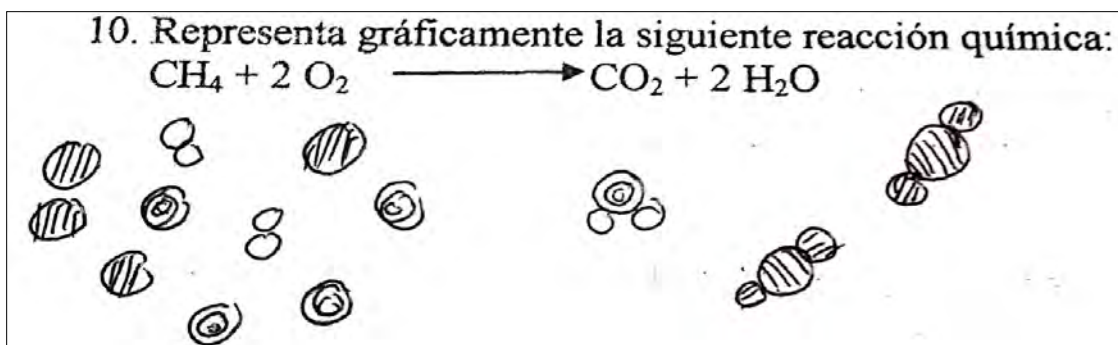


Imagen 14. Respuesta de pretest de 5M2.

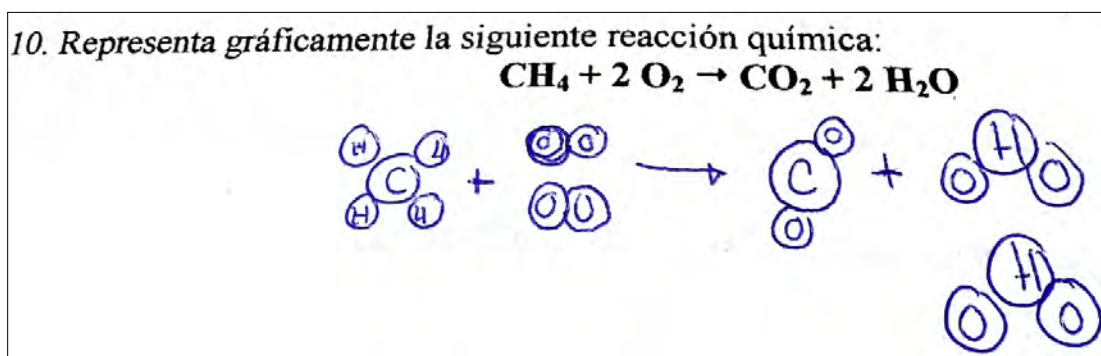


Imagen 15. Respuesta de postest de 5M2.

Se puede observar en la **Imagen 15** que la representación correspondiente al agua es incorrecta, en vez de ser H₂O dice HO₂.

- c) Cambios evidentes con presencia de errores. Las representaciones en pretest son ambiguas o erróneas. En el postest se aprecia una mejoría, sin embargo, la representación de algún producto o el manejo de subíndices y coeficientes estequiométricos es incorrecto.

Ejemplo de respuesta

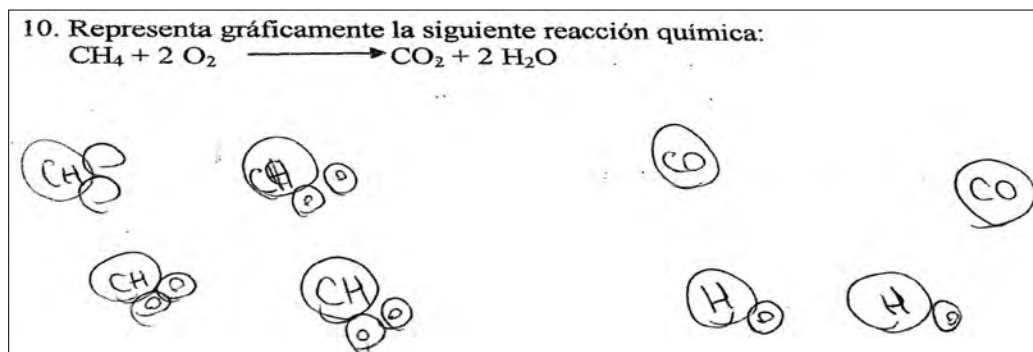


Imagen 16. Respuesta de pretest de 4F1.

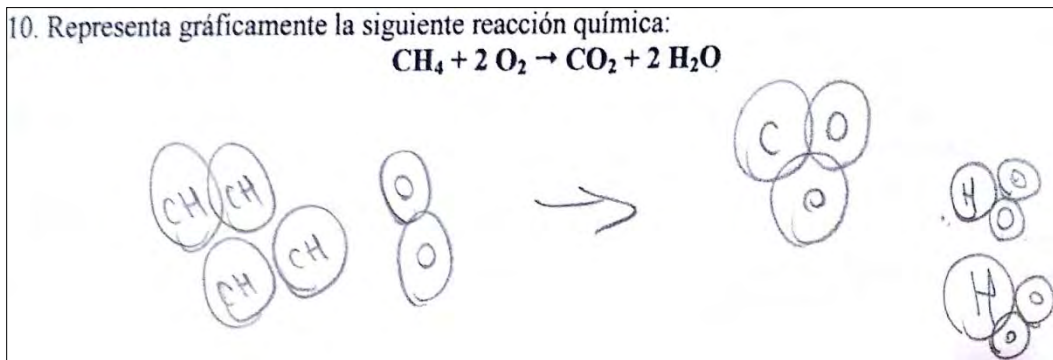


Imagen 17. Respuesta de postest de 4F1.

Se puede observar en la **Imagen 17** que la representación del CO_2 y la del O_2 son correctas, aunque en el último caso no tomó en cuenta el coeficiente estequiométrico. Por otra parte, la representación correspondiente al agua es incorrecta, en vez de ser H_2O dice HO_2 .

- d) Persiste algún error. La representación de algún reactivo (CH_4 u O_2) o producto (CO_2 o H_2O) es incorrecta en pretest y postest

Ejemplo de respuesta

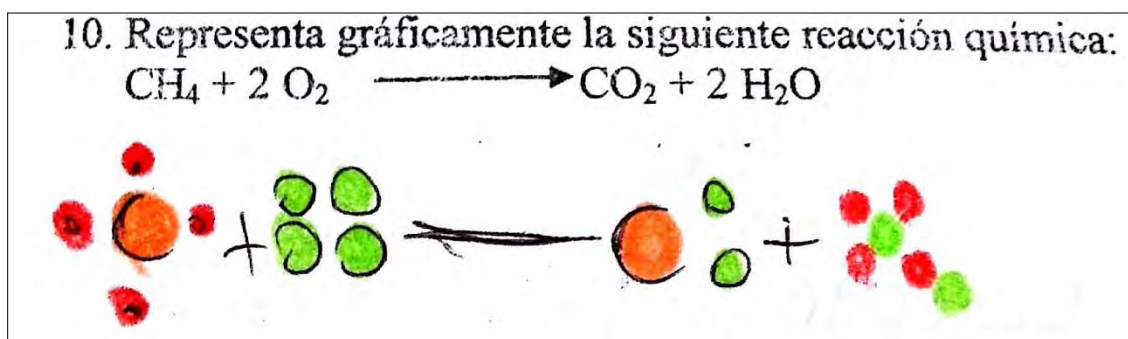


Imagen 18. Respuesta de pretest de 2M1.

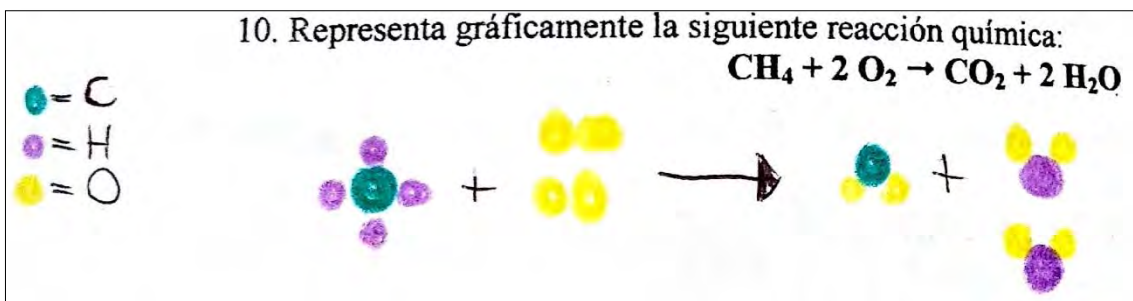


Imagen 19. Respuesta de postest de 2M1.

Se puede observar en las **Imágenes 18 y 19** que la representación correspondiente al agua es incorrecta. En el segundo caso en vez de ser H_2O dice HO_2 .

- e) Pretest correcto, postest incorrecto. En el caso del pretest, las representaciones y el manejo de subíndices y coeficientes estequiométricos es correcto, pero sucede lo contrario en el postest.

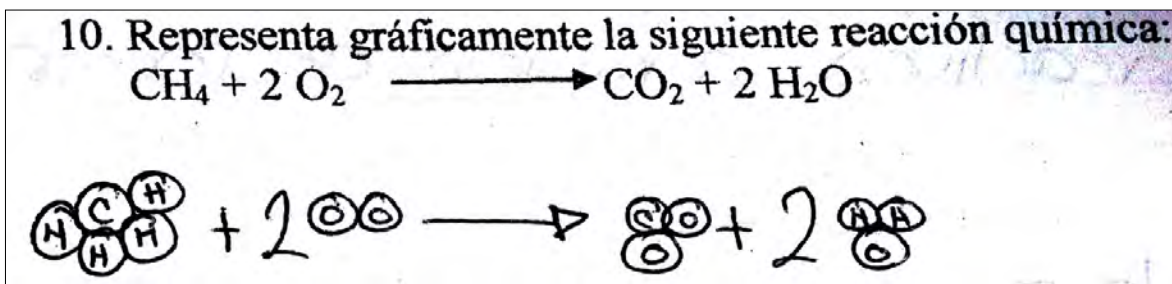


Imagen 20. Respuesta de pretest de 1F2.

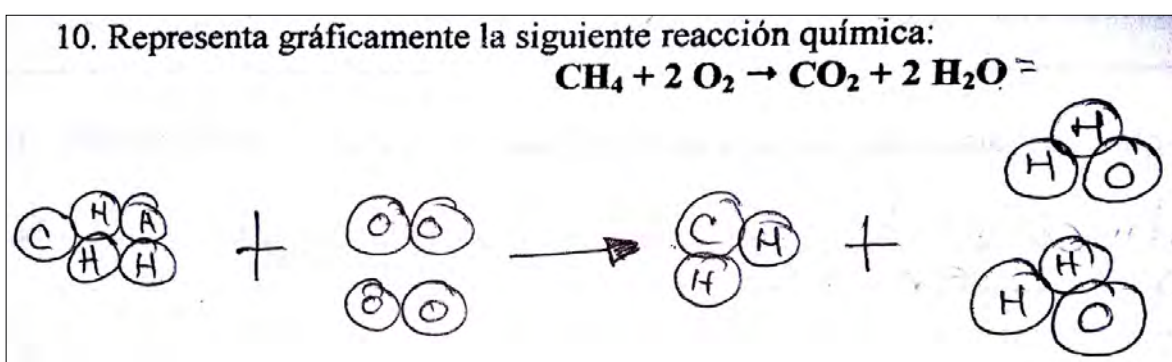


Imagen 21. Respuesta de postest de 1F2.

La **Imagen 21** muestra que la estudiante 1F2 se equivocó al representar al dióxido de carbono, pues escribió CH_2 en vez de CO_2 . Mientras que en la **Imagen 20** se puede apreciar que lo hizo de manera correcta.

3. Indeterminado

Esta categoría abarca aquellas cuestiones en las que no fue posible encontrar diferencias entre el pretest y el postest; ya sea porque no hay respuesta a la pregunta o porque las representaciones no cuentan con alguna simbología o notación que permitan su interpretación.

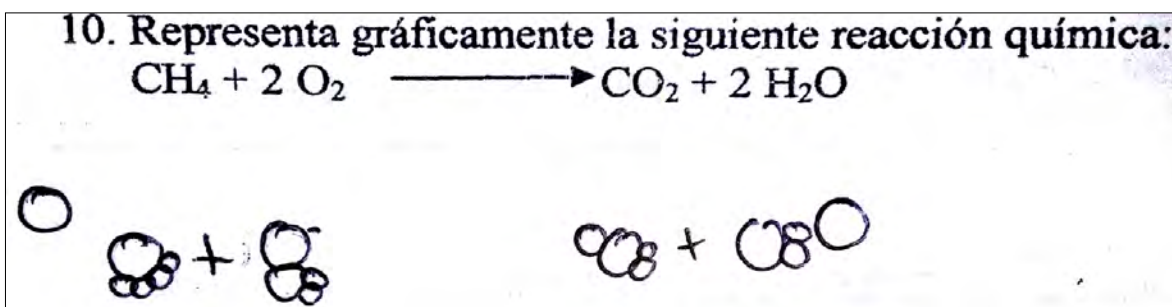


Imagen 22. Respuesta de pretest de 4M2.

10. Representa gráficamente la siguiente reacción química:


$$\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$$


Imagen 23. Respuesta de posttest de 4M2.

Es de notar que tanto la **Imagen 22** como la **Imagen 23** no cuentan con alguna simbología o información adicional que nos permitan determinar qué tipo de cambio hubo.

A continuación, en la **Figura 8** se presenta una gráfica donde se muestra que más de la mitad del alumnado presentó algún tipo de cambio en su respuesta del posttest. También muestra que un pequeño porcentaje de estudiantes no tuvieron errores en sus representaciones, lo cual indica que fueron capaces explicar lo que ocurre en una reacción química a través de sus dibujos.

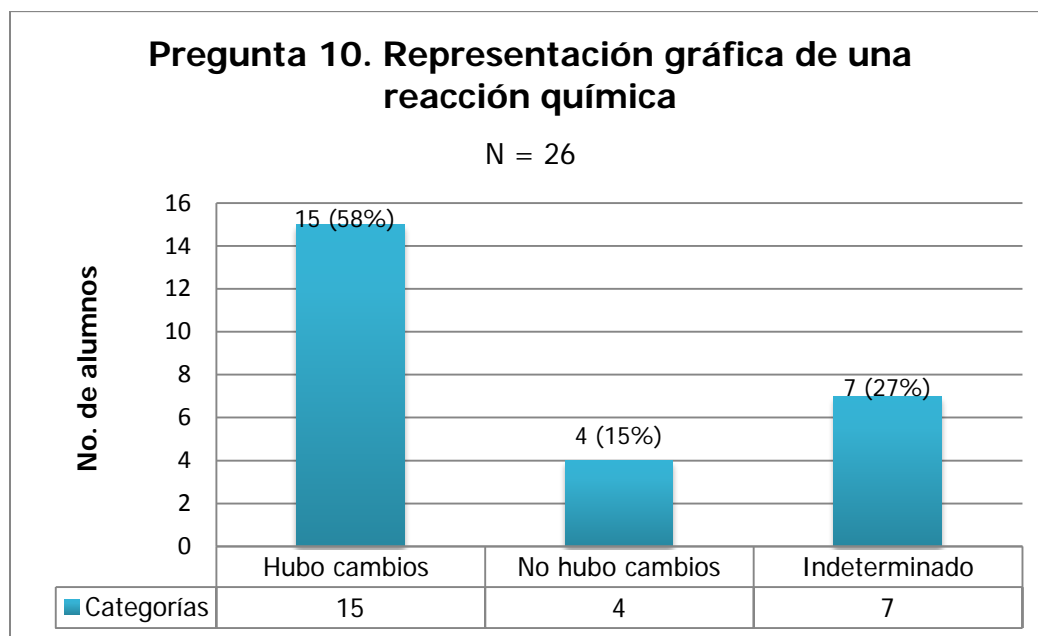


Figura 8. Categorías para Pregunta 10.

Por otra parte, en la **Figura 9** se exhibe que hubo un progreso importante en relación a las respuestas de los alumnos, aunque, aún les resulta complicado interpretar la información que aporta una ecuación química, en especial, los subíndices y coeficientes estequiométricos.

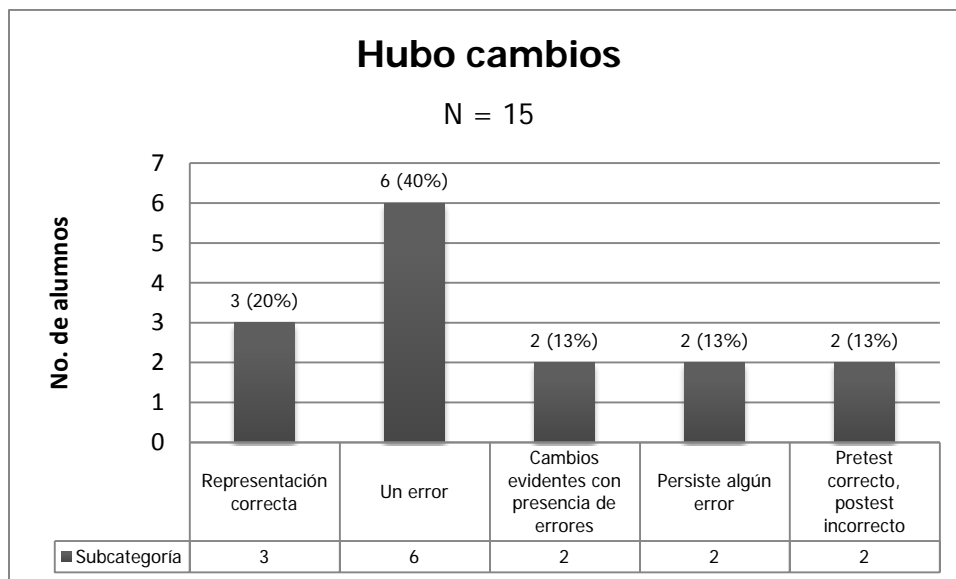


Figura 9. Subcategorías para Pregunta 10.

En la **Figura 10** se presentan todas las categorías y subcategorías que se generaron a partir de los datos aportados por la pregunta 10.

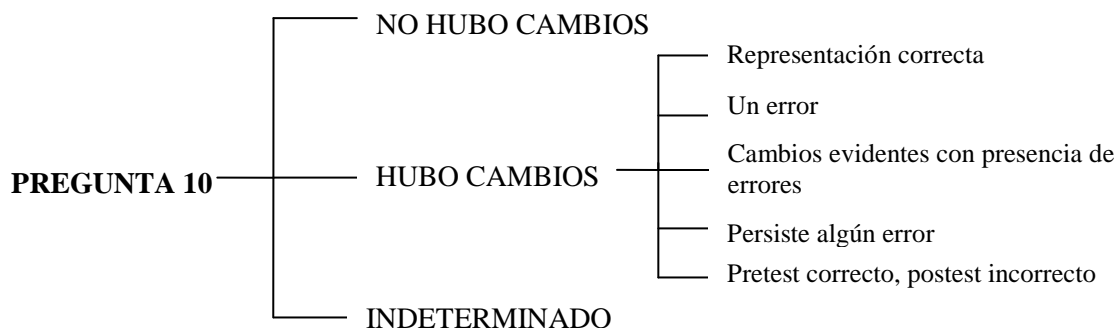


Figura 10. Red sistémica de clasificación de la Pregunta 10.

Los resultados de la pregunta 10 ponen de manifiesto que gran parte del grupo experimental tiene varias dificultades relacionadas con el nivel simbólico, en particular, aquellas asociadas a la ecuación química. Esta situación coincide con lo reportado por Cheng y Gilbert (2009), quienes señalan que algunos alumnos no comprenden el significado del subíndice y el coeficiente estequiométrico. Así mismo, de acuerdo con Nakhleh (1992), los pupilos encuentran difícil utilizar la información aportada por los coeficientes y subíndices para construir moléculas individuales.

Pregunta 2

La **Figura 11** y la **Tabla 12** exhiben las categorías que surgieron, así como el número de alumnos y el porcentaje de estos asignados a cada una de ellas.

Tabla 12. Categorías para Pregunta 2.

Categoría	# alumnos (pretest)	% (pretest)	# alumnos (posttest)	% (posttest)
Respuesta ambigua	2	8%	0	0%
Mezcla	1	4%	0	0%
Cambio físico	1	4%	0	0%
Interacción entre sustancias	8	31%	0	0%
Cambios en las sustancias	6	23%	5	19%
Existencia de dos sustancias iniciales	2	8%	0	0%
Ideas asociadas a la reacción química	6	23%	21	81%
TOTAL	26	100%	26	100%

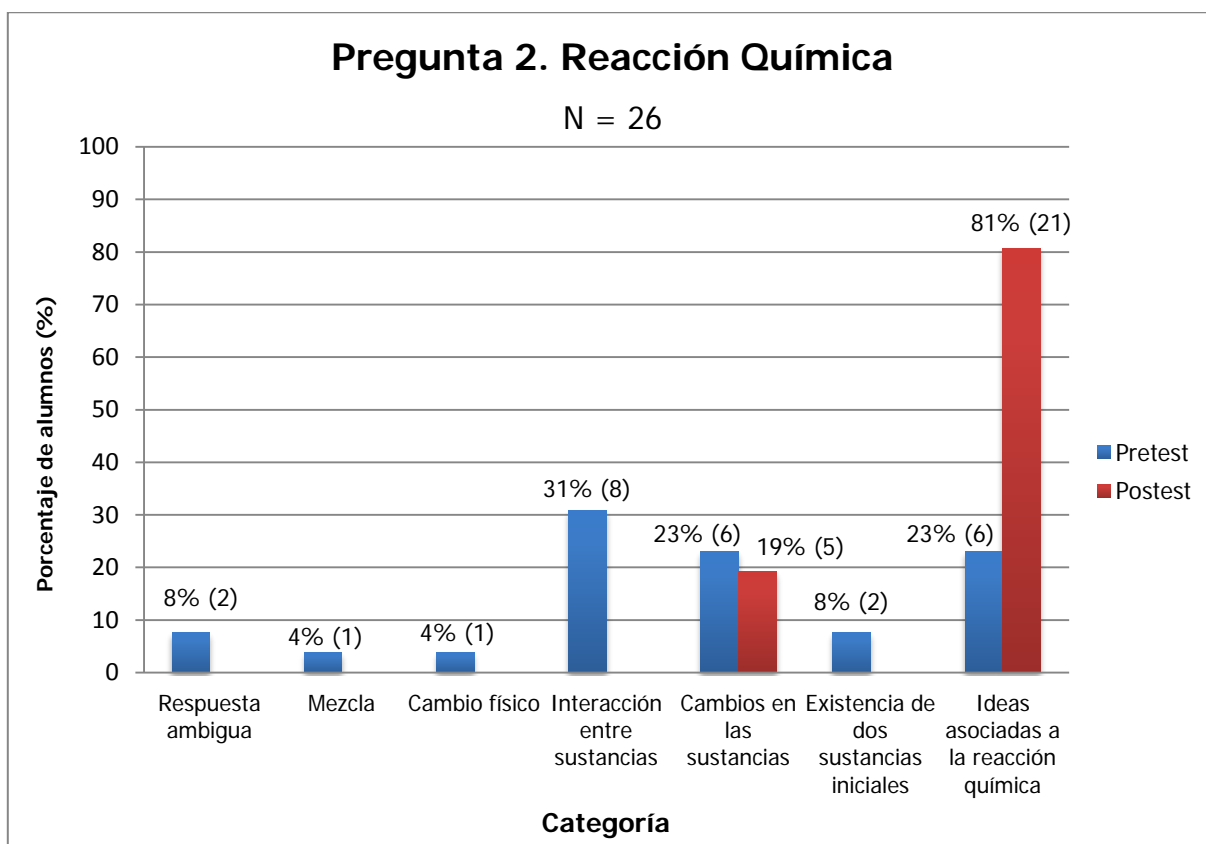


Figura 11. Categorías para Pregunta 2.

En la Figura 10, se observa que hay cambios notorios en la mayoría de las categorías. En especial, la categoría Ideas asociadas a la reacción química aumenta pasando de un 23% a un 81%; mientras que otras como Mezcla, Cambio físico o Interacción entre sustancias desaparecen.

Ejemplos de respuesta

Ejemplo 1.

Estudiante 5M1 - Pretest

2. ¿Qué es una reacción química?

el cambio que se produce en alguna cosa.

Transcripción: "El cambio que se produce en alguna cosa."

Estudiante 5M1 - Postest

2. Con tus propias palabras, explica qué es una reacción química

es cuando se producen nuevas sustancias a partir de otras

Transcripción: "Es cuando se producen nuevas sustancias a partir de otras."

Ejemplo 2.

Estudiante 3F2 - Pretest

2. ¿Qué es una reacción química?

Cuando cambia de estado en la materia.

Transcripción: "Cuando cambia de estado la materia."

Estudiante 3F2 - Postest

2. Con tus propias palabras, explica qué es una reacción química

Es una reacción que forma nuevos productos en donde se reacomodan los átomos para crear nuevas sustancias

Transcripción: "Es una reacción que forma nuevos productos en donde se reacomodan los átomos para crear nuevas sustancias."

Ejemplo 3.

Estudiante 5M2 - Pretest

2. ¿Qué es una reacción química?

el contacto de dos sustancias

Transcripción: "El contacto de dos sustancias."

2. Con tus propias palabras, explica qué es una reacción química

Es la combinación de dos o más sustancias (reactivos) que dan como resultado una nueva sustancia

Transcripción: “Es la combinación de dos o más sustancias (reactivos) que dan como resultado una nueva sustancia.”

Los ejemplos mostrados indican que hubo un avance en relación con las respuestas dadas por los alumnos. Se observa que las tres respuestas del postest hablan sobre la formación de nuevas sustancias, inclusive, la respuesta del postest de la estudiante 3F2 muestra que concibe lo que sucede en una reacción química a nivel submicroscópico.

Las **Figuras 12 y 13** muestran las categorías y subcategorías en las que fueron agrupadas las respuestas del pretest y postest, respectivamente. Así mismo, se puede ver que también hay nuevas subcategorías, sobre todo, las de la categoría Ideas asociadas a la reacción química.

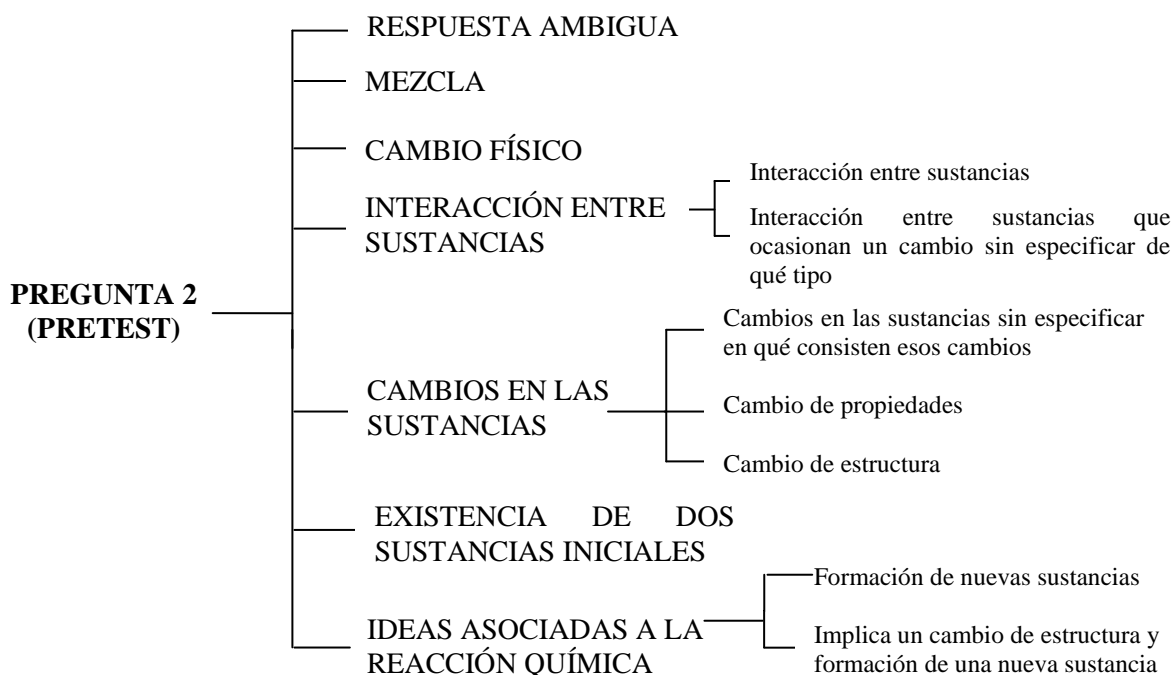


Figura 12. Red sistémica de clasificación de la Pregunta 2 (pretest).

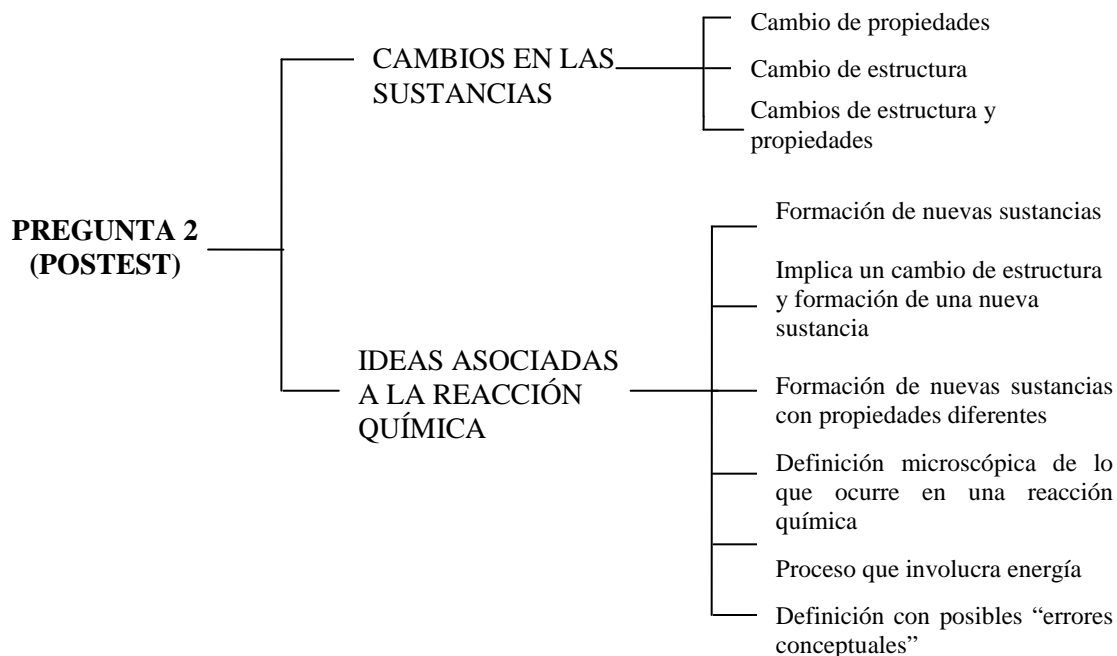


Figura 13. Red sistémica de clasificación de la Pregunta 2 (postest).

Pregunta 8

Dado que esta pregunta es de opción múltiple, primero se exhiben el número de alumnos y el porcentaje de estos que eligió cada inciso.

Tabla 13. Opciones de respuesta para Pregunta 8.

Opción	# alumnos (pretest)	% (pretest)	# alumnos (postest)	% (postest)
A	2	8%	0	0%
B	16	62%	24	92%
C	8	31%	0	0%
D	0	0%	0	0%
Respuesta anulada	0	0%	2	8%
TOTAL	26	100%	26	100%

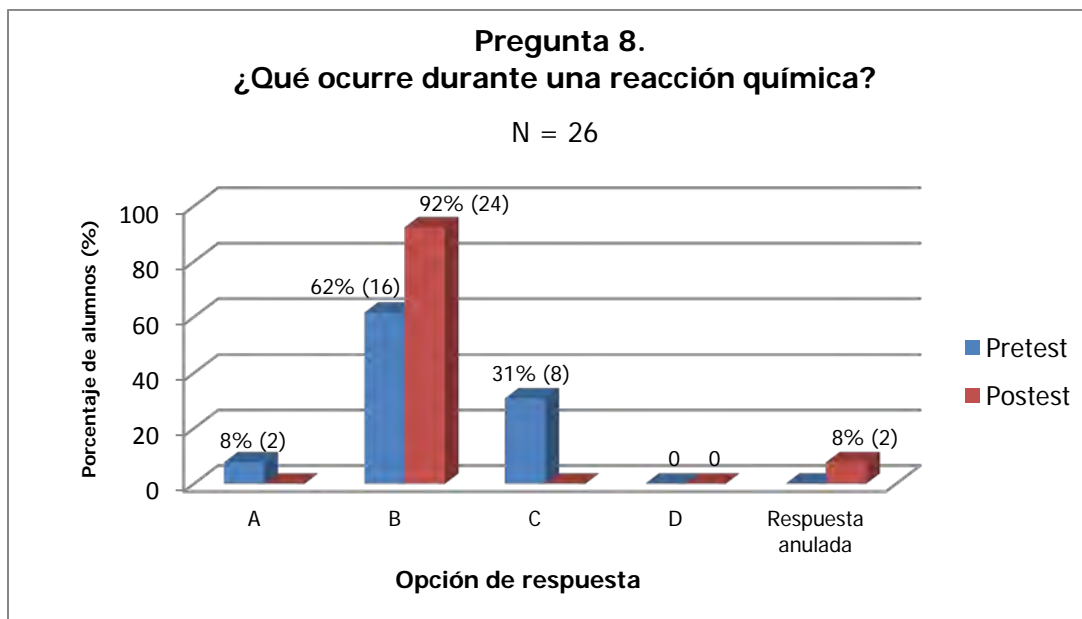


Figura 14. Opciones de respuesta para Pregunta 8.

En el caso del pretest se observa que la mayoría de los pupilos eligieron la respuesta correcta (opción B), no obstante, aproximadamente un tercio de estos escogieron la opción C, que dice lo siguiente:

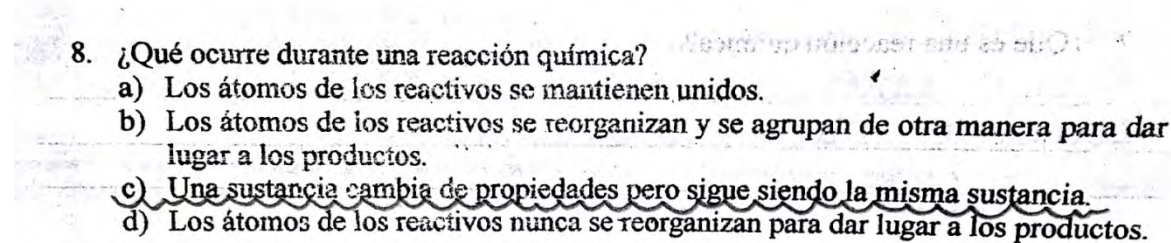
Una sustancia cambia de propiedades pero sigue siendo la misma sustancia

Así pues, como afirman Andersson (1990); Nakhleh (1992); Furió y Furió (2000); Kind (2004); Pozo y Gómez (2006) y Méndez (2013) varios alumnos poseen la concepción alternativa de que lo que aparenta ser una “nueva sustancia”, en realidad se trata de la sustancia original, pero en una versión modificada. Este hecho está presente en los siguientes ejemplos de respuestas.

Ejemplos de respuestas

Ejemplo 1.

Estudiante 3F4 - Pretest



Justifica tu respuesta:

Cambia su aspecto y sus propiedades pero al final siempre seguirá siendo esa cierta sustancia.

Transcripción: “Cambia su aspecto y sus propiedades, pero al final seguirá siendo esa cierta sustancia.”

Ejemplo 2.

Estudiante 3F1 - Pretest

8. ¿Qué ocurre durante una reacción química?
- a) Los átomos de los reactivos se mantienen unidos.
 - b) Los átomos de los reactivos se reorganizan y se agrupan de otra manera para dar lugar a los productos.
 - c) Una sustancia cambia de propiedades pero sigue siendo la misma sustancia.
 - d) Los átomos de los reactivos nunca se reorganizan para dar lugar a los productos.

Justifica tu respuesta:

Porque hace reacción y cambia pero sigue siendo la misma

Transcripción: “Porque hace reacción y cambia pero sigue siendo la misma.”

Por otra parte, la **Tabla 14** y las **Figuras 15** y **16** exponen las categorías correspondientes a la opción B. Cabe mencionar que se hicieron dos gráficas por separado, pues el tamaño de muestra (N) fue diferente en ambas pruebas.

Tabla 14. Clasificación de respuestas para Opción B.

CATEGORÍA (OPCIÓN B)	# ALUMNOS (PRETEST)	% (PRETEST)	# ALUMNOS (POSTEST)	% (POSTEST)
Mezcla	1	6%	0	0%
Cambios en las sustancias	3	19%	2	9%
Ideas asociadas a la reacción química	7	44%	12	50%
Descripción del fenómeno	2	12%	2	8%
No justificó	3	19%	7	29%
Desplazamiento	0	0%	1	4%
TOTAL	16	100%	24	100%

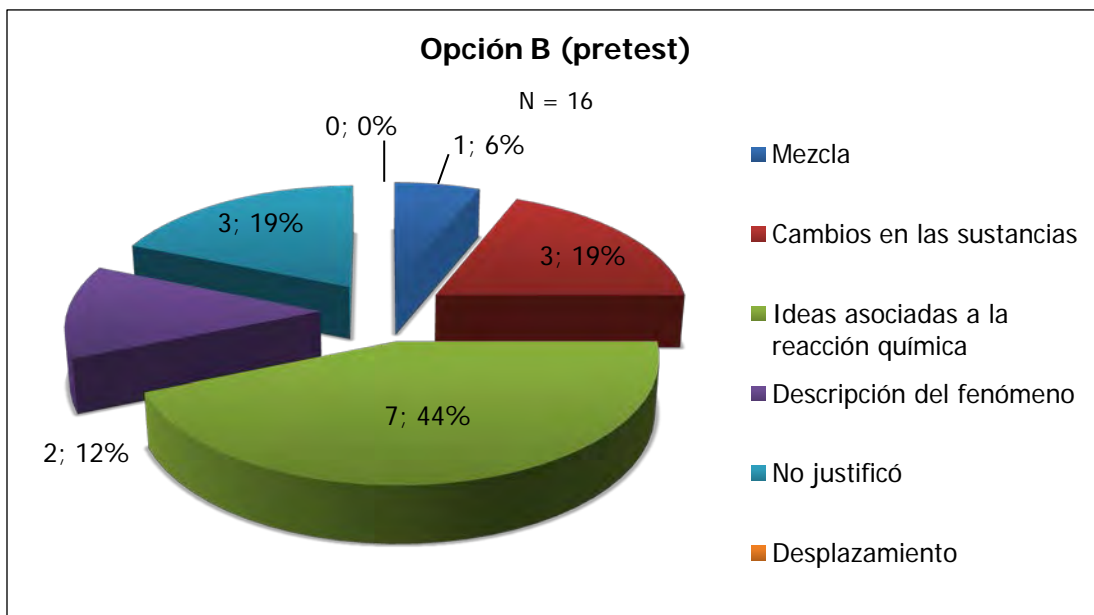


Figura 15. Categorías para opción B (pretest).

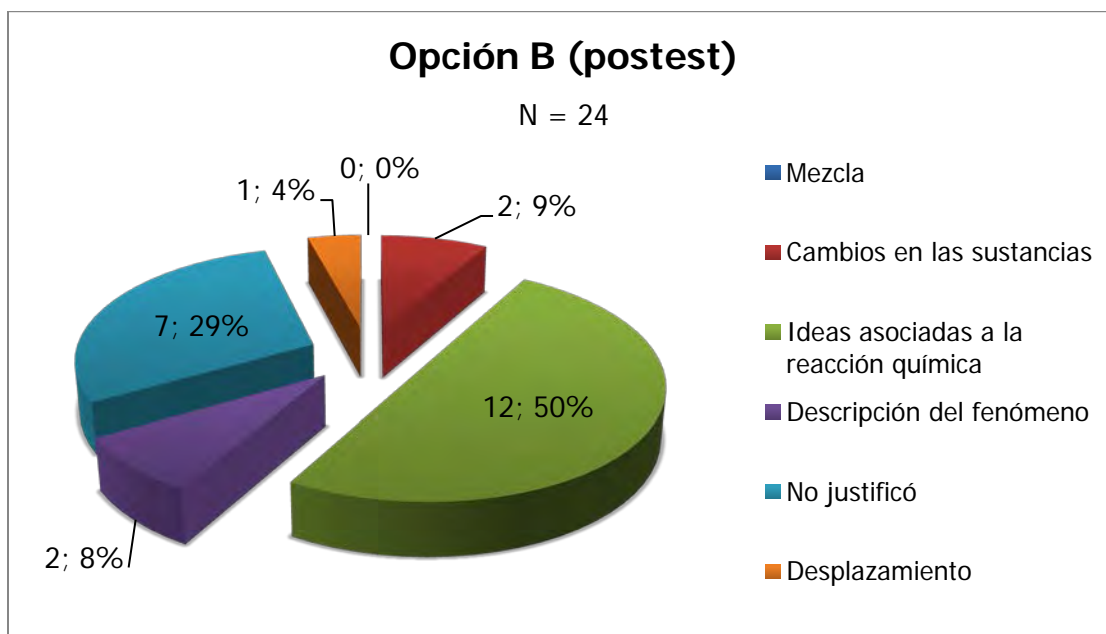


Figura 16. Categorías para opción B (postest).

En ambos casos, se observa que la categoría Ideas asociadas a la reacción química es la que posee mayor número de alumnos. Sin embargo, aún la mitad de los pupilos, aproximadamente, tiene dificultades para comprender lo que ocurre en una reacción química a nivel submicroscópico.

Con todo, es posible apreciar un progreso en las respuestas de los alumnos, tal cual se muestra a continuación.

Ejemplos de respuestas

Ejemplo 1.

Estudiante 2F2–Opción B. Pretest

Justifica tu respuesta:

En una reacción química se unen los reactivos y al hacerlo generan productos, el resultado final.

Transcripción: “En una reacción química se unen los reactivos y al hacerlo generan productos como resultado final.”

Estudiante 2F2–Opción B. Posttest

Justifica tu respuesta:

Se reagrupan los átomos sin cambiar su número inicial y dan lugar a los productos.

Transcripción: “Se reagrupan los átomos sin cambiar su número inicial y dan lugar a los productos.”

Ejemplo 2.

Estudiante 4F2–Opción B. Pretest

Justifica tu respuesta:

Ya que no será lo mismo la anterior sustancia más la otra que las 2 se fusionen para formar otra.

Transcripción: “Ya que no será lo mismo, la anterior sustancia más la otra. Las dos se fusionan para formar otra.”

Estudiante 4F2–Opción B. Posttest

Justifica tu respuesta:

Lo que hace la reacción química es romper enlaces y formar nuevos.

Transcripción: “Lo que hace la reacción química es romper enlaces y formar nuevos.”

Los ejemplos 1 y 2 exhiben que estas dos estudiantes ya concebían la formación de nuevas sustancias, pero después de la intervención la alumna 2F2 continúa manifestando dicha idea y toma en consideración la conservación de los átomos.

En el caso de la alumna 4F2, se puede ver que hace alusión a la ruptura y formación de nuevos enlaces, en este sentido, presenta una visión submicroscópica de lo que ocurre en una reacción química.

Ejemplo 3.

Estudiante 3F3–Opción B. Posttest

Justifica tu respuesta:

Las reacciones químicas forman nuevos productos y su composición es diferente por los átomos de los reactivos se reorganizan

Transcripción: “Las reacciones químicas forman nuevos productos y su composición es diferente por los átomos de los reactivos que se reorganizan.”

Ejemplo 4.

Estudiante 1F1–Opción B. Posttest

Justifica tu respuesta:

los átomos se reagrupan pero no dejan de ser el mismo número.

Transcripción: “Los átomos se reagrupan pero no dejan de ser el mismo número.”

Las respuestas del pretest de las alumnas de los ejemplos 3 y 4 no están dentro de la categoría Ideas asociadas a la reacción química, inclusive, la alumna 1F1 eligió la opción C. Sin embargo, sus respuestas del posttest manifiestan un avance.

Por otro lado, las **Figuras 17 y 18** muestran las categorías y subcategorías en las que fueron agrupadas las respuestas del pretest y posttest, respectivamente. Se puede ver que la categoría Mezcla desaparece y que surgen nuevas subcategorías asociadas a la categoría Ideas asociadas a la reacción química.

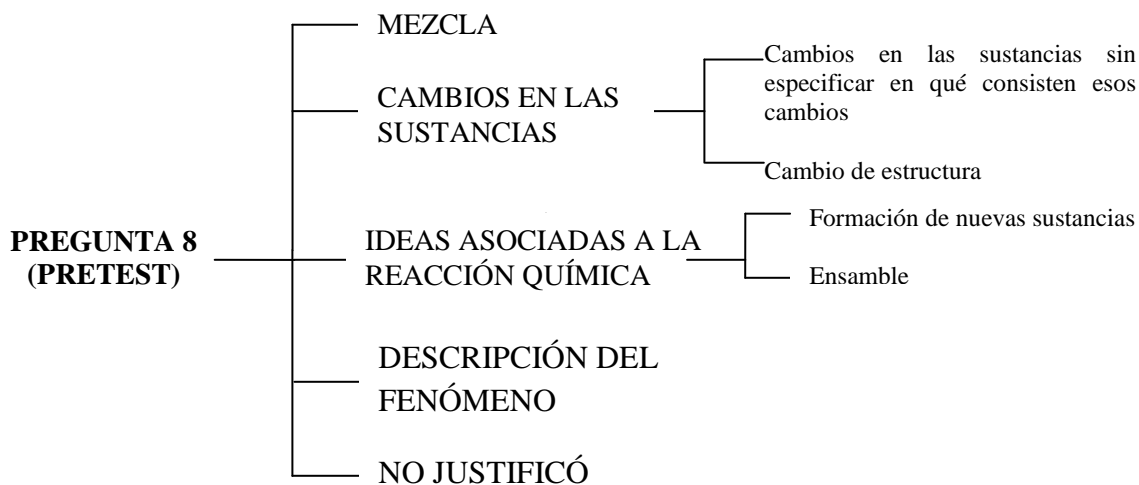


Figura 17. Red sistémica de clasificación de la Pregunta 8 (pretest).

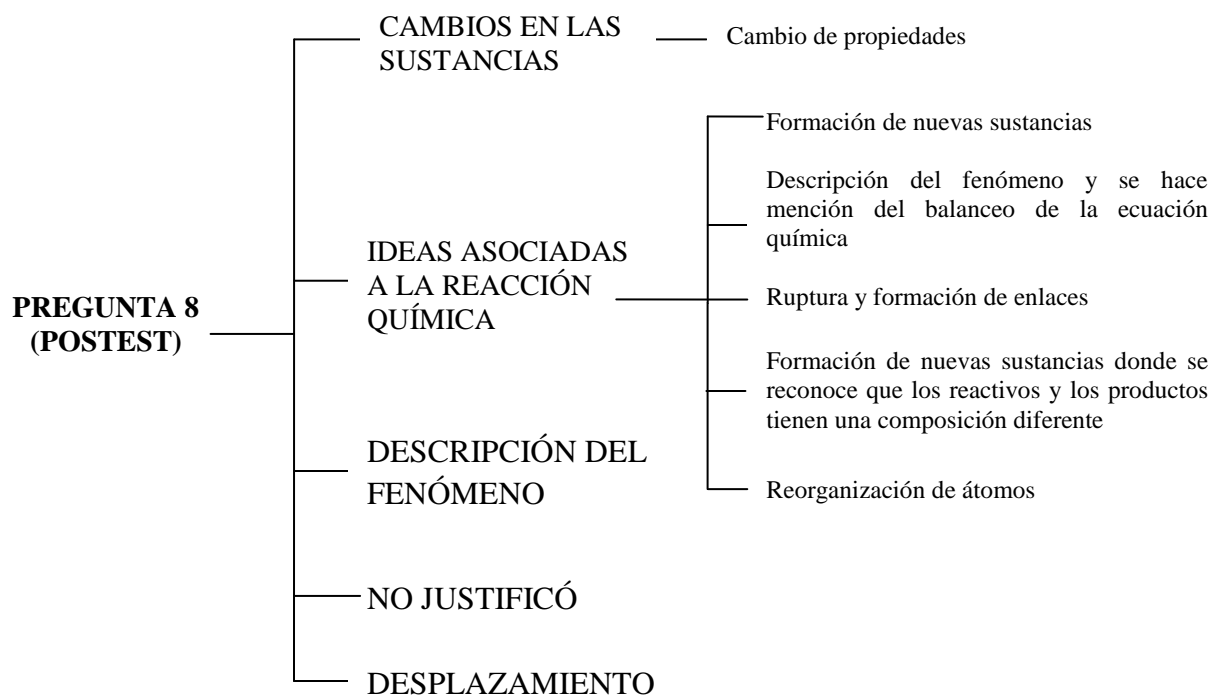


Figura 18. Red sistémica de clasificación de la Pregunta 8 (postest).

Pregunta 9

La **Tabla 15** y **Figura 19** exhiben las categorías que surgieron, así como el número de alumnos y el porcentaje de estos asignados a cada una de ellas.

Tabla 15. Categorías para Pregunta 9.

CATEGORÍA	# ALUMNOS (PRETEST)	% (PRETEST)	# ALUMNOS (POSTEST)	% (POSTEST)
Respuesta ambigua	1	4%	0	0%
Mezcla	2	8%	0	0%
Cambio físico	1	4%	0	0%
Interacción entre sustancias	5	19%	0	0%
Cambios en las sustancias	0	0%	2	8%
Ideas asociadas a la reacción química	13	50%	24	92%
Descripción del fenómeno	4	15%	0	0%
TOTAL	26	100%	26	100%

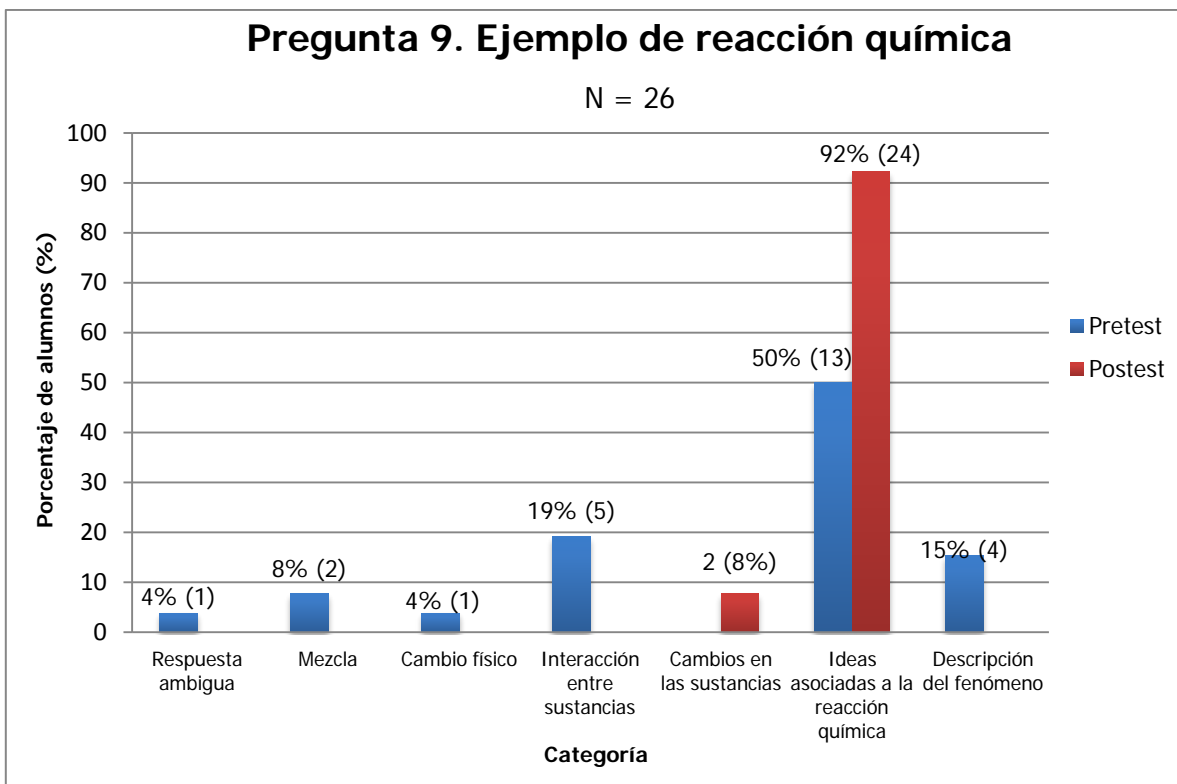


Figura 19. Categorías para Pregunta 9.

Se observa que la mayoría de las categorías desaparecen, mientras que la categoría Cambios en las sustancias emerge. Respecto a la categoría Ideas asociadas a la reacción química se aprecia un notable aumento pues casi alcanza el 100%.

Ejemplos de respuestas

Ejemplo 1.

Estudiante 6F1 - Pretest

9. Dos sustancias blancas, A y B, se ponen en contacto y después de cierto tiempo aparece una sustancia amarilla. Explica qué sucedió.

Se crea una mezcla.

Transcripción: "Se crea una mezcla."

Estudiante 6F1 - Posttest

9. Dos sustancias blancas, A y B, se ponen en contacto y después de cierto tiempo se aprecia la aparición de un color amarillo. Explica qué sucedió.

Reacción química

Transcripción: "Reacción química."

Ejemplo 2.

Estudiante 2M1 - Pretest

9. Dos sustancias blancas, A y B, se ponen en contacto y después de cierto tiempo aparece una sustancia amarilla. Explica qué sucedió.

Se fusionó formando otra sustancia

Transcripción: “Se fusionó formando otra sustancia.”

Estudiante 2M1 - Posttest

9. Dos sustancias blancas, A y B, se ponen en contacto y después de cierto tiempo se aprecia la aparición de un color amarillo. Explica qué sucedió.

Reaccionaron formando una nueva con propiedades diferentes

Transcripción: “Reaccionaron y formaron una nueva sustancia con propiedades diferentes.”

Estos dos ejemplos señalan que hubo un avance en relación con las respuestas dadas por los pupilos. En el caso del ejemplo 1, la alumna reconoce como tal el fenómeno y ya no manifiesta la idea de que se trata de la formación de una mezcla. Mientras que el alumno 2M1, aunque ya reconocía que se originó una nueva sustancia, fue capaz de determinar que el producto tiene propiedades diferentes que los reactivos.

Finalmente, con las **Figuras 20 y 21** es posible apreciar las categorías y subcategorías correspondientes a la pregunta en cuestión.

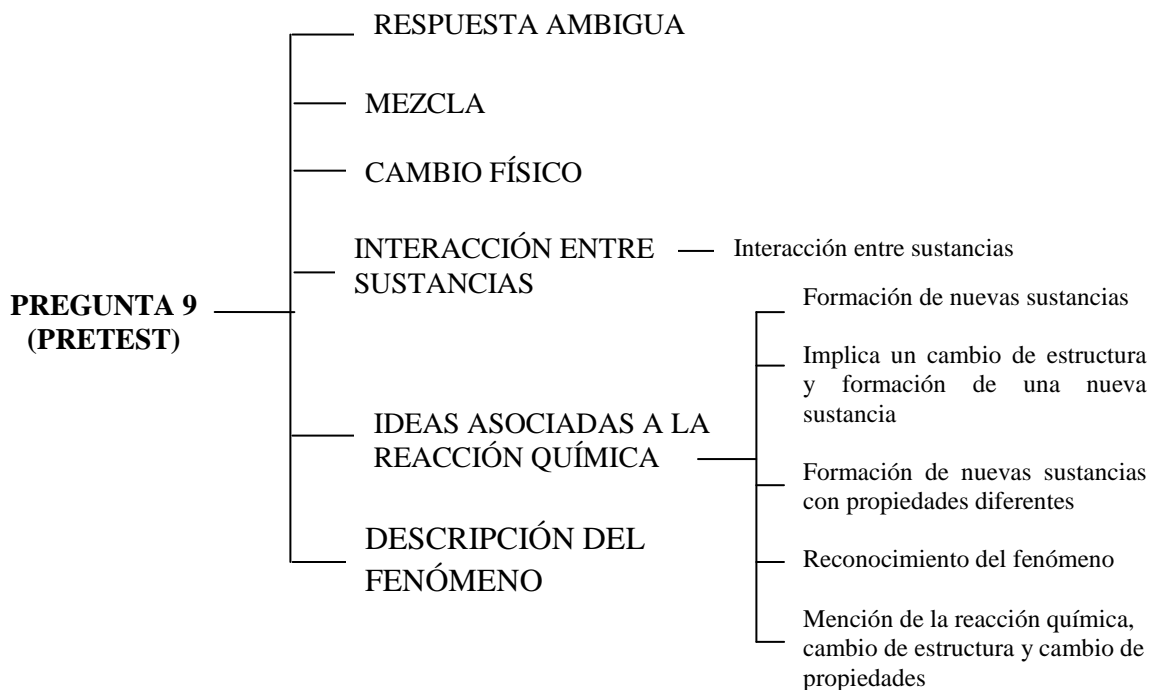


Figura 20. Red sistémica de clasificación de la Pregunta 9 (pretest).

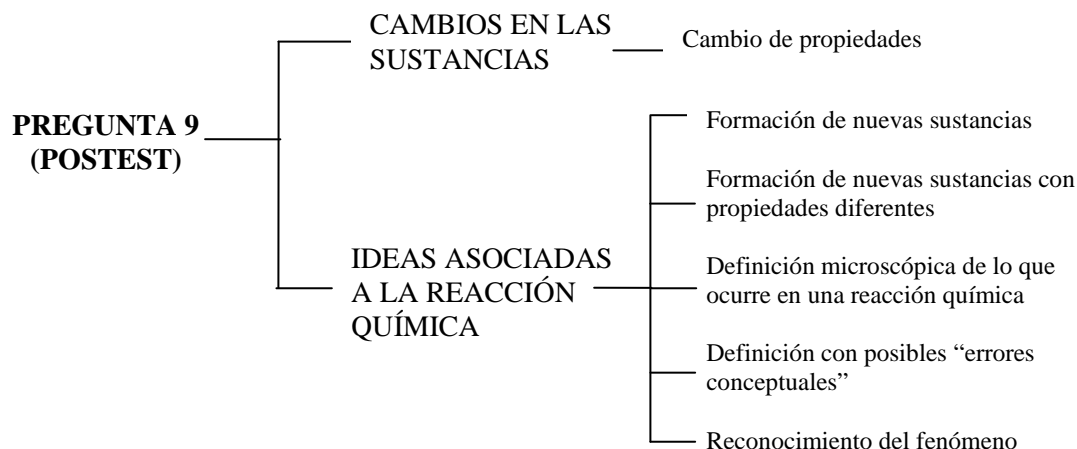


Figura 21. Red sistémica de clasificación de la Pregunta 9 (postest).

7.1.2 Resultados y análisis integral del pretest y postest

Todas las categorías y subcategorías que se originaron a partir de las respuestas de las preguntas 2, 8 y 9 fueron clasificadas en una serie de niveles¹². Estos se describen en la **Tabla 16**.

Dichos niveles fueron utilizados para describir el grado de comprensión de los estudiantes, además, para la elaboración de los mismos, se consideraron los criterios aportados por Stavridou y Solomonidou (1998), Johnson (2002), Solsona et al. (2003) y Hadenfeldt y Neumann, (2014).

Tabla 16. Niveles de comprensión del concepto de reacción química

NIVEL	DESCRIPCIÓN
Nivel 0	El alumno no contestó la mitad o más de la mitad del cuestionario. Así mismo, están consideradas dentro de este nivel las respuestas ambiguas, no justificadas o anuladas.
Nivel 1	No se aprecia una explicación apropiada respecto a la reacción química. También se incluyen algunas concepciones alternativas comunes asociadas a este concepto.
Nivel 2	Se aprecia una ligera comprensión de lo que es la reacción química, sin embargo, hay dificultad para comprender cómo sucede y no se expresa la formación de nuevas sustancias. Sobre este punto, Solsona et al. (2003) reconocen que aquellos estudiantes que consideran que ha sucedido un cambio de propiedades o un cambio de estructura pueden estar concibiendo que se trate de la misma sustancia, pero en una versión modificada.
Nivel 3	Se aprecia una mayor comprensión del concepto de reacción química, aunque, algunas ideas no están debidamente estructuradas.
Nivel 4	Los alumnos aceptan que en una reacción química se forman nuevas sustancias.
Nivel 5	Formación de nuevas sustancias con propiedades diferentes que los reactivos. Las ideas están construidas en torno a una explicación macroscópica (Solsona et al., 2003).
Nivel 6	Formación de nuevas sustancias y cambio de estructura. Las ideas están construidas en torno a una explicación submicroscópica (Solsona et al., 2003).
Nivel 7	Formación de nuevas sustancias y reorganización de partículas y/o enlaces. Las ideas están construidas en torno a una explicación macro y submicroscópica (Solsona et al., 2003).

¹² Para ver con detalle la clasificación de cada categoría y subcategoría, revisar el Anexo IV.

Para la realización de la **Tabla 17** y la **Figura 22** primero se catalogaron las respuestas de cada alumno, tanto del pretest como del postest, en alguno de los niveles antes descritos. Después, por pregunta, se contabilizó el número de respuestas correspondientes a cada nivel y finalmente se obtuvo un promedio.

Tabla 17. Niveles de comprensión del concepto de reacción química.

NIVEL	MEDIA DE RESPUESTA (PRETEST)	% DE MEDIA DE RESPUESTA (PRETEST)	MEDIA DE RESPUESTA (POSTEST)	% DE MEDIA DE RESPUESTA (POSTEST)
N0	2	8%	3	12%
N1	13.7	53%	1	4%
N2	1	4%	2.3	9%
N3	2.3	9%	5.7	22%
N4	5.3	21%	6.3	24%
N5	1	4%	3.7	14%
N6	0.7	3%	1.3	5%
N7	0	0%	2.7	10%
TOTAL	26	100%	26	100%

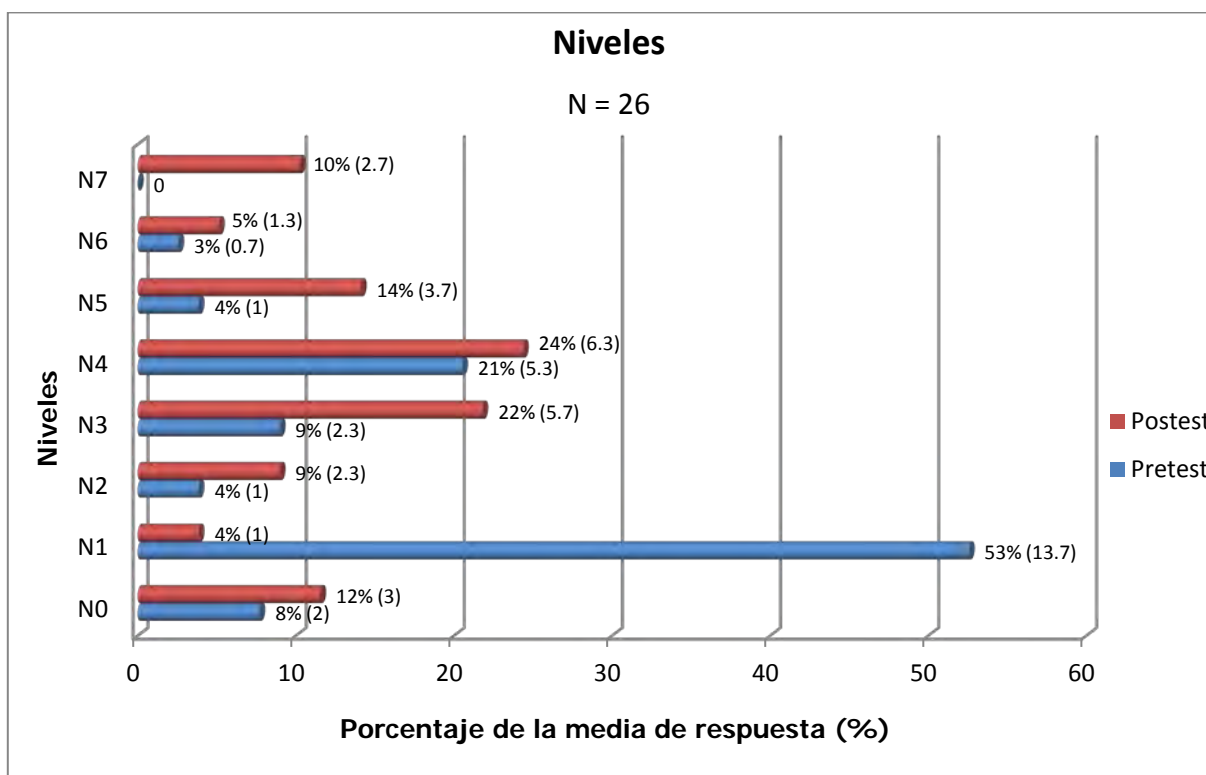


Figura 22. Niveles de comprensión del concepto de reacción química.

Para el pretest, se observa que al menos la mitad de las respuestas se ubican en el Nivel 1, aunque, alrededor de una quinta parte se encuentran en el Nivel 4. Pero, después de la aplicación de la propuesta didáctica, ocurre un notable descenso del Nivel 1, aumentan el resto de los niveles y surge el Nivel 7.

Estos hechos sugieren que hubo una mejoría en la comprensión de que en una reacción química ocurre la formación de una nueva sustancia, la cual tiene propiedades y estructuras diferentes de las que le dieron origen, e inclusive, un reacomodo de átomos y la ruptura y formación de enlaces resulta plausible para los estudiantes.

Así pues, para determinar la eficacia de la propuesta didáctica en relación con los objetivos de la misma, se clasificó cada nivel en una categoría global. Estas son las siguientes:

- ~ **Poco probable (Nivel 0 y 1):** Hay escasa evidencia de que el alumno concibe que en una reacción química se forman nuevas sustancias.
- ~ **Incierto (Nivel 2 y 3):** El alumno muestra una leve comprensión de que en una reacción química se forman nuevas sustancias, sin embargo, aún tiene dificultades para comprender cómo sucede o sus ideas son ligeramente coherentes.
- ~ **Muy probable (Nivel 4 a 7):** El alumno muestra, al menos, una mayor comprensión de que en una reacción química se forman nuevas sustancias. Así mismo, tiene noción sobre cómo es que se lleva a cabo este fenómeno.

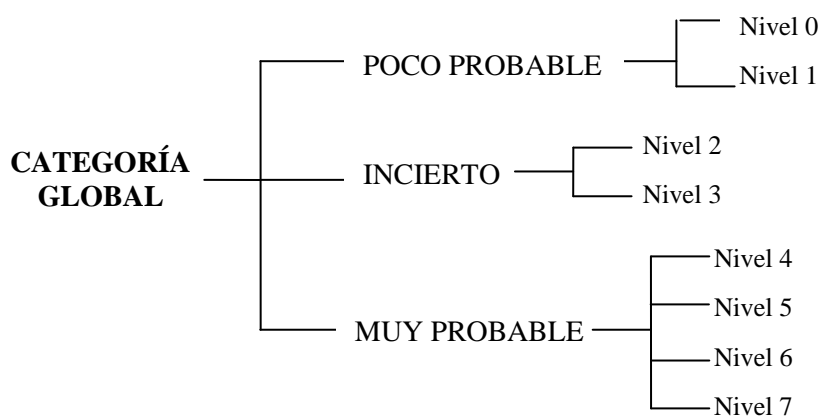


Figura 23. Red sistémica para las Categorías Globales.

La **Tabla 18** y **Figura 24** exhiben que antes de la intervención en el aula más del 50% de las respuestas de los estudiantes no manifestaban una comprensión del concepto de reacción química. También se presentaron varias concepciones alternativas relacionadas con la reacción química.

Sin embargo, después de la aplicación de la propuesta didáctica este porcentaje disminuyó de forma considerable y aumentó en gran medida el porcentaje de respuestas que demuestran que, al menos, se logró la apropiación de la idea de que una reacción química implica la formación de nuevas sustancias.

Tabla 18. Categorías globales.

CATEGORÍA GLOBAL	MEDIA DE RESPUESTA (PRETEST)	% DE MEDIA DE RESPUESTA (PRETEST)	MEDIA DE RESPUESTA (POSTEST)	% DE MEDIA DE RESPUESTA (POSTEST)
Poco probable	15.7	60%	4	15%
Incierto	3.3	13%	8	31%
Muy probable	7	27%	14	54%
TOTAL	26	100%	26	100%

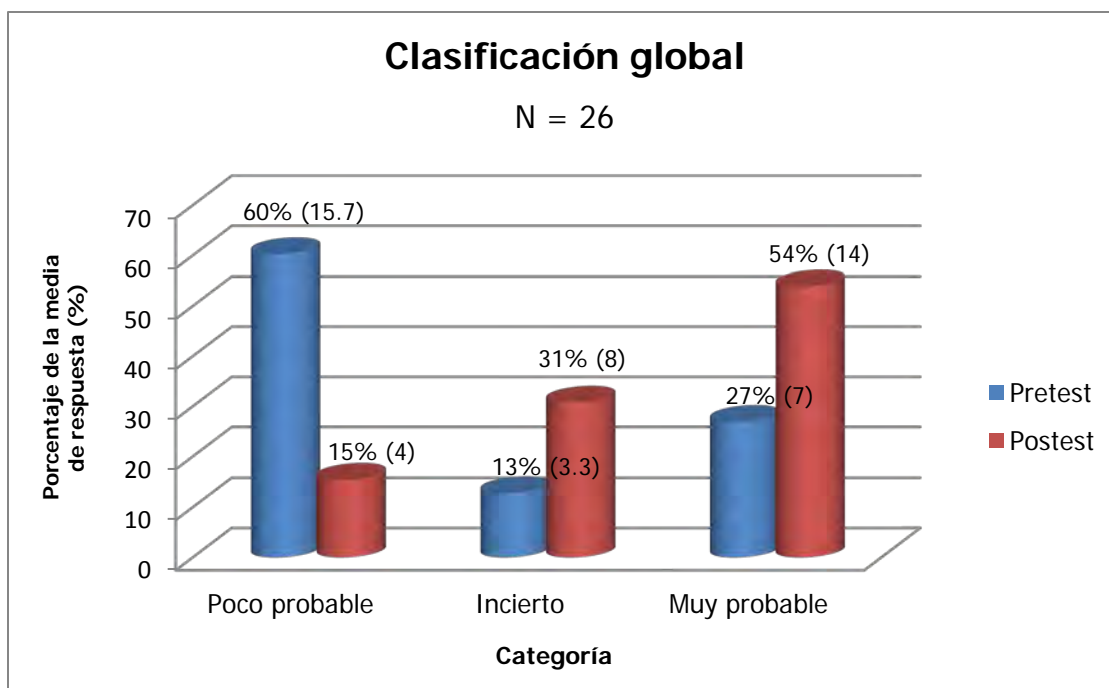


Figura 24. Clasificación global.

En definitiva, hay evidencia que indica que se cumplieron los objetivos de la propuesta didáctica y que los estudiantes muestran un importante progreso en su proceso de aprendizaje. Esta situación se ejemplifica con las siguientes evidencias.

Ejemplos de respuesta ¿Qué es una reacción química?

Ejemplo 1.

Estudiante 1F3–Pretest

2. ¿Qué es una reacción química?
Cuando se juntan varios productos y sus componentes cambian

Transcripción: “Cuando se juntan varios productos y sus componentes cambian.”

Estudiante 1F3-Postest

2. Con tus propias palabras, explica qué es una reacción química
a partir de 2 reactivos se forma un producto con diferentes propiedades, o de una sustancia se pueden formar 2 diferentes.

Transcripción: “A partir de dos reactivos se forma un producto con diferentes propiedades, o de una sustancia se pueden formar dos diferentes.”

Ejemplo 2.

Estudiante 4F2-Pretest

2. ¿Qué es una reacción química?
Una reacción química es cuando pones 2 o más elementos en una mezcla y se da una reacción.

Transcripción: “Es cuando pones 2 o más elementos en una mezcla y se da una reacción.”

Estudiante 4F2-Postest

2. Con tus propias palabras, explica qué es una reacción química
Una reacción química es cuando hacen reaccionar 2 o más sustancias para formar nuevas, es decir, se rompen los enlaces para formar nuevos y se acomodan los átomos.

Transcripción: “Es cuando hacen reaccionar dos o más sustancias para formar nuevas, es decir, se rompen los enlaces para formar nuevos y se acomodan los átomos.”

7.2 Segunda sección: percepción de las actividades de la propuesta didáctica

Los resultados de esta sección son útiles para conocer la opinión de los estudiantes respecto de las actividades realizadas, Así mismo, muestran cómo se sintieron al llevarlas a cabo. Esta situación es importante porque, como señala Díaz (2015), lo aportado por los alumnos nos permitió analizar el grado de motivación que presentaron.

En general, para cada actividad se exhiben una lista de emociones, la cual se elaboró con base en los criterios de clasificación señalados por Rebollo et al. (2008), Brígido et al. (2013) y Barragán y Morales (2014).

En primera instancia, la **Tabla 19** y **Figura 25** muestran cuál fue la actividad didáctica preferida de los estudiantes, mientras que la **Figura 26** expone el porqué de su elección. Cabe mencionar que dichos datos fueron obtenidos a través de la pregunta 1 del postest.

Tabla 19. Actividad preferida.

Actividad	# alumnos	%
Botella azul	19	73%
¿Por qué lloras?... ¡si fuiste tú quién me cortó!	0	0%
¡Qué rico huele!	2	8%
Pobrecitos, los marines	1	4%
Ninguna	1	4%
Dos actividades*	3	12%
TOTAL	26	100%

* En todos los casos, las dos actividades seleccionadas fueron *Botella azul* y *¡Qué rico huele!*, debido a que fue de su agrado el cambio de color u olor, respectivamente. Aunque, una alumna expresó que su elección se basó en el hecho que le gustan más las actividades de laboratorio.

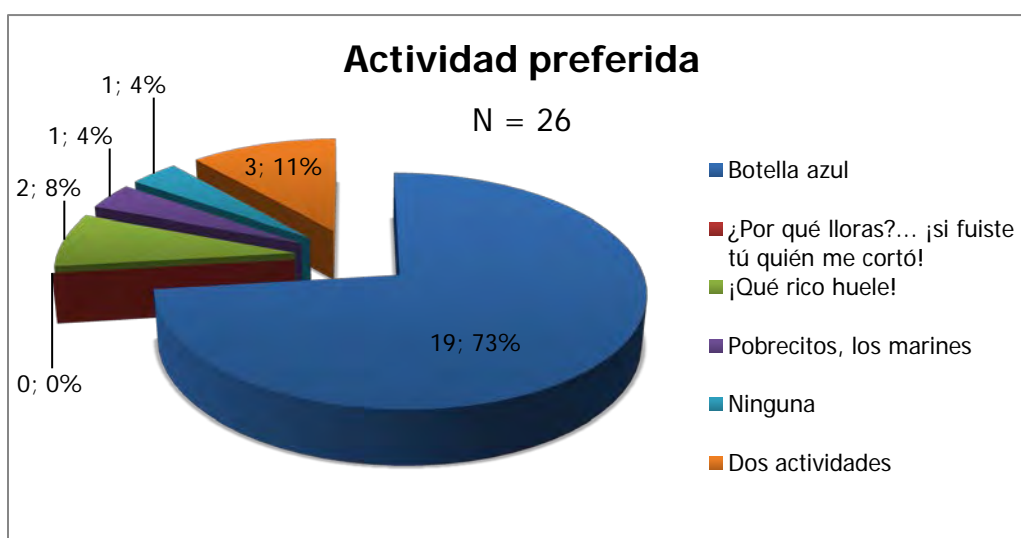


Figura 25. Actividad preferida.

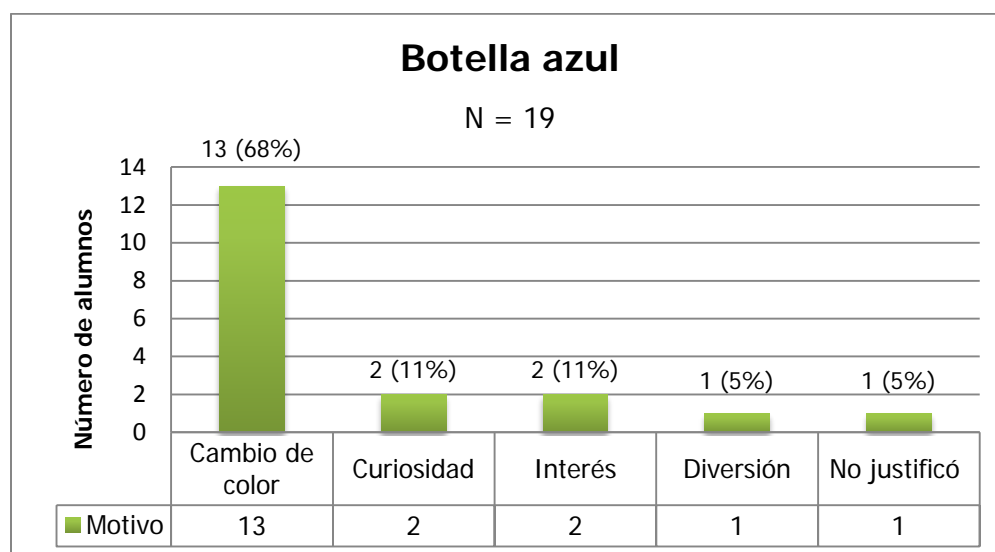


Figura 26. Motivos de elección de Botella azul.

Es de notar, que la mayoría de los pupilos eligió Botella azul como su preferida debido a que lo que más les gustó fue el cambio de color.

A continuación, se presentan las emociones manifestadas por los pupilos. Sobre este punto, es conveniente recalcar que el tamaño de muestra (N) para cada actividad es diferente, ya que las respuestas se obtuvieron del diario de clase de la propuesta didáctica y, por consiguiente, depende de la asistencia que se tuvo para dicha sesión (ver Metodología).

A1: Botella azul

La **Tabla 20** y **Figura 27** exhiben los resultados para la actividad didáctica denominada Botella azul.

Tabla 20. Emociones correspondientes a Botella azul.

A1: Botella azul			
Tipo de emoción	Descripción	# alumnos	%
POSITIVA	Diversión	10	40%
	Alegría/Felicidad	4	16%
	Bienestar	3	12%
	Satisfacción	1	4%
	Interés	3	12%
NEGATIVA	Aburrimiento	1	4%
NEUTRAL	Como científico(a)	1	4%
OTRO	Respuesta ambigua	2	8%
TOTAL		25	100%

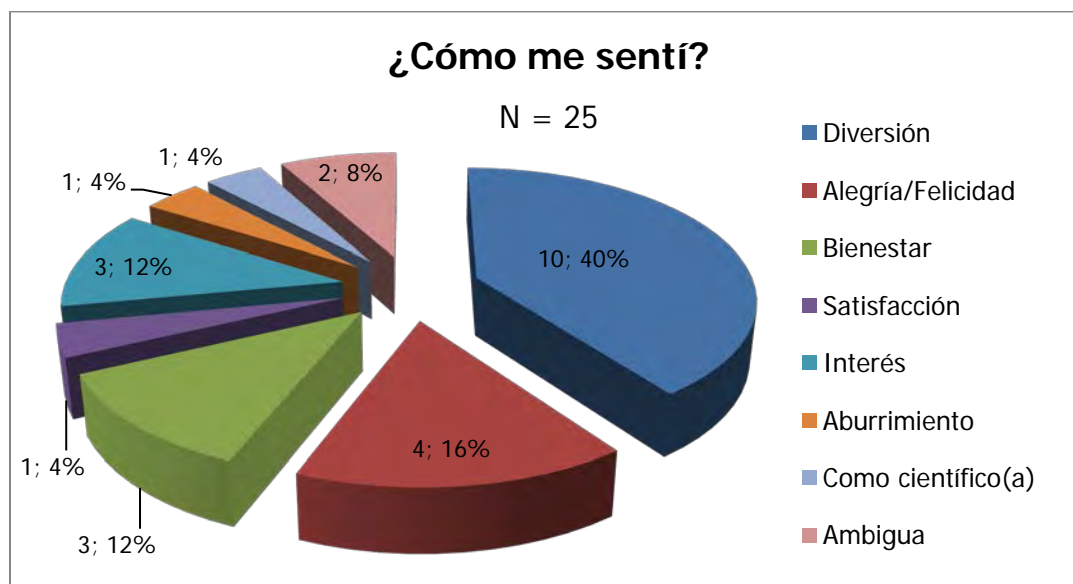


Figura 27. Emociones correspondientes a Botella azul.

De nueva cuenta, lo que más agradó a los estudiantes fue el cambio de color, aproximadamente el 40% de estos reporta que la actividad les resultó divertida.

A2: ¿Por qué lloras?... ¡si fuiste tú quién me cortó!

La **Tabla 21** y **Figura 28** exponen los resultados para ¿Por qué lloras?... ¡si fuiste tú quién me cortó!

Tabla 21. Emociones correspondientes a ¿Por qué lloras?... ¡si fuiste tú quién me cortó!

A2: ¿POR QUÉ LLORAS?... ¡SI FUISTE TÚ QUIÉN ME CORTÓ!			
Tipo de emoción	Descripción	# alumnos	%
POSITIVA	Bienestar	14	59%
	Interés	4	17%
	Curiosidad	1	4%
	Diversión	1	4%
	Alegría/Felicidad	1	4%
NEUTRAL	Como científico(a)	1	4%
OTRO	Respuesta ambigua	2	8%
TOTAL		24	100%

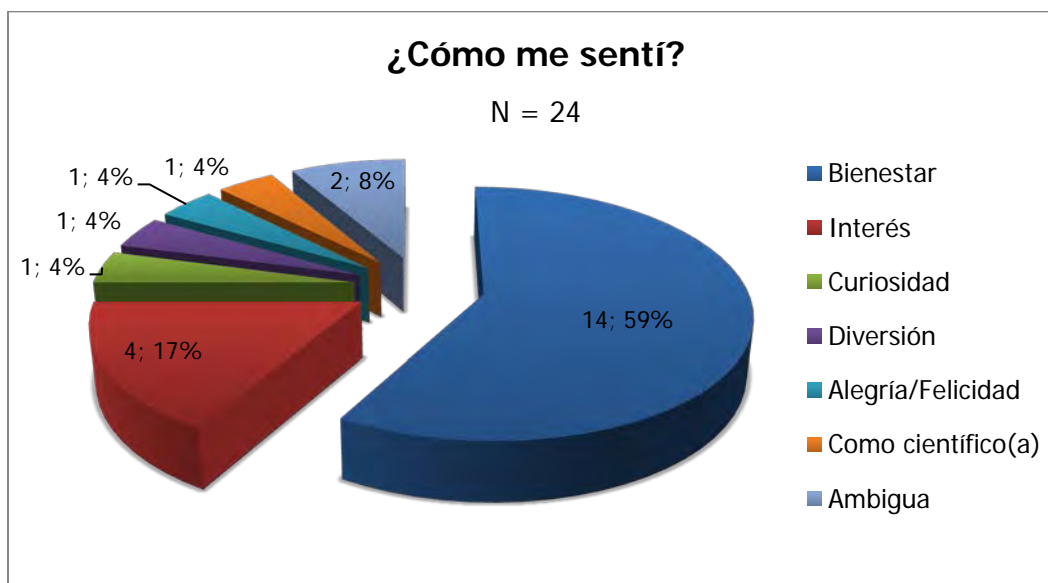


Figura 28. Emociones correspondientes a ¿Por qué lloras?... ¡si fuiste tú quién me cortó!

La mayoría de los estudiantes expresan sentirse bien al hacer esta actividad y comentan que lo que más les gustó fue que se les hizo interesante el saber por qué al cortar una cebolla esta nos hace llorar.

A3: ¡Qué rico huele!

La **Tabla 22** y **Figura 29** presentan los resultados para la actividad de laboratorio ¡Qué rico huele!

Tabla 22. Emociones correspondientes a ¡Qué rico huele!

A3: ¡Qué rico huele!			
Tipo de emoción	Descripción	# alumnos	%
POSITIVA	Bienestar	9	35%
	Diversión	3	12%
	Capacidad	1	4%
	Seguridad	1	4%
	Interés	1	4%
NEGATIVA	Disgusto	7	27%
OTRO	Respuesta ambigua	4	15%
TOTAL		26	100

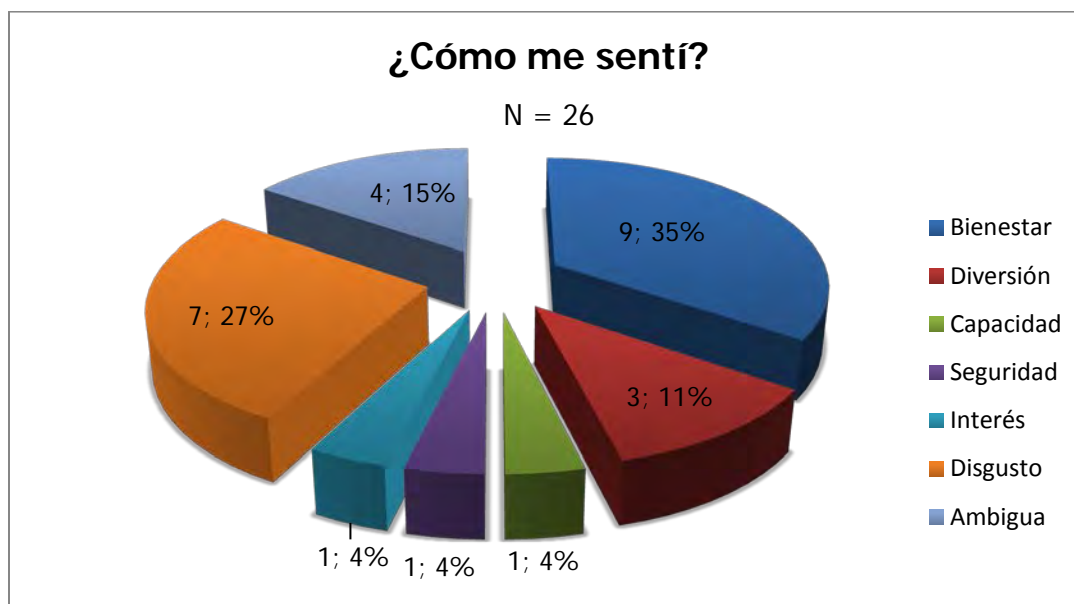


Figura 29. Emociones correspondientes a ¡Qué rico huele!

Se puede observar que la diferencia entre el bienestar y el disgusto es poco, esto se debió a que varios pupilos expresaron que no les gustó esta actividad porque los olores no fueron de su agrado, en especial para aquellos equipos que no trabajaron con la mantequilla “tratada” (ver Propuesta Didáctica).

A4: Pobrecitos, los marines

La **Tabla 23** y **Figura 30** muestran los resultados para Pobrecitos, los marines.

Tabla 23. Emociones correspondientes a Pobrecitos, los marines.

A4: Pobrecitos, los marines			
Tipo de emoción	Descripción	# alumnos	%
POSITIVA	Bienestar	9	43%
	Interés	4	19%
	Diversión	3	14%
	Capacidad	1	5%
	Alegría/Felicidad	1	5%
NEGATIVA	Aburrimiento	1	5%
	Confusión	1	5%
OTRO	Respuesta ambigua	1	5%
TOTAL		21	100%

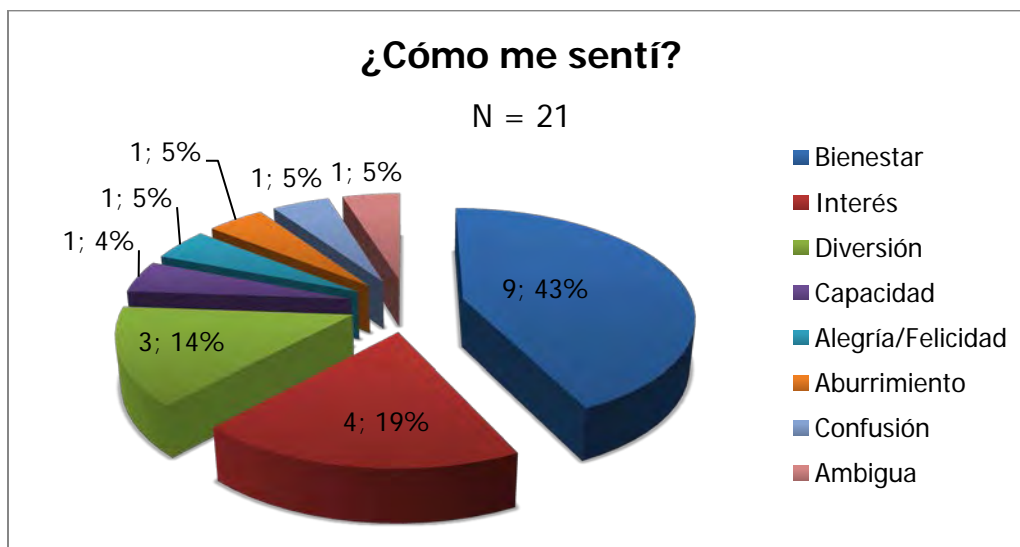


Figura 30. Emociones correspondientes a Pobrecitos, los marines.

Dado que la segunda parte de ¡Qué rico huele! fue realizada durante la sesión en la que también se llevó a cabo Pobrecitos, los marines, varios estudiantes dijeron que se sintieron bien al trabajar con los clips de colores. No obstante, que algunos hayan manifestado aburrimiento y confusión fue debido a que encontraron difícil modelar las reacciones químicas con este material.

Aunado a esto, una alumna reportó que, específicamente, se le hizo interesante y le gustó la lectura.

Por último, la **Figura 31** muestra la forma en que se organizaron las emociones exteriorizadas por los aprendices, a lo largo de la intervención en el aula. Así mismo, la **Figura 32** exhibe el tipo y número de emociones.

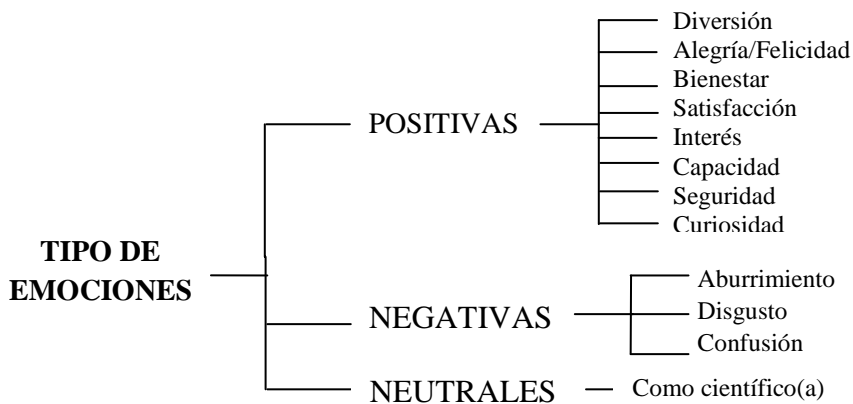


Figura 31. Red sistémica de clasificación de los tipos de emociones.

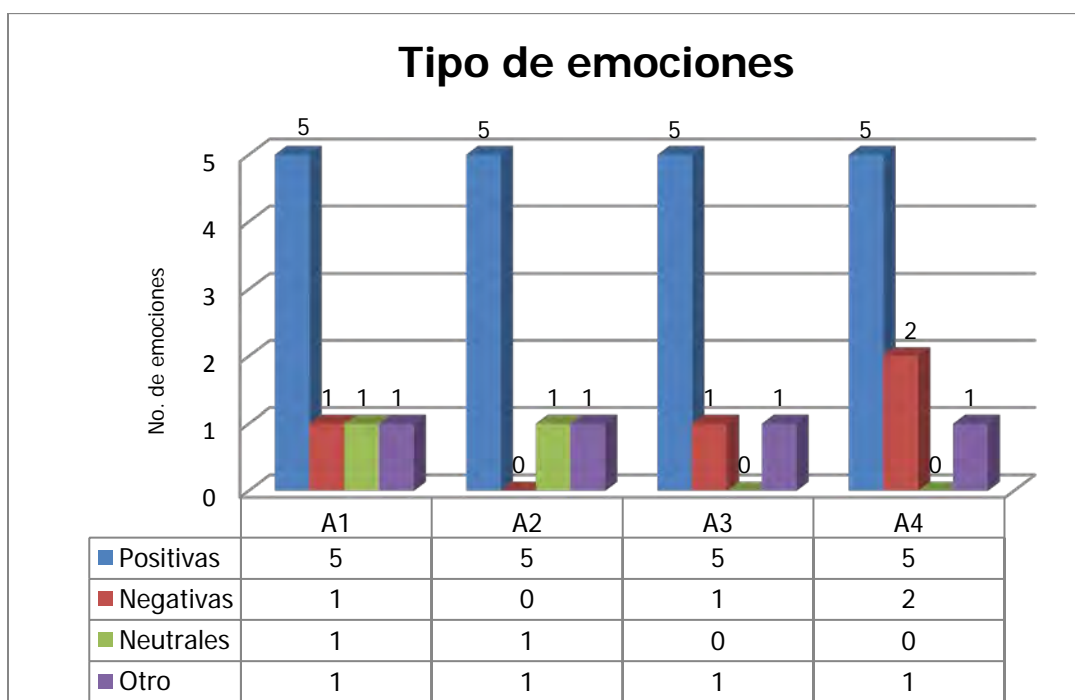


Figura 32. Emociones presentadas durante la aplicación de la propuesta didáctica.

Es notorio que las emociones positivas son las que prevalecen en cada una de las actividades de la propuesta didáctica, lo cual indica que estas son importantes en el proceso de aprendizaje de los pupilos, pues influyen en su estado motivacional y les permite mantener una actitud de interés constante.

7.3 Tercera sección: productos obtenidos

7.3.1 Productos del postest

Dos preguntas del postest, la pregunta 3 y 5, tuvieron el propósito de indagar si los contextos de los dominios empleados en la elaboración de la propuesta didáctica influyeron en el proceso de aprendizaje de los pupilos.

Con la pregunta 3 se buscó conocer si los alumnos habían comprendido el quehacer de un químico (o de un científico) y, de cierta manera, cuál había sido su apreciación de la ciencia.

A su vez, con la pregunta 5 se quiso averiguar si lograron llevar al terreno de la “vida cotidiana” lo aprendido con la intervención pedagógica.

Las **Figuras 33** y **34** presentan las respuestas aportadas, respectivamente.

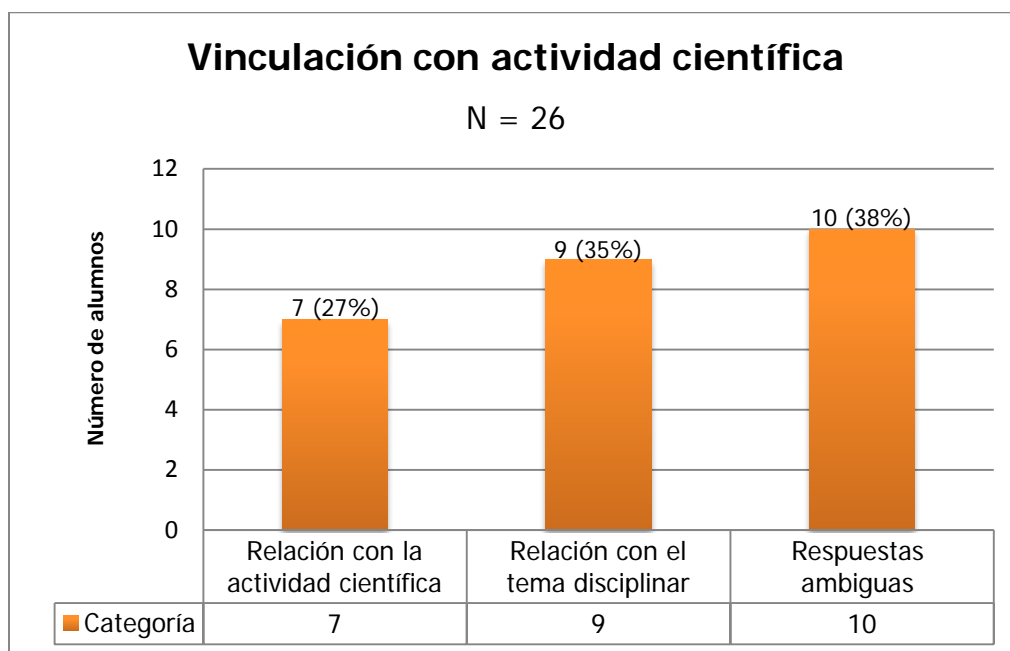


Figura 33. Actividad científica.

El 27% de la muestra estudiantil comentó que las actividades realizadas les dieron la oportunidad de percatarse cómo trabajan los científicos, sin embargo, sus respuestas no ahondan más sobre ello.

Ejemplos de respuesta

Ejemplo 1.

Estudiante 3F4

3. Las actividades realizadas ¿te permitieron comprender mejor de qué se trata la actividad científica? **Justifica tu respuesta.**

Sí, porque aunque no hicimos lo que hace un científico con las actividades nos pudimos dar una gran idea.

Transcripción: “Sí, porque aunque no hicimos lo que hace un científico con las actividades nos pudimos dar una gran idea.”

Ejemplo 2.

Estudiante 4M1

3. Las actividades realizadas ¿te permitieron comprender mejor de qué se trata la actividad científica? **Justifica tu respuesta.**

Sí, ya que aprendimos a ver que hacen los científicos y su trabajo

Transcripción: “Sí, porque aprendimos a ver que hacen los científicos y su trabajo.”

Por otra parte, aproximadamente un tercio de los alumnos establecieron que las actividades les ayudaron a mejorar su comprensión de la reacción química. En general, manifestaron comentarios positivos al respecto.

Ejemplos de respuesta

Ejemplo 1.

Estudiante 3F3

3. Las actividades realizadas ¿te permitieron comprender mejor de qué se trata la actividad científica? **Justifica tu respuesta.**

Sí, gracias a los experimentos pude comprender mejor las reacciones químicas y gracias a las explicaciones pude darme cuenta de cosas que no sabía.

Transcripción: “Sí, gracias a los experimentos pude comprender mejor las reacciones químicas y gracias a las explicaciones pude darme cuenta de cosas que no sabía.”

Ejemplo 2.

Estudiante 5M1

3. Las actividades realizadas ¿te permitieron comprender mejor de qué se trata la actividad científica? **Justifica tu respuesta.**

Sí, ya que así puedo entender lo que sucede y es más dinámica el tema.

Transcripción: “Sí, ya que así puedo entender lo que sucede y es más dinámico el tema.”

Ejemplo 3.

Estudiante 5F1

3. Las actividades realizadas ¿te permitieron comprender mejor de qué se trata la actividad científica? **Justifica tu respuesta.**

Sí, ahora ya se con exactitud lo que pasa en una reacción química.

Transcripción: “Sí, ahora ya se con exactitud lo que pasa en una reacción química.”

Es importante recalcar que ningún estudiante mostró una visión teoricista que conciba a la ciencia como algo meramente abstracto y desconectado de la realidad, sin embargo, tampoco se obtuvo información puntual que muestre si creen que la ciencia tenga alguna relación con la sociedad o cuál fue su apreciación sobre lo que hace un químico. Además,

hubo varias respuestas que hicieron énfasis únicamente en el aprendizaje del tema disciplinar.

Por consiguiente, no fue posible determinar cuál fue el efecto del contexto en cuestión y, de cierta forma, puede deberse a que la pregunta no fue la adecuada.

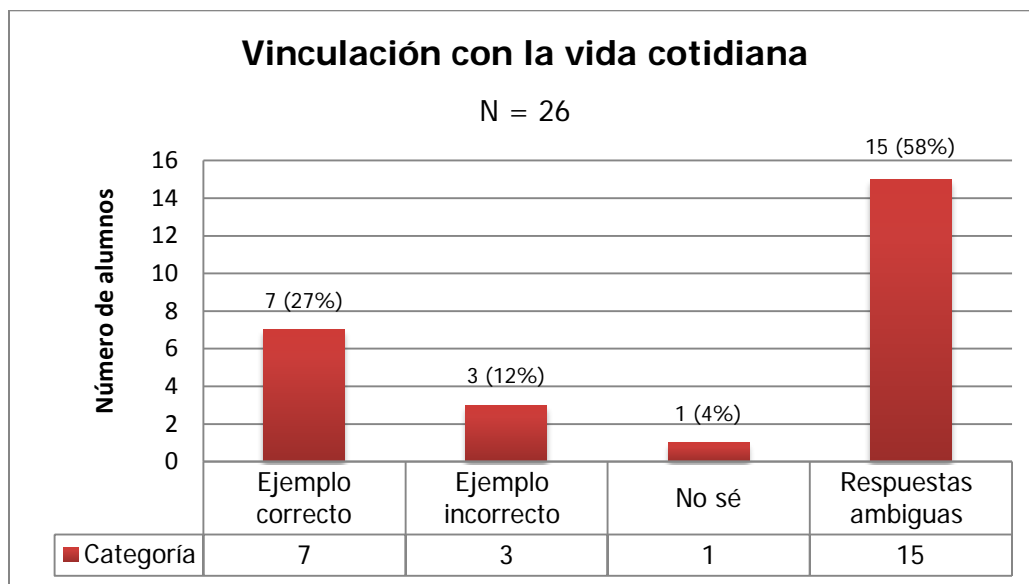


Figura 34. Vida cotidiana.

Sobre la pregunta 5, un tercio del alumnado fue capaz de asociar algún ejemplo de reacción química con su vida cotidiana. Esto queda demostrado de la siguiente manera.

Ejemplos de respuesta

Ejemplo 1.

Estudiante 4F2

5. ¿Consideras que las reacciones químicas están presentes en tu vida cotidiana? **Justifica tu respuesta.**

Si, por ejemplo en la comida, la carne cruda no es comestible y huele muy mal pero al cocinarla cambia totalmente su color, su olor y su sabor. Eso sería un ejemplo de reacción química.

Transcripción: “Si, por ejemplo en la comida, la carne cruda no es comestible y huele muy mal pero al cocinarla cambia totalmente su color, su olor y su sabor. Eso sería un ejemplo de reacción química.”

Ejemplo 2.

Estudiante 6F1

5. ¿Consideras que las reacciones químicas están presentes en tu vida cotidiana? **Justifica tu respuesta.**

Si.
Al cortar una cebolla, tal vez cuando cocinamos
algo y en muchas cosas más que ni notamos.

Transcripción: “Sí. Al cortar una cebolla, tal vez cuando cocinamos algo y en muchas cosas más que ni notamos.”

Se puede observar que, en particular, la estudiante 6F1 relacionó una de las actividades de la propuesta didáctica con su vida cotidiana. Sobre este punto, otros dos aprendices hicieron lo mismo.

No obstante, también se presentó el caso de alumnos que pusieron un ejemplo incorrecto. De hecho, todos ellos exhiben algunas concepciones alternativas asociadas a la reacción química, por ejemplo, que esta es un cambio físico o una mezcla.

Ejemplos de respuestas

Ejemplo 1.

Estudiante 2M2

5. ¿Consideras que las reacciones químicas están presentes en tu vida cotidiana? **Justifica tu respuesta.**

Si como por ejemplo cuando preparas
tu café en la mañana mezclas muchas
sustancias etc.

Transcripción: “Sí como por ejemplo cuando preparas tu café en la mañana mezclas muchas sustancias, etc.”

Ejemplo 2.

Estudiante 1F1

5. ¿Consideras que las reacciones químicas están presentes en tu vida cotidiana? **Justifica tu respuesta.**

Si, en la cocina a la hora de hervir el agua
podría ser un ejemplo.

Transcripción: “Sí, en la cocina a la hora de hervir el agua podría ser un ejemplo.”

Lo siguiente que se expone son las respuestas a la pregunta 7 del postest, a través de la **Figura 35**.

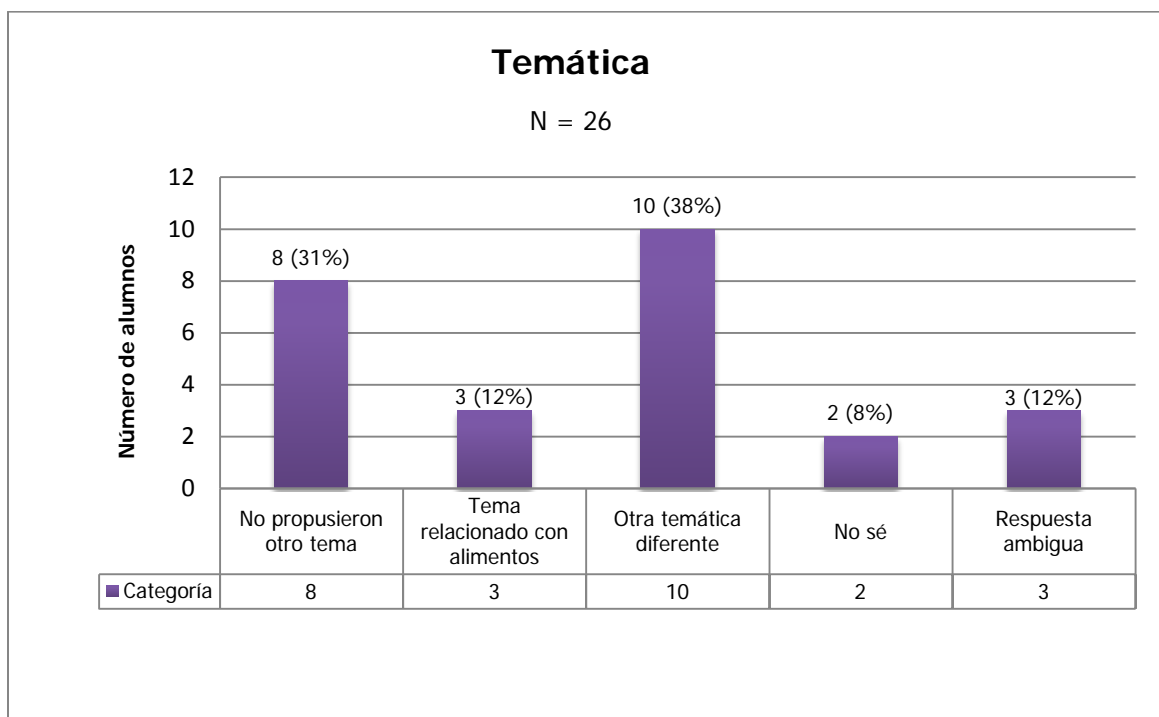


Figura 35. Otros intereses.

La mayoría de los estudiantes dijeron temas que les resultan llamativos, estos son: metales, energía, química del amor, medio ambiente, tecnología, bebidas alcohólicas y sus efectos, ropa, el porqué las sustancias tienen color, elaboración de perfumes y cosméticos y el contenido de estos productos.

A su vez, el 31% de los pupilos comentaron que fue de su agrado el tema de alimentos, mientras que el 12% sugirió que les gustaría aprender sobre los nutrientes, aspectos de microbiología y el porqué se echa a perder la comida y cómo evitarlo.

7.3.2 Productos de la propuesta didáctica

Para este apartado sólo se exhibió lo obtenido a partir de la actividad de laboratorio denominada Botella azul, ya que fue la que aportó información relevante para este estudio.

En general, se observa que los alumnos exhibieron varias concepciones alternativas y dificultades asociadas a la reacción química. Esto se ilustra a continuación.

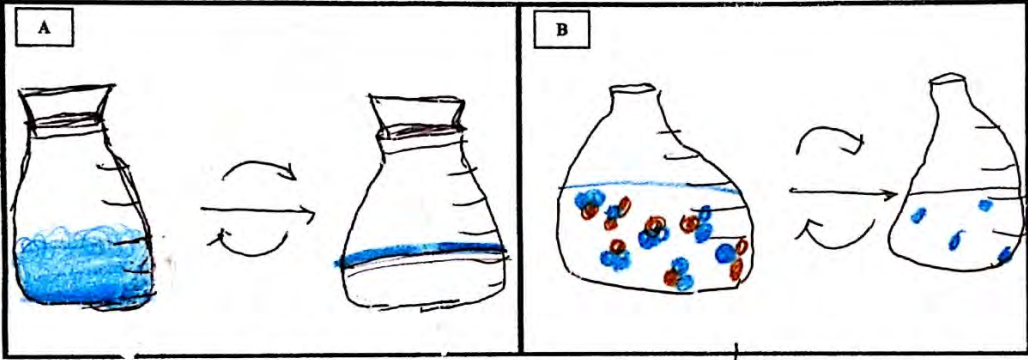
Ejemplos de respuestas

Ejemplo 1.

Figura 36. Hoja de trabajo del equipo 2.

1. Haz un dibujo de las siguientes situaciones y escribe una breve descripción de las mismas.

A) Observaciones en el matraz Erlenmeyer.
B) Si pudieras hacer un "zoom" al matraz Erlenmeyer ¿cómo crees que se verían las partículas?



A. Al mezclar la sustancia con glucosa la sustancia se vuelve azul, al agitarla se vuelve transparente.
B. La mezcla en fase azul todos los átomos están juntos y transparente, separados.

2. ¿Por qué crees que al agitar el frasco cambia de color la solución formada?
Porque por medio de sus átomos y estructura hicieron una reacción y una nueva sustancia.

Transcripción A: "Al mezclar con glucosa la sustancia se vuelve azul, al agitarla se vuelve transparente."

Transcripción B: "La mezcla en fase azul todos los átomos están juntos y transparente, separados."

Transcripción (respuesta): "Porque por medio de sus átomos y estructura hicieron una reacción y una nueva sustancia."

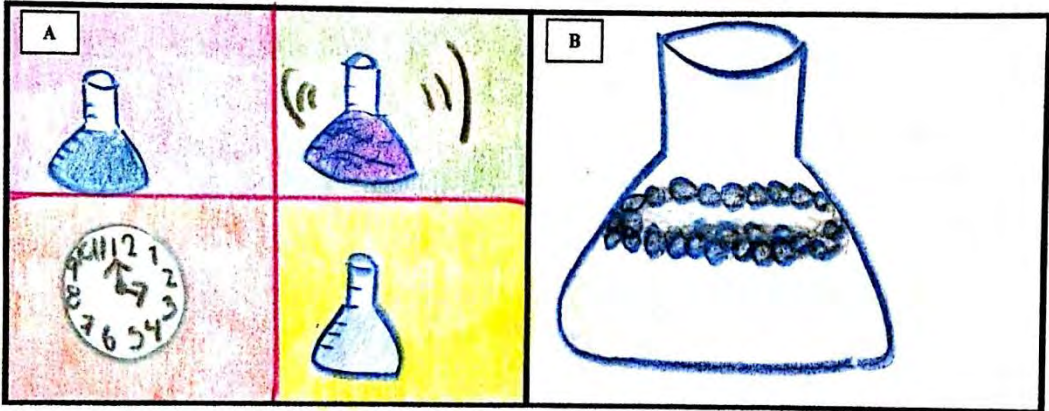
Es notorio que confunden mezcla con reacción química y, aunque reconocen la formación de una nueva sustancia, no tienen una clara comprensión sobre lo que ocurre en una reacción en términos submicroscópicos.

Ejemplo 2.

Figura 37. Hoja de trabajo del equipo 3.

1. Haz un dibujo de las siguientes situaciones y escribe una breve descripción de las mismas.

A) Observaciones en el matraz Erlenmeyer.
B) Si pudieras hacer un "zoom" al matraz Erlenmeyer ¿cómo crees que se verían las partículas?



A. Al inicio cada vez que le pones hidróxido de sodio se hacía más azul, pero al agitarlo y dejarlo en reposo se separaba la mezcla.
B. Las moléculas azules se ponen en la superficie de la sustancia, y cuando se mezclan se mezcla con toda la sustancia.

2. ¿Por qué crees que al agitar el frasco cambia de color la solución formada?
Por que hay una reacción en la sustancia.

Transcripción A: "Al inicio cada vez que le pones hidróxido de sodio se hacía más azul, pero al agitarlo y dejarlo en reposo se separaba la mezcla."

Transcripción B: "Las moléculas azules se ponen en la superficie de la sustancia y cuando se mezclan se mezcla con toda la sustancia."

Transcripción (respuesta): "Porque hay una reacción en la sustancia."

Estas respuestas muestran que se confunde mezcla con reacción química, le atribuyen propiedades macroscópicas a las partículas (al hacer mención de las "moléculas azules") y, a pesar de que comentan que ocurrió una reacción no se enfatiza la formación de nuevas sustancias.

Ejemplo 3.

Figura 38. Hoja de trabajo del equipo 6.

1. Haz un dibujo de las siguientes situaciones y escribe una breve descripción de las mismas.

A) Observaciones en el matraz Erlenmeyer.
B) Si pudieras hacer un "zoom" al matraz Erlenmeyer ¿cómo crees que se verían las partículas?

A. Al agitar por poco tiempo el frasco se hizo muy azul y después de 38 segundos se hizo blanca

B. En una pues no está mezclada y la otra sí

2. ¿Por qué crees que al agitar el frasco cambia de color la solución formada?

Porque hubo una reacción

Transcripción A: "Al agitar por poco tiempo el frasco se hizo muy azul y después de 38 segundos se hizo blanca."

Transcripción B: "En una pues no está mezclada y la otra sí."

Transcripción (respuesta): "Porque hubo una reacción."

De nueva cuenta, persiste la confusión entre mezcla y reacción química y sólo se reconoce el fenómeno acontecido, pero no se ahonda más sobre ello.

A continuación, se presentan las respuestas a la pregunta del diario de la propuesta didáctica: ¿Qué aprendí de reacción química?, la cual se respondió después de la discusión plenaria.

Tabla 24. Respuestas del diario de clase.

NO. DE EQUIPO	RESPUESTA
Equipo 1	Cómo identificarla y que hay cambios en las sustancias.
Equipo 2	Que se generan en dos o más sustancias y crean una tercera sustancia llamada producto, el cual presenta cambio de propiedades entre otras cosas.
Equipo 3	Proceso en el cual las sustancias cambian o pueden cambiar su estructura.
Equipo 4*	Es peligroso mezclar las sustancias sin saber sus propiedades.
Equipo 5	Causa un cambio debido a la unión de dos sustancias creando una tercera diferente.
Equipo 6	Que para formar una reacción química necesito dos sustancias para que se haga una tercera sustancia.

*Esta respuesta muestra ciertos contenidos actitudinales y procedimentales que se abordaron en la actividad didáctica.

En general, prevalece la concepción alternativa de que una mezcla es una reacción química y pese a que se reconoce el fenómeno ocurrido da la impresión de que este proceso es visto como una transmutación de una sustancia, pues se manifiesta que las sustancias se transforman en otras nuevas sin relación alguna con las originales (respuesta del equipo 3: “porque hay una reacción en la sustancia.”), inclusive, puede ser que se piense que las sustancias cambian de aspecto, en este caso de color, pero sigue siendo la misma.

Por otra parte, las explicaciones de los equipos 2 y 6 exhiben la concepción de que en una reacción química sólo hay una interacción en las sustancias, sin que esto implique la formación de nuevas sustancias (Furió y Furió, 2000).

No obstante, después de la discusión plenaria al menos tres equipos (2, 5 y 6) ya reconocen que en una reacción química se generan sustancias diferentes de las que les dieron origen.

8. Consideraciones Finales

La investigación – acción fue la orientación idónea, ya que a través de una actitud reflexiva fue posible identificar aciertos y limitaciones de la práctica educativa que tuvo lugar. En este sentido, la última fase del primer ciclo de investigación–acción fue de gran importancia porque, gracias a esta, se tuvieron diversos elementos con los cuales se reestructuraron las actividades de la propuesta didáctica.

A continuación, se muestran sugerencias para abordar de manera diferente cada una de las actividades.

A1: Botella azul

Si bien es cierto que esta resulta interesante y atractiva, también presenta ciertos inconvenientes como el hecho de que puede fomentar la idea de que una reacción química y una mezcla son lo mismo. Aunado a esto, la explicación de lo que ocurre posiblemente resulte complejo para los pupilos, sobre todo, si consiste en el primer acercamiento que tienen al aprendizaje de este concepto.

Es por ello que se recomienda abordar de forma general y simple las reacciones químicas que tienen lugar, recalcar que el agitar el frasco no implica que se esté haciendo una mezcla como tal y enfocarse en la formación de nuevas sustancias.

Por el contrario, si se quieren emplear reacciones más sencillas que involucren cambios de color, se sugiere efectuar la reacción rédox entre la glucosa y el permanganato de potasio.

Según Rodríguez y Navarro de Tuero (2011), lo que sucede es que, en medio básico, la glucosa se oxida, mientras que el manganeso (VII) de los iones MnO_4 se reduce gradualmente, pues pasa de estado de oxidación +7 a +6 y +4. Esta situación puede comprobarse al ver el cambio de color de púrpura a azul, verde y amarillo-marrón.

A2: ¿Por qué lloras?... ¡si fuiste tú quién me cortó!

Pese a que, en un inicio, para esta actividad no se contempló un enfoque de indagación, dado que no se tenía como objetivo la implementación de dicha estrategia, es recomendable desarrollarla, pues, de acuerdo con Crujeiras et al. (2013), mediante la indagación los estudiantes pueden desarrollar conocimientos y mejorar la comprensión sobre las ideas científicas.

Para ello, el docente puede plantear una situación problemática como la siguiente: ¿cuál es la mejor forma de evitar que al cortar una cebolla esta nos haga llorar? Así pues, con dicho enfoque se estaría alentando a los alumnos a evaluar la utilidad de sus creencias y concepciones y se fomentaría el desarrollo de los hábitos de la mente como la creatividad, flexibilidad, imaginación, innovación, integridad, reflexión, entre otros (Llewellyn, 2005).

Aunado a esto, es importante destacar que la indagación favorece que los aprendices diseñen experimentos; recolecten, analicen e interpreten datos; examinen diversas fuentes

de información y, sobre todo, elaboren y comuniquen los productos de su investigación (Camacho et al., 2008).

A3: ¡Qué rico huele!

En cuanto al diseño del experimento, es recomendable realizar el tratamiento previo a la mantequilla para obtener mejores resultados (ver Propuesta Didáctica), en caso de no tener ácido butanoico.

Además, para la segunda parte pueden emplearse otros materiales, no necesariamente los clips de colores, pues el propósito de utilizar objetos tangibles es que los aprendices conciban el nivel microscópico (Cloonan et al., 2011) y comprendan que en una reacción química ocurre un reacomodo de los átomos, sin que se modifique el número de estos.

Por otra parte, debido a que a los alumnos les resultó complicado representar con los clips las estructuras de los reactivos y productos, se sugiere que se les proporcione la estructura de los grupos funcionales involucrados y que ellos determinen la configuración de la R y R'.

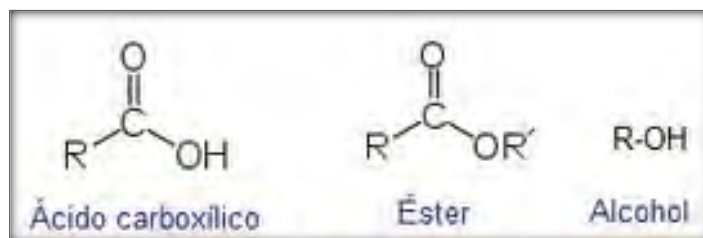


Figura 39. Grupos funcionales (adaptación).

Descargada de: <http://webquest.cepdeorcera.org/wq/ver/3732>

A4: Pobrecitos, los marines

De acuerdo con Sanmartí (2007), la lectura es uno de los mejores medios para que los pupilos se apropien del lenguaje de la ciencia, el cual es necesario para construir y elaborar ideas. En este sentido, señala esta autora, los textos de divulgación científica constituyen un recurso importante, ya que posibilitan a los estudiantes el establecer relaciones entre lo que se habla dentro y fuera de la escuela.

Del mismo modo, Negrete y Lartigue (2014) recomiendan el uso de materiales que puedan ser entendidos por los alumnos y retenidos en la memoria de largo plazo como parte del proceso de aprendizaje, además, estos deben comunicar información de una manera precisa, memorable y disfrutable.

Es por ello que se sugiere que la lectura *Pobrecitos, los marines* se presente con un formato basado en el método RIRC (Recuento, Identificación, Recuerdo y Contextualización), mediante el cual, a través de narrativas e imágenes, se facilite el aprendizaje (Negrete, 2014).

9. Conclusiones

Con base en los objetivos planteados se mencionan las conclusiones del presente trabajo. Estas son las siguientes:

1. Se diseñó una propuesta didáctica que fue utilizada para introducir el concepto de reacción química a los alumnos de bachillerato. Además, la incorporación de elementos de la enseñanza contextualizada, como el uso de contextos pertenecientes a otros dominios diferentes al de la “vida cotidiana”, aportó una gama de oportunidades para que los estudiantes vieran las conexiones entre los conceptos y las aplicaciones de estos. Sobre este punto, el dominio de las prácticas profesionales les brindó a los alumnos la oportunidad de conocer la labor de un químico, lo cual resulta fundamental ya que se encuentran en una etapa académica en la cual definirán su futuro profesional y personal.

No obstante, es importante comentar que el manejo de los contextos, tanto en el diseño como en la aplicación de la propuesta didáctica, aún está enmarcado en enfoques tradicionales pues, según De Jong (2006a, 2006b), Caamaño, (2011a, 2011b) y Blanco et al. (2012) se estaría cumpliendo primordialmente con una función de ilustración y aplicación, aunque, de cierta manera, se dio la pauta para que también se cumpliera la función motivacional. En este sentido, de acuerdo con el análisis de la percepción de las actividades de la propuesta didáctica, se observó un predominio de emociones positivas, las cuales influyeron en la motivación de los aprendices, pues estas propiciaron que existiera interés por adquirir nuevos conocimientos.

Por otra parte, el hecho de que las actividades no estén secuenciadas permite modificar el orden de presentación o usarlas de forma aislada, según los intereses y necesidades en cuestión. Aunque, pueden continuar siendo utilizadas del mismo modo que la autora de este trabajo.

2. Pese a que no se pueden hacer generalizaciones debido al tipo de muestra (Winterbottom, 2009), los resultados obtenidos al analizar las preguntas del pretest y postest mostraron un progreso notorio en relación a las respuestas de los estudiantes.

En primera instancia, destacó que después de la aplicación de la propuesta didáctica más de la mitad del alumnado al menos reconoció que en una reacción química ocurre la formación de nuevas sustancias, pues antes de la intervención en el aula aproximadamente un 60% de los estudiantes no manifestaron una idea clara al respecto.

Sin embargo, la vinculación de los tres niveles de representación de la materia propuestos por Johnstone es un tema que necesita ser trabajado con más profundidad, pues aproximadamente 40% de los estudiantes no comprenden cómo ocurre la reacción química, ya que presentan dificultad para diferenciar entre el nivel macroscópico y nanoscópico y relacionarlos entre sí.

Por otro lado, hubo una serie de factores que contribuyeron a la consecución de los objetivos de la propuesta didáctica. Entre ellos destacan la realización de las diversas actividades, las discusiones plenarias y el trabajo colaborativo, ya que estos permitieron que los estudiantes compartieran diferentes puntos de vista y coadyuvaron a que estos construyeran de manera paulatina su conocimiento.

Así mismo, la teoría del aprendizaje significativo de Ausubel ofreció un marco apropiado para el desarrollo de este trabajo, debido a que plantea que el aprendizaje del alumno depende de las ideas previas que este posee y la manera en que las relaciona con la nueva información (Ortiz, 2007; García, 2012). En este sentido, el proceso de aprendizaje de los alumnos estuvo influenciado por la forma en que se establecieron dichas relaciones.

Aunado a esto, de acuerdo con Doubleday et al. (2015), el entorno social compuesto por los estudiantes y el docente (en este caso, la autora de la tesis) también tuvo un papel esencial en el proceso de aprendizaje.

3. El ciclo de investigación– acción fue una metodología adecuada que permitió diseñar, aplicar, evaluar y reestructurar la propuesta didáctica. Así pues, como señalan Colmenares y Piñero (2008), es un instrumento idóneo que posibilita al maestro ser un aprendiz de por vida, le enseña cómo aprender a aprender, cómo comprender la estructura de su propia práctica y cómo transformarla.

Sobre las perspectivas a futuro se tiene contemplado abordar, mediante la implementación de la enseñanza contextualizada, otros temas de interés para los estudiantes, los cuales fueron manifestados en el postest. Al respecto, se pretende diseñar actividades en las que el contexto sea el hilo conductor para introducir y construir ideas claves; pues de acuerdo con Marchán y Sanmartí (2015), la enseñanza contextualizada estaría favoreciendo aprendizajes poco significativos, si es que sólo se aplica de manera expositiva con actividades meramente reproductivas, descriptivas y memorísticas.

También se tiene considerada la aplicación de la propuesta didáctica reestructurada (ver Consideraciones Finales), con la finalidad de verificar si las modificaciones a la misma ayudan a que los alumnos mejoren su comprensión de la reacción química.

Cabe mencionar que se haría un mayor énfasis en la vinculación de los tres niveles de representación de la materia; para ello, se tomarían en cuenta las sugerencias hechas por Wu y Shah (2004) sobre el uso de animaciones o material multimedia, el cual ayude a los pupilos a concebir el nivel nanoscópico y a mejorar su comprensión de este. Y, como establecen Calik et al. (2010), se emplearían recursos visuales que enseñen la teoría de las colisiones, de tal manera que los alumnos conciban la forma en que ocurren las reacciones químicas en términos de átomos y enlaces.

Finalmente, es importante mencionar que lo aportado con este trabajo servirá como base para futuras investigaciones relacionadas con la reacción química y con la enseñanza contextualizada.

10. Referencias

- ~ Abrahams, I. (2011). *Practical work in secondary science: a minds-on approach*. Londres: Continuum. Consultado el 10 de junio de 2015. Disponible en: <https://books.google.com.mx/books?id=sNQUwUwQOeAC&printsec=frontcover&dq=practical+work&hl=es&sa=X&ved=0CB4Q6AEwAGoVChMIIN7n5fyDxgIVxSysCh1fpADT#v=onepage&q=practical%20work&f=false>
- ~ Alvarado, C. (2012). Secuencias de enseñanza - aprendizaje sobre acidez y basicidad, a partir del Conocimiento Didáctico del Contenido de profesores de bachillerato con experiencia docente. Disertación Doctoral. Universidad de Extremadura. España.
- ~ Andersson, B. (1990). Pupils' conceptions of matter and its transformations (age 12 - 16). *Studies in Science Education*, 18 (1), 53–85.
- ~ Aragón, M. (2004). La ciencia de lo cotidiano. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1 (2), 109 - 121.
- ~ Aragón, M., Oliva, J. y Navarrete, A. (2010). Analogías y modelización en la enseñanza del cambio químico. *Investigación en la Escuela*, 71, 93–114.
- ~ Arredondo, M., Uribe, M., y Wuest, T. (1979). Notas para un modelo de docencia. *Perfiles Educativos*, 3, 3–27.
- ~ Baquero, R. (1997). Cap. 5 La Zona de Desarrollo Próximo y el análisis de las prácticas educativas. En *Vigotsky y el aprendizaje escolar* (pp. 137–169). Argentina: Aique Grupo Editor.
- ~ Barke, H-D., Hazari, A. y Yitbarek, S. (2009). Cap. 2 Students' misconceptions and how to overcome them. En *Misconceptions in chemistry. Addressing perceptions in chemical education* (pp. 21–36). Berlín: Springer Berlin Heidelberg.
- ~ Barragán, A. y Morales, C. (2014). Psicología de las emociones positivas: generalidades y beneficios. *Enseñanza e Investigación en Psicología*, 19 (1), 103–118.
- ~ Batista, E. (2007). *Lineamientos pedagógicos para la enseñanza y el aprendizaje*. Colombia: EDUCC. Editorial Universidad Cooperativa de Colombia.
- ~ Bello, S. (2004). Ideas previas y cambio conceptual. *Educación Química*, 15 (3), 60–67.
- ~ Blanco, A., España, E. y Rodríguez, F. (2012). Contexto y enseñanza de la competencia científica. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 70, 9 - 18.
- ~ Bliss, J., Monk, M. y Ogborn, J. (1983). *Qualitative data analysis for educational research. A guide to uses of systemic networks*. Londres: Croom Helm.
- ~ Bransford, J., Brown, A. y Cocking, R. (2000). Cap. 1 Learning: from speculation to science. En *How people learn. Brain, mind, experience, and school* (pp. 3–27). Washington: National Academy Press.
- ~ Brígido, M., Couso, D., Gutiérrez, C. y Mellado, V. (2013). The emotions about teaching and learning science: a study of prospective primary teachers in three spanish universities. *Journal of Baltic Science Education*, 12 (3), 299–311.
- ~ Bulte, A., Westbroek, H., De Jong, O. y Pilot, A. (2006). A research approach to designing chemistry education using authentic practices as contexts. *International Journal of Science Education*, 28 (9), 1063–1086.
- ~ Caamaño, A. (2011a). Enseñar química mediante la contextualización, la indagación y la modelización. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 69, 21–34.

- ~ Caamaño, A. (2011b). Contextualización, indagación y modelización. Tres enfoques para el aprendizaje de la competencia científica en las clases de química. *Aula de Innovación Educativa*, 207, 17–21.
- ~ Cajas, F. (2001). Alfabetización científica y tecnológica: la transposición didáctica del conocimiento tecnológico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (2), 243–254.
- ~ Calik, M., Kolomuc, A. y Karagölge, Z. (2010). The effect of conceptual change pedagogy on students' conceptions of rate of reaction. *Journal of Science Education and Technology*, 19, 422–433.
- ~ Camacho, H., Casilla, D. y Finol de Franco, M. (2008). La indagación: una estrategia innovadora para el aprendizaje de procesos de investigación. *Laurus*, 14 (26), 284–306.
- ~ Campanario, J. y Moya, A. (1999). ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (2), 179 - 192.
- ~ Campuzano, A. (2013). *Editorial*. Pulso. Órgano Informativo del CCH Naucalpan, 27. Consultado el 21 de octubre de 2015. Disponible en: http://issuu.com/pulso_cch_naucalpan/docs/pulso_27
- ~ Cañal, P. (2004). La alfabetización científica: ¿necesidad o utopía? *Cultura y Educación*, 16 (3), 245–257.
- ~ 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.
- ~ Castejón, J., Maldonado, A. y Miralles, M. (2009). Cap. 3 Teorías cognitivas, teorías constructivistas y teorías del aprendizaje situado. En José Luis Castejón y Leandro Navas (Eds.), *Aprendizaje, desarrollo y disfunciones. Implicaciones para la enseñanza en la educación secundaria* (pp. 83–121). España: ECU. Editorial Club Universitario.
- ~ Castellanos, C. y Gallego, R. (2000). Una aproximación al aprendizaje total del concepto de reacción química. *Tecne, Episteme y Didaxis*, 7, 58–65.
- ~ Chamizo, J. (2010). Una tipología de los modelos para la enseñanza de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7 (1), 26 - 41.
- ~ Chamizo, J. e Izquierdo, M. (2005). Ciencia en contexto: una reflexión desde la filosofía. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 46, 9 - 17.
- ~ Chandrasegaran, A., Treagust, D. y Mocerino, M. (2007). The development of a two-tier multiple-choice diagnostic instrument for evaluating secondary school students' ability to describe and explain chemical reactions using multiple levels of representation. *Chemistry Education Research and Practice*, 8 (3), 293 - 307.
- ~ Cheng, M. y Gilbert, J. (2009). Cap. 3 Towards a better utilization of diagrams in research into the use of representative levels in chemical education. En John K. Gilbert y David Treagust (Eds.), *Models and modeling in science education. Volumen 4: Multiple representations in chemical education* (pp. 55–73). Londres: Springer.
- ~ Cloonan, C., Nichol, C. y Hutchinson, J. (2011). Understanding chemical reaction kinetics and equilibrium with interlocking building blocks. *Journal of Chemical Education*, 88, 1400–1403.
- ~ Colegio de Ciencias y Humanidades (2014a). *Historia del Colegio de Ciencias y Humanidades*. Consultado el 24 de junio de 2014. Disponible en: <http://www.cch.unam.mx/historia>
- ~ Colegio de Ciencias y Humanidades (2014b). *Misión y filosofía*. Consultado el 24 de junio de 2014. Disponible en: <http://www.cch.unam.mx/misionyfilosofia>

- ~ Colmenares, A. y Piñero, M. (2008). La investigación - acción. Una herramienta metodológica heurística para la comprensión y transformación de realidades y prácticas socio-educativas. *Laurus*, 14 (27), 96–111.
- ~ Córdova, J. (2007). *La química y la cocina*. México: Fondo de Cultura Económica.
- ~ Crujeiras, B., Gallástegui, J. y Jiménez, M. (2013). Indagación en el laboratorio de química. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 74, 49–56.
- ~ Deese, W., Ramsey, L. y Cox, C. (2007). The blue bottle demonstration. *Science Scope*, 66–68.
- ~ De Freitas, K. y Alves, A. (2010). Reflexiones sobre el papel de la contextualización en la enseñanza de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 28 (2), 275–284.
- ~ De Jong, O. (2006a). Making chemistry meaningful: conditions for successful context-based teaching. *Educación Química*, 17, 215–221.
- ~ De Jong, O. (2006b). *Context - based chemical education: how to improve it?* Trabajo presentado en la 19ª Conferencia Internacional sobre la Enseñanza de la Química, Seúl, Corea.
- ~ De Jong, O. y Taber, K. (2007). Cap. 22 Teaching and learning the many faces of chemistry. En Sandra K. Abell y Norman G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education*. Estados Unidos de América: Routledge.
- ~ De la Mata, C., Álvarez, J. y Alda, E. (2011). Ideas alternativa en las reacciones químicas. *Didácticas Específicas*, 5.
- ~ De Vos, W. y Verdonk, A. (1985a). A new road to reactions. Part 1. *Journal of Chemical Education*, 62 (3), 238 - 240.
- ~ De Vos, W. y Verdonk, A. (1985b). A new road to reactions. Part 2. *Journal of Chemical Education*, 62 (8), 648–649.
- ~ Del Carmen, L. (2006). Los trabajos prácticos. En Dirección General de Desarrollo Curricular (Comp.), *Ciencias. Antología. Primer Taller de Actualización sobre los Programas de Estudio 2006. Reforma de la Educación Secundaria*. México: Secretaría de Educación Pública.
- ~ Del Cid, R. y Criado, A. (2001). Química de la cocina. Un enfoque para maestros y maestras. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 28, 77–84.
- ~ Delmastro, A. (2008). Metacognición, andamiaje y pensamiento crítico en el aprendizaje de lenguas extranjeras. *Paradigma*, 29 (1), 197 – 230.
- ~ Delors, J. (1996). Cap. 4 Los cuatro pilares de la educación. En *La educación encierra un tesoro. Informe a la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la Educación para el siglo XXI* (pp. 95–109). España: Santillana Ediciones UNESCO.
- ~ Díaz, J. (2015). Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), una alternativa en la enseñanza del tema síntesis de proteínas en el bachillerato. Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- ~ Díaz-Barriga, F. (2003). Cognición situada y estrategias para el aprendizaje significativo. *REDIE. Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 5 (2), 105–117.
- ~ Díaz-Barriga, F. y Hernández, G. (2010). Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Una interpretación constructivista (3ª ed). México: McGraw-Hill Interamericana.

- ~ Doubleday, A., Brown, B., Patston, P., Jurgens-Toepke, P., Strotman, M., Koerber, A., Haley, C., Briggs, C. y Knight, G. (2015). Social constructivism and case - writing for an integrated curriculum. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 9 (1), 44–57.
- ~ Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E. y Scott, P. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, 23 (7), 5–12.
- ~ Dubet, F. (2011). Cap. 3 Los alumnos, la escuela y la institución. *En La experiencia sociológica* (pp. 61–84). España: Editorial Gedisa.
- ~ Eristeo, J. (2011). *El trabajo colaborativo como estrategia de aprendizaje en alumnos de situación extraedad*. Tesis de Maestría. Centro Chihuahuense de Estudios de Posgrado. Unidad Juárez. México.
- ~ España, E. y Prieto, T. (2009). Educar para la sostenibilidad: el contexto de los problemas socio-científicos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6 (3), 345–354.
- ~ Evans, M. (2009a). Cap. 7 Reliability and validity in qualitative research by teacher researchers. En Elaine Wilson (Ed.), *School-based Research. A guide for education students* (pp. 112–124). Gran Bretaña: SAGE.
- ~ Evans, M. (2009b). Cap. 8 Analysing qualitative data. En Elaine Wilson (Ed.), *School-based Research. A guide for education students* (pp. 125–135). Gran Bretaña: SAGE.
- ~ Fensham, P. (2009). Real world contexts in PISA science: Implications for context-based science education. *Journal of Research in Science Teaching*, 46 (8), 884–896.
- ~ Fernández, M. y Jiménez, A. (2014). La química cotidiana en documentos de uso escolar: análisis y clasificación. *Educación Química*, 25 (1), 7–13.
- ~ Fragoso, V. (2013). Qué dicen los jóvenes frente a las problemáticas de su vida cotidiana en el CCH. *Eutopía*, 19, 26 – 32.
- ~ Furió, C. y Furió, C. (2000). Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los procesos químicos. *Educación Química*, 11 (3), 300–308.
- ~ Furió, C., Vilches, A., Guisasola, J. y Romo, V. (2001). Finalidades de la enseñanza de las ciencias en la secundaria obligatoria ¿alfabetización científica o preparación propedéutica? *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (3), 365 - 376.
- ~ Galagovsky, L. (2007). Enseñar química vs. Aprender química: una ecuación que no está balanceada. *Química Viva*, 6, 1–13.
- ~ García, A. (2012). Modelo de aprendizaje fundamentado en problemas reales para desarrollar competencias en temas de impacto ambiental en el bachillerato. Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- ~ Garritz, A. y Trinidad, R. (2003). Revisión de las concepciones alternativas de los estudiantes de secundaria sobre la estructura de la materia. *Educación Química*, 14 (2), 92–105.
- ~ Garritz, A. y Ortega, N. (2013). Cap. 12 El aspecto afectivo en la enseñanza universitaria. Cómo cinco profesores enseñan el enlace químico en la materia condensada. En Vicente Mellado, Lorenzo Blanco, Ana Belén Borrachero y Janeth Cárdenas (Eds.), *Las emociones en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias y las matemáticas* (pp. 277–304). España: Editorial Deprofe, Universidad de Extremadura.
- ~ Garritz, A., Sosa, P., Hernández, G., López, N., Nieto, E., Reyes, F. y Robles, C. (2013). Una secuencia de enseñanza/aprendizaje para los conceptos de sustancia y reacción química con base en la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología. *Educación Química*, 24 (4), 439–450.

- ~ Gil, D. y Vilches A. (2001). Una alfabetización científica para el siglo XXI. Obstáculos y propuestas de actuación. *Investigación en la Escuela*, 43, 27 - 37.
- ~ Gilbert, J. (2006). On the nature of “context” in chemical education. *International Journal of Science Education*, 28 (9), 957–976.
- ~ González, A., Rodríguez, A. y Hernández, D. (2011). El concepto Zona de Desarrollo Próximo y su manifestación en la educación médica superior cubana. *Revista Cubana de Educación Médica Superior*, 25 (4), 531–539.
- ~ González, C. (2012). *Aplicación del constructivismo social en el aula*. Consultado el 7 de mayo de 2015. Disponible en: http://www.oei.es/formaciondocente/materiales/OEI/2012_GONZALEZ_ALVAREZ.pdf.
- ~ Guzmán, C. y Serrano, O. (2007). La población estudiantil del bachillerato de la UNAM. Características y tendencias. *Eutopía*, 4, 15 – 21.
- ~ Guzmán, C., Méndez, N., Romero, M., Sosa, P. y Trejo, L. (2005). Estrategias para introducir el concepto sustancia y para distinguir cambio químico y cambio físico en alumnos de nivel bachillerato. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, VII Congreso, 1–5.
- ~ Hadenfeldt, J. y Neumann, K. (2014). *Understanding matter. A review of research on students’ conceptions of matter*. Documento presentado para la Conferencia Internacional Anual de la NARST, Pittsburgh, EUA.
- ~ Hallak, J. (1998). *Education and globalization*. En UNESCO: International Institute for Educational Planning (Ed.). Documento presentado para la conferencia Educational Reconstruction and Transformation Challenges for the 21st Century, Paris, Francia, International Institute for Educational Planning, pp. 1–25.
- ~ Hernández, G. y López, N. (2009). Cap. 10 Obstáculos para la construcción del concepto reacción química. Una propuesta para superarlos. En Facultad de Química (Ed.), *METL2 Papeles del Seminario de Investigación Educativa* (pp. 153–169). México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- ~ Hesse, J. (1992). Students’ conceptions of chemical change. *Journal of Research in Science Teaching*, 29 (3), 277–299.
- ~ Hinton, M. y Nakhleh, M. (1999). Students’ microscopic, macroscopic, and symbolic representations of chemical reactions. *The Chemical Educator*, 4 (5), 158–167.
- ~ Holman, J. (2001). All you need to know about chemistry. *Education in Chemistry*, 10, 10–11.
- ~ Huerta, R., Méndez, N. y Azpeitia, G. (2011). *De la mantequilla a la piña y del vinagre al plátano, síntesis de isómeros de ésteres*. Ponencia presentada en el Simposio de Estrategias Didácticas, Colegio de Ciencias y Humanidades plantel Sur, México.
- ~ Imai, S., Tsuge, N., Tomotake, M., Nagatome, Y., Sawada, H., Nagata, T. y Kumagai, H. (2002). An onion enzyme that makes the eyes water. *Nature*, 419, 685.
- ~ Izquierdo, M. (2007). Cap. 2 Fundamentos epistemológicos en la enseñanza de la ciencia. En J.A. Chamizo (Ed.). *La esencia de la química. Reflexiones sobre filosofía y educación* (pp. 29–59). México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- ~ Izquierdo, M., Sanmartí, N. y Espinet, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (1), 45 - 59.
- ~ Izquierdo, M., Sanmartí, N. y Estaña, J. (2007). Cap. 6 Actividad química escolar: modelización del cambio químico. En Mercé Izquierdo, Aureli Caamaño y Mario

- Quintanilla (Eds.), *Investigar en la enseñanza de la química. Nuevos horizontes: contextualizar y modelizar* (pp. 141–163). España: Universidad Autónoma de Barcelona.
- ~ Jensen, W. (2012). The symbolism of chemical equations. En *Ask the Historian. Collected Columns on the History of Chemistry 2003-2012* (pp. 25–26). Ohio: Universidad de Cincinnati. Oesper Collections.
- ~ Jiménez, M., Sánchez, M., De Manuel, E. (2002). Química cotidiana para la alfabetización científica: ¿realidad u utopía? *Educación Química*, 13 (4), 259–266.
- ~ Jiménez, M. y De Manuel, E. (2009). El regreso de la química cotidiana: ¿regresión o innovación? *Enseñanza de las Ciencias*, 27(2), 257–272.
- ~ Jiménez, M., López, R. y Márquez, M. (2010). Química y cocina: del contexto a la construcción de modelos. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 65, 33–44.
- ~ Johnson, D. y Johnson, R. (1999). Aprender juntos y solos. Aprendizaje cooperativo, competitivo e individualista. Buenos Aires: Aique.
- ~ Johnson, P. (2002). Children's understanding of substances. Part 2: explaining chemical change. *International Journal of Science Education*, 24 (10), 1037–1054.
- ~ Jorba, J. y Sanmartí, N. (1996). Enseñar, aprender y evaluar: un proceso de regulación continua. Propuestas didácticas para las áreas de Ciencias de la Naturaleza y Matemáticas. Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia.
- ~ Kind, V. (2004). Más allá de las apariencias. Ideas previas de los estudiantes sobre conceptos básicos de química. México: Santillana.
- ~ King, D. (2007). Teacher beliefs and constraints in implementing a context based approach in chemistry. *Teaching Science: The Journal of the Australian Science Teachers Association*, 53(1), 14 - 18.
- ~ King, D. (2009). Context-based chemistry: creating opportunities for fluid transitions between concepts and context. *Teaching Science: The Journal of the Australian Science Teachers Association*, 55 (4), 13 - 19.
- ~ Lacolla, L., Meneses, J. y Valeiras, N. (2014). Reacciones químicas y representaciones sociales de los estudiantes. *Enseñanza de las Ciencias*, 32 (3), 89–109.
- ~ Latorre, A. (2003). La investigación–acción. Conocer y cambiar la práctica educativa. España: Graó.
- ~ Leite, L. y Figueiroa, A. (2004). Las actividades de laboratorio y la explicación científica en los manuales escolares de ciencias. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 39, 20 - 30.
- ~ Ley General de Educación. Diario Oficial de la Federación, Distrito Federal, México, 13 de julio de 1993. Última reforma publicada en DOF 22-06-2006. Consultado el 25 de abril de 2015. Disponible en: http://www.oei.es/quipu/mexico/Ley_gen_educ.pdf
- ~ L'Homme, C. y Jerez, C. (2010). *Educación, Juventud y Desarrollo. Acciones de la UNESCO en América Latina y el Caribe*. Documento preparado para la Conferencia Mundial de la Juventud, León, Guanajuato, México.
- ~ Llewellyn, D. (2005). Cap. 1 Constructing and understanding of scientific inquiry. En *Teaching high school science through inquiry. A case study approach* (pp. 1–11). Estados Unidos de América: Corwin.
- ~ Llewellyn, D. (2013). Cap. 5 Developing a philosophy for inquiry. En *Teaching high school science through inquiry and argumentation* (2a ed., pp. 65–86). Estados Unidos de América: Corwin.

- ~ Lope, S. (2014). Contextualizar en la clase de ciencias. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 77, 1–8.
- ~ López, W. y Vivas, F. (2009). Estudio de las preconcepciones sobre los cambios físicos y químicos de la materia en alumnos de noveno grado. *Investigación Arbitrada*, 13 (45), 491–499.
- ~ Lubben, F. y Bennett, J. (2008). From novel approach to mainstream policy? The impact of context-based approaches on chemistry teaching. *Educación Química*, 19 (4), 252–262.
- ~ Marchán, I. y Sanmartí, N. (2015). Criterios para el diseño de unidades didácticas contextualizadas: aplicación al aprendizaje de un modelo teórico para la estructura atómica. *Educación Química*, 26 (4), 267 – 274.
- ~ Marco-Stiefel, B. (2004). Alfabetización científica: un puente entre la ciencia escolar y las fronteras científicas. *Cultura y Educación*, 16 (3), 273–287.
- ~ Mataix, J. y Barbancho, F. (2007). *Hortalizas y verduras en la alimentación mediterránea*. España: Universidad de Almería.
- ~ McKernan, J. (1999). *Investigación - acción y currículum*. Madrid: Ediciones Morata.
- ~ Méheut, M. y Psillos, D. (2004). Teaching–learning sequences: aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education*, 26 (5), 515–535.
- ~ Méndez, D. (2013). ¿Cómo afrontan los alumnos en secundaria las reacciones químicas? *Aula de Encuentro*, 15 (15), 129–137.
- ~ Méndez, Z. (2008). *Aprendizaje y cognición*. Costa Rica: Editorial UNED.
- ~ Millar, R. (2004). *The role of practical work in the teaching and learning of science*. Documento preparado para la Comisión de Laboratorios de la Escuela Secundaria: Papel y Visión (Committee on High School Laboratories: Role and Vision), Academia Nacional de las Ciencias, Washington, Estados Unidos de América.
- ~ Millar, R., Le Maréchal, J. y Tiberghien, A. (1999). Mapping the domain. Varieties of practical work. En John Leach y Albert Paulsen (Eds.), *Practical work in science education: recent research studies* (pp. 33–60). Dinamarca: Roskilde University Press.
- ~ Monroy, M. (2006). Unidad 2. Concepciones de los procesos de enseñanza–aprendizaje. Materiales MADEMS. Práctica Docente I. Consultado el 12 de febrero de 2014. Disponible en: <http://www.posgrado.unam.mx/madems/materias/practicadocente1/u2p1.htm>
- ~ Morales, R. y Manrique, F. (2012). Formación de profesores de química a partir de la explicación de fenómenos cotidianos: una propuesta con resultados. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9 (1), 124–142.
- ~ Morillo, I. (2008). Una nueva forma de enseñar las ciencias en el contexto social. *Laurus. Revista de Educación*, 14 (26), 307 - 318.
- ~ Morrison, R. y Boyd, R. (1998). *Química orgánica* (5ª ed). México: Pearson Educación.
- ~ Muñoz, L. (2013). *Informe sobre la Gestión Directiva 2012-2013*. Colegio de Ciencias y Humanidades. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- ~ Muñoz, M., Fernández, M. y Durán C. (2011). Experiencias curiosas para enseñar química en el aula. *Educación Química EduQ*, 8, 23–34.
- ~ Nakhleh, M. (1992). Why some students don't learn chemistry. *Journal of Chemical Education*, 69 (3), 191–196.
- ~ Negrete, A. (2014). Aplicación del RIRC en cómic. En Aquiles Negrete, *La ciencia de contar cuentos y el método RIRC* (pp. 61–70). México: Universidad Nacional Autónoma de México.

- ~ Negrete, A. y Lartigue, C. (2014). El método RIRC y su aplicación en cuento. En Aquiles Negrete, *La ciencia de contar cuentos y el método RIRC* (pp. 19–48). México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- ~ Nieto, E., Garritz, A. y Reyes, F. (2009). Cap. 9 ¿Cuál es el conocimiento básico que los profesores necesitan para ser más efectivos en sus clases? El caso del concepto “reacción química”. En Facultad de Química (Ed.), *METL2 Papeles del Seminario de Investigación Educativa* (pp. 131–151). México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- ~ Ordenes, R., Arellano, M., Jara, R. y Merino, C. (2014). Representaciones macroscópicas, submicroscópicas y simbólicas sobre la materia. *Educación Química*, 25 (1), 46–55.
- ~ Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. (2006). *PISA 2006. Marco de la evaluación. Conocimientos y habilidades en ciencias, matemáticas y lectura*. España: Santillana Educación.
- ~ Organización de Estados Iberoamericanos (s.f.). *Educación Media Superior*. Consultado el 19 de abril de 2015. Disponible en: <http://www.oei.es/quipu/mexico/mex09.pdf>
- ~ Ortiz, M. (2007). *Enseñanza de los modelos atómicos en bachillerato*. Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- ~ Petrucci, R. (2011). *Química General: Principios y Aplicaciones Modernas*. México: Prentice Hall.
- ~ Pilot, A. y Bulte, A. (2006). The use of “Contexts” as a challenge for the chemistry curriculum: Its successes and the need for further development and understanding. *International Journal of Science Education*, 28 (9), 1087 - 1112.
- ~ Pinaya, V. (2005). *Constructivismo y prácticas de aula en Caracollo*. Bolivia: La Paz Plural Editores. Consultado el 12 de mayo de 2015. Disponible en: https://books.google.com.mx/books?id=ziHQC8s_f24C&pg=PA44&dq=vigotsky+zona+de+desarrollo+proximo&hl=es&sa=X&ei=7bZSVemEMsSXygSxhYGoBA&ved=0CB8Q6AEwAQ#v=onepage&q=vigotsky%20zona%20de%20desarrollo%20proximo&f=false
- ~ Pozo, J. y Gómez, M. (2006). Aprender y enseñar ciencia: del conocimiento cotidiano al conocimiento científico (5ª ed). Madrid: Ediciones Morata.
- ~ Rahayu, S. (2015). Cap. 2 Evaluating the affective dimension in chemistry education. En Murat Kahveci y Mary Kay Orgill (Eds.), *Affective dimensions in chemistry education* (pp. 29–50). Londres: Springer.
- ~ Raviolo, A., Garritz, A. y Sosa, P. (2011). Sustancia y reacción química como conceptos centrales en química. Una discusión conceptual, histórica y didáctica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 8 (3), 240 - 254.
- ~ Rebollo, M., García, R., Barragán, R., Buzón, O. y Vega, L. (2008). Las emociones en el aprendizaje online. *RELIEVE. Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa*, 14 (1). Consultado el 15 de julio de 2015. Disponible en: http://www.uv.es/RELIEVE/v14n1/RELIEVEv14n1_2.htm
- ~ Reyes, F. (2006). Concepciones alternativas de estudiantes sobre el concepto de reacción química: un ejercicio de meta-análisis. Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- ~ Rioseco, M. y Romero, R. (1997). La contextualización de la enseñanza como elemento facilitador del aprendizaje significativo. En Marco Antonio Moreira, y María Concesa Caballero (Coords.), *Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo Actas* (pp. 253 - 262). España: Universidad de Burgos.

- ~ Rodarte, A. (2011). Aprendizaje situado en el salón de clase. *PRAXIS EDUCATIVA ReDIE. Revista electrónica de la Red Durango de Investigadores Educativos*, 3 (4), 38–47. Consultado el 9 de junio de 2015. Disponible en: <http://redie.mx/librosyrevistas/revistas/praxiseduc04.pdf>
- ~ Rodríguez, J. y Navarro de Tuero, J. (2011). Aprendiendo química con golosinas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 8 (No. Extraordinario), 476 - 486.
- ~ Romera, M. (2014). La investigación - acción en didáctica de las ciencias: perspectiva desde las revistas españolas de educación. *Enseñanza de las Ciencias*, 32 (1), 221–239.
- ~ Sagástegui, D. (2004). Una apuesta por la cultura: el aprendizaje situado. *Sinéctica*, 24, 30–39.
- ~ Sánchez, J., Domínguez, J. y García-Rodeja, E. (2002). Revisión de la investigación sobre la enseñanza de la cinética química. *ADAXE. Revista de Estudios y Experiencias Educativas*, 18, 171–190.
- ~ Sanmartí, N. (2002). *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*. España: Editorial Gedisa.
- ~ Sanmartí, N. (2007). Hablar, leer y escribir para aprender ciencia. En P. Fernández (Coord.), *La competencia en comunicación lingüística en las áreas del currículo*. Madrid: Colección Aulas de Verano. MEC.
- ~ Sanmartí, N. Burgoa, B. y Nuño, T. (2011). ¿Por qué el alumnado tiene dificultad para utilizar sus conocimientos científicos escolares en situaciones cotidianas? *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 67, 62–69.
- ~ Santos, A. y Delgado, A. (2011). Cap. 1 Consideraciones sobre la obligatoriedad y la composición de la educación media superior. En M.N. Orduña (Coord.). *La Educación Media Superior en México. Informe 2010–2011* (pp. 13–42). México: Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación.
- ~ Secretaría de Educación Pública. Acuerdo 445 por el que se conceptualizan y definen para la Educación Media Superior las opciones educativas en las diferentes modalidades. Diario Oficial de la Federación, Distrito Federal, México, 21 de octubre de 2008. Consultado el 10 de abril de 2015. Disponible en: http://normatecainterna.sep.gob.mx/work/models/normateca/Resource/243/1/images/acuerdo_445_educacion_media_superior_opciones_educativas.pdf
- ~ Secretaría de Educación Pública. Decreto por el que se reforman los artículos 3º, 4º, 9º, 37, 65 y 66; y se adicionan los artículos 12 y 13 de la Ley General de Educación. Diario Oficial de la Federación, Distrito Federal, México, 10 de junio de 2013. Consultado el 25 de abril de 2015. Disponible en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5301832&fecha=10/06/2013
- ~ Secretaría de Gobernación. Decreto por el que se declara reformado el párrafo primero; el inciso c) de la fracción II y la fracción V del artículo 3º., y la fracción I del artículo 31 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Diario Oficial de la Federación, Distrito Federal, México, 9 de febrero de 2012. Consultado el 25 de abril de 2015. Disponible en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5233070&fecha=09/02/2012
- ~ Serrano, J. y Pons, R. (2011). El constructivismo hoy: enfoques constructivistas en educación. *REDIE. Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 13 (1).
- ~ Soler, E. (2006). Cap. 3 Aprendizaje situado. En *Constructivismo, innovación y enseñanza efectiva* (pp. 57–83). Caracas: Equinoccio. Consultado el 8 de junio de 2015. Disponible en:

<https://books.google.com.mx/books?id=m271PqM-mswC&pg=PA57&dq=APRENDIZAJE+SITUADO&hl=es&sa=X&ei=tul1VY3-HoaSsAXW2IPQBw&ved=0CBsQ6AEwAA#v=onepage&q=APRENDIZAJE%20SITUA DO&f=false>

- ~ Solsona, N., Izquierdo, M. y De Jong, O. (2003). Exploring the development of students' conceptual profiles of chemical change. *International Journal of Science Education*, 25 (1), 3–12.
- ~ Sosa, P. (2012). Pobrecitos, los marines. En *La química es puro cuento*. México: ADN Editores.
- ~ Stavridou, H. y Solomonidou, C. (1998). Conceptual reorganization and the construction of the chemical reaction concept during secondary education, *International Journal of Science Education*, 20 (2), 205–221.
- ~ Suárez, A., González, S., Proenza, Y. y Cáceres, M. (2015). Aproximación al contenido de la preparación profesional para la dirección del proceso de enseñanza-aprendizaje. *Revista Didasc@lia: Didáctica y Educación*, 6 (1), 205–218.
- ~ Subsecretaría de Educación Media Superior (2008). *Reforma Integral de la Educación Media Superior: La creación de un Sistema Nacional de Bachillerato en un marco de diversidad*. Consultado el 4 de febrero de 2014. Disponible en: <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=38043188>
- ~ Subsecretaría de Educación Media Superior (2013a). *Antecedentes*. Consultado el 27 de abril de 2014. Disponible en: http://www.sems.gob.mx/en_mx/sems/antecedentes_dgb
- ~ Subsecretaría de Educación Media Superior (2013b). *Estructura*. Consultado el 4 de febrero de 2014. Disponible en: http://www.sems.gob.mx/es_mx/sems/estructura_sems
- ~ Taber, K. (2002). Cap. 9 Chemical reactions. En *Chemical misconceptions—prevention, diagnosis and cure. Vol. 1. Theoretical background* (pp. 142–154). Londres: Royal Society of Chemistry.
- ~ Taber, K. (2009). Cap. 4 Learning at the symbolic level. En John K. Gilbert y David Treagust (Eds.), *Models and modeling in science education. Volumen 4: Multiple representations in chemical education* (pp. 75 – 105). Londres: Springer.
- ~ Talanquer, V. (2011). Macro, submicro, and symbolic: the many faces of the chemistry “triple”. *International Journal of Science Education*, 33 (2), 179–195.
- ~ Treagust, D., Chittleborough, G. y Mamiala, T. (2003). The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations, *International Journal of Science Education*, 25 (11), 1353–1368.
- ~ Usuga, T. (2012). Propuesta para la enseñanza y el aprendizaje del concepto reacción química en la educación básica secundaria de la institución educativa San José de Venecia. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia. Colombia.
- ~ Vázquez, C. (2004). Reflexiones y ejemplos de situaciones didácticas para una adecuada contextualización de los contenidos científicos en el proceso de enseñanza. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1 (3), 214–223.
- ~ Villalón, M. (2008). *Alfabetización inicial: claves de acceso a la lectura y escritura desde los primeros meses de vida* (2ª ed). Chile: Universidad Católica de Chile. Consultado el 13 de mayo de 2015. Disponible en: https://books.google.es/books?id=dqEoCAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbg_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

- ~ Wardman, R. (1995). Determination and removal of gluconic acid in reduced alcohol wine and high acid grape juice. Tesis de maestría. Lincoln University. Nueva Zelanda.
- ~ Weiss, E., Guerra, I., Guerrero, E., González, J., Grijalva, O. y Ávalos, J. (2009). Jóvenes y bachillerato en México: el proceso de subjetivación, el encuentro con los otros y la reflexividad. *Propuesta Educativa*, 18 (32), 85–104.
- ~ Wilson, E. (2009). Cap. 12 Action research. En Elaine Wilson (Ed.), *School-based Research. A guide for education students* (pp. 189–202). Gran Bretaña: SAGE.
- ~ Wilson, E. y Fox, A. (2009a). Cap. 5 Collecting data. En Elaine Wilson (Ed.), *School-based Research. A guide for education students* (pp. 76–95). Gran Bretaña: SAGE.
- ~ Winterbottom, M. (2009). Cap. 9 Taking a quantitative approach. En Elaine Wilson (Ed.), *School-based Research. A guide for education students* (pp. 137–153). Gran Bretaña: SAGE.
- ~ Woolfolk, A. (2006). *Psicología educativa* (9ª ed). México: Pearson Educación.
- ~ Wu, H-K. y Shah, P. (2004). Exploring visuospatial thinking in chemistry learning. *Science Education*, 88 (3), 465 - 492.
- ~ Yitbarek, S. (2011). Chemical reaction: Diagnosis and towards remedy of misconceptions. *African Journal of Chemical Education*, 1 (1), 10–28.

11. Anexos

ANEXO I. Pretest y postest

a) Pretest

CUESTIONARIO

Nombre: _____ Fecha: _____ Grupo: _____

Instrucciones: Lee atentamente las preguntas y contesta lo que se te pide.

1. Menciona tus alimentos favoritos (máximo 3).

2. ¿Qué es una reacción química?

3. ¿Qué bebida consume tu familia durante las fiestas navideñas o la cena de Año Nuevo?

4. ¿Qué caracteriza a una reacción química?

- a) Se forman unas sustancias (productos) a partir de otras (reactivos).
- b) Se produce un intercambio energético, con absorción o desprendimiento de energía.
- c) Los átomos se reagrupan sin que el número total de átomos cambie.
- d) Todas las respuestas anteriores.

Justifica tu respuesta:

5. Me gusta el olor de _____ mientras lo cocinan o preparan.

6. Menciona dos situaciones que implique un cambio físico y dos que impliquen un cambio químico y justifica el por qué las elegiste.

7. Menciona los alimentos que te desagraden (máximo 3).

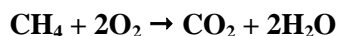
8. ¿Qué ocurre durante una reacción química?

- a) Los átomos de los reactivos se mantienen unidos.
- b) Los átomos de los reactivos se reorganizan y se agrupan de otra manera para dar lugar a los productos.
- c) Una sustancia cambia de propiedades pero sigue siendo la misma sustancia.
- d) Los átomos de los reactivos nunca se reorganizan para dar lugar a los productos.

Justifica tu respuesta:

9. Dos sustancias blancas, A y B, se ponen en contacto y después de cierto tiempo aparece una sustancia amarilla. Explica qué sucedió.

10. Representa gráficamente la siguiente reacción química:



¡GRACIAS POR TU COLABORACIÓN!

b) Postest

CUESTIONARIO

Nombre: _____ Fecha: _____ Grupo: _____

Instrucciones: Lee atentamente las preguntas y contesta lo que se te pide.

1. De las actividades realizadas (Botella azul, ¿Por qué lloras?... ¡si fuiste tú quién me cortó!, ¡Qué rico huele! y Pobrecitos, los marines), ¿cuál te gustó más y por qué?

2. Con tus propias palabras, explica qué es una reacción química.

3. Las actividades realizadas ¿te permitieron comprender mejor de qué se trata la actividad científica? **Justifica tu respuesta.**

4. ¿Qué caracteriza a una reacción química?
- a) Se forman unas sustancias (productos) a partir de otras (reactivos).
 - b) Se produce un intercambio energético, con absorción o desprendimiento de energía.
 - c) Los átomos se reagrupan sin que el número total de átomos cambie.
 - d) Todas las respuestas anteriores.

Justifica tu respuesta:

5. ¿Consideras que las reacciones químicas están presentes en tu vida cotidiana? **Justifica tu respuesta.**

6. Menciona dos situaciones que impliquen un cambio físico y dos que impliquen un cambio químico y justifica el por qué las elegiste.

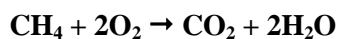
7. Las actividades realizadas estuvieron relacionadas con los alimentos. ¿Hay algún otro tema del cual te gustaría aprender? **Justifica tu respuesta.**

8. ¿Qué ocurre durante una reacción química?
- a) Los átomos de los reactivos se mantienen unidos.
 - b) Los átomos de los reactivos se reorganizan y se agrupan de otra manera para dar lugar a los productos.
 - c) Una sustancia cambia de propiedades pero sigue siendo la misma sustancia.
 - d) Los átomos de los reactivos nunca se reorganizan para dar lugar a los productos.

Justifica tu respuesta:

9. Dos sustancias blancas, A y B, se ponen en contacto y después de cierto tiempo se aprecia la aparición de un color amarillo. Explica qué sucedió.

10. Representa gráficamente la siguiente reacción química:



¡GRACIAS POR TU COLABORACIÓN!

ANEXO II. Hojas de trabajo de las actividades de la Propuesta Didáctica

Actividad 1. “Botella azul”

Equipo: _____

Fecha: _____

Grupo: _____

Reactivos

Agua destilada

Hidróxido de sodio

Glucosa

Azul de metileno

Procedimiento experimental

1. Disolver 1.3 g de hidróxido de sodio en 50 mL de agua destilada.
2. Disolver 2.5 g de glucosa en 50 mL de agua destilada.
3. Transferir la disolución de glucosa al matraz Erlenmeyer y agregar 2 gotas de azul de metileno.
4. Agregar poco a poco la disolución de hidróxido de sodio a la disolución de glucosa (agitar regularmente).
5. Tapar el matraz Erlenmeyer y agitarlo.

Actividades

1. Haz un dibujo de las siguientes situaciones y escribe una breve descripción de las mismas.
 - A) Observaciones en el matraz Erlenmeyer.
 - B) Si pudieras hacer un “zoom” al matraz Erlenmeyer ¿cómo crees que se verían las partículas?

<div data-bbox="261 1272 331 1320" data-label="Text"><p>A</p></div>	<div data-bbox="829 1272 899 1320" data-label="Text"><p>B</p></div>
---------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------

A. _____

B. _____

2. ¿Por qué crees que al agitar el frasco cambia de color la solución formada?

Actividad 2. “¿Por qué lloras?... ¿si fuiste tú quién me cortó!”

Equipo: _____

Fecha: _____

Grupo: _____

Actividades

Instrucciones: Responder las siguientes preguntas.

1. Describir brevemente la propuesta de cada uno de los integrantes del equipo.

2. Escoger la mejor propuesta y justifica el por qué.

3. ¿Por qué crees que al cortar la cebolla ésta nos hace llorar?

Actividad 3. “¿Qué rico huele!”

Equipo: _____

Fecha: _____

Grupo: _____

Reactivos

Ácido butanoico

Ácido acético

Etanol

Alcohol isoamílico

Ácido sulfúrico

Mantequilla o margarina

Procedimiento experimental

Tubo de ensayo 1 (Mantequilla)

1. Colocar en un tubo de ensayo una pequeña porción de mantequilla o margarina, (según sea el caso), oler el tubo de ensayo y anotar el olor.
2. Calentar suavemente la mantequilla o la margarina (según sea el caso) hasta tenerla en estado líquido.
3. Agregar 3 mL de la solución ácida de etanol, agitar vigorosamente y de inmediato colocar un tapón de algodón en la boca del tubo de ensayo.
4. Calentar suavemente el tubo de ensayo
5. Retirar el tubo de ensayo del fuego, percibir el olor impregnado en el algodón y hacer anotaciones sobre lo ocurrido.

Tubo de ensayo 2 (Ácido acético)

1. Colocar en un tubo de ensayo 3 mL de ácido acético, oler el tubo y anotar el olor.
2. Agregar 3 mL de la solución ácida de alcohol isoamílico, agitar vigorosamente y de inmediato colocar un tapón de algodón en la boca del tubo de ensayo.
3. Calentar suavemente el tubo de ensayo. Retirar el tubo de ensayo del fuego, percibir el olor impregnado en el algodón y hacer anotaciones sobre lo ocurrido.

OBSERVACIONES

Tubo de ensayo 1

Tubo de ensayo 2

Actividades

1. Haz un dibujo de las siguientes situaciones y escribe una breve descripción de las mismas.

- a) Observaciones en el tubo de ensayo 1 (A.1 y B.1) y 2 (A.2 y B.2).
- b) Si pudieras hacer un “zoom” al tubo de ensayo 1 (A.1 y B.1) y 2 (A.2 y B.2) ¿cómo crees que se verían las partículas?

<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin-bottom: 5px;">A.1</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin-bottom: 5px;">B.1</div>
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin-bottom: 5px;">A.2</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin-bottom: 5px;">B.2</div>

A.1 _____

B.1 _____

A.2 _____

B.2 _____

3. ¿Qué olor percibes en los algodones de los tubos de ensayo 1 y 2 y por qué crees que se originó?

Actividad 3. “¿Qué rico huele!”

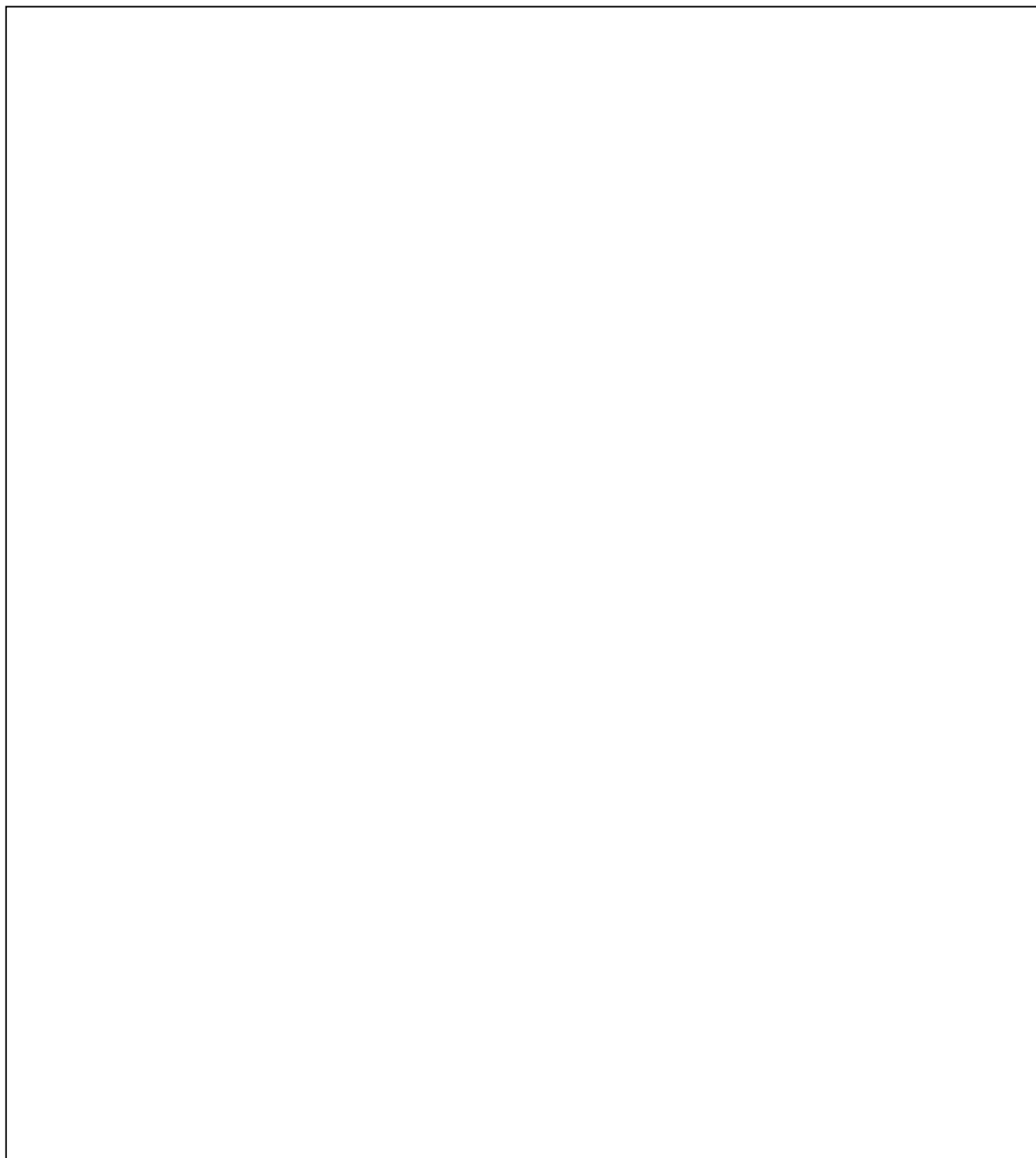
Equipo: _____

Fecha: _____

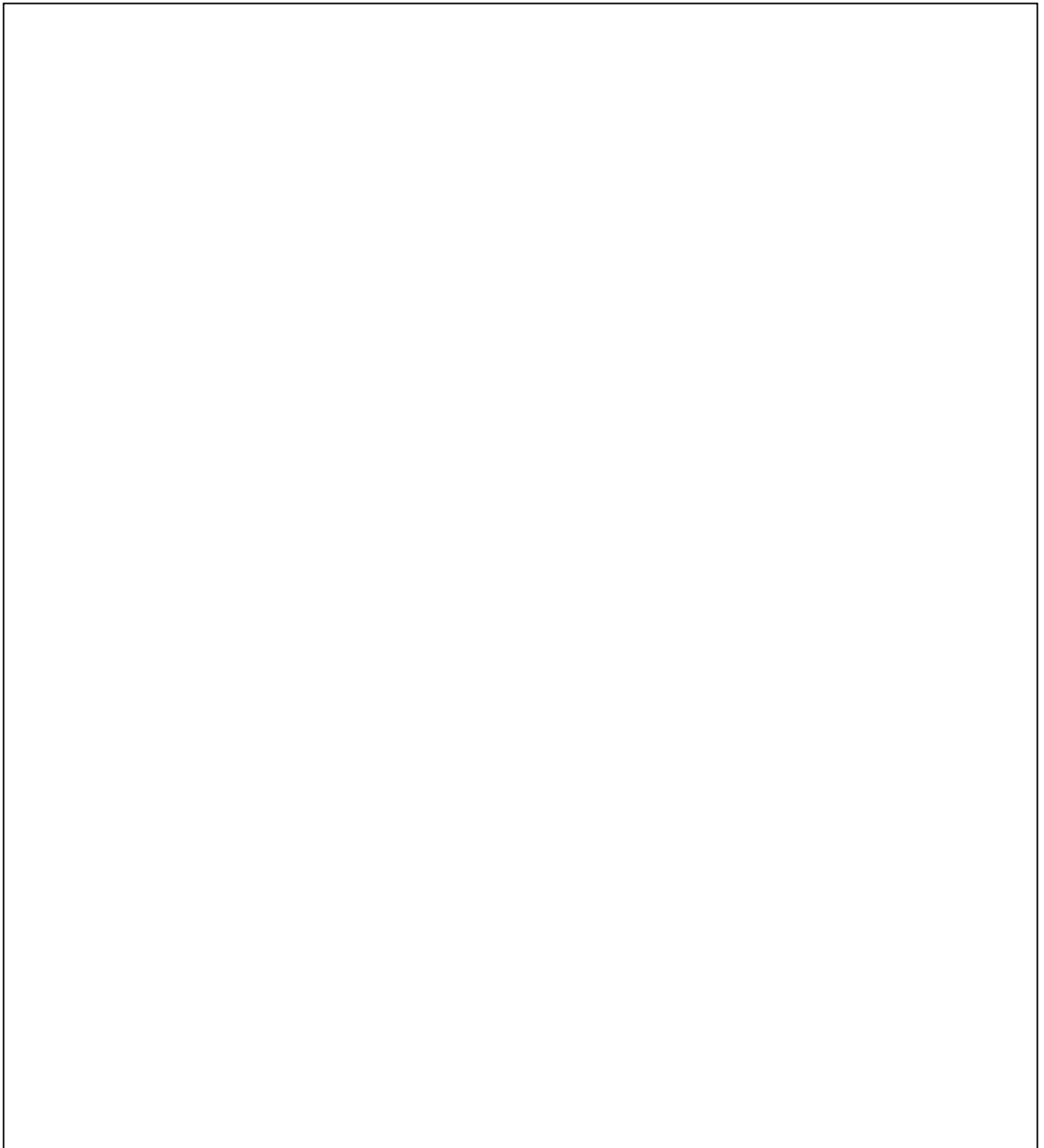
Grupo: _____

Instrucciones: Representen usando clips de colores las ecuaciones químicas de las reacciones que ocurrieron en cada tubo de ensayo.

Tubo de ensayo 1 (Mantequilla)

A large empty rectangular box with a thin black border, intended for students to draw chemical equations using colored clips. The box is currently blank.

Tubo de ensayo 2 (Ácido acético)



Actividad 4. “Pobrecitos, los marines”

Equipo: _____

Fecha: _____

Grupo: _____

Actividades

Instrucciones: Lee el siguiente texto y responde las preguntas que se presentan a continuación.

Pobrecitos, los marines

Imaginemos a un intrépido marine estadounidense, en medio del desierto, en campaña. Pobre, está lejos de su patria, lejos de su hogar y de su familia. Y además tiene hambre. Y no tiene nada que comer ... excepto su paquete MRE (Meal, Ready-to-Eat) que, normalmente consiste de un guisado de pollo (o spaghetti) y bolas de carne. El bravo soldado escoge su ración, se la lleva a la boca y ... ¡oh tragedia! está fría. ¿Cómo la vida puede ser tan cruel con un valiente? ¿Por qué el destino se ensaña así con la gente buena?

No, no. Eso no se puede permitir. ¿Para qué está el progreso? Algo se tiene que hacer. Y se hizo. Los pobres marines, que entraron en acción en la tristemente célebre guerra de 1991 contra Irak, ya no sufrieron más. Gracias a los esfuerzos del *U.S. Army Natick Research, Development and Engineering Center* y de la *Zesto Therm* (una compañía en Cincinnati), estos desvalidos combatientes pudieron ingerir comida caliente y, de este modo, aliviar en algo la terrible circunstancia de hallarse tan lejos de cualquier McDonald's.

Para garantizar comida caliente, en el campo de batalla, los investigadores diseñaron una laminilla de plástico generadora de calor. Esta laminilla contiene una especie de hule espuma en cuyos poros se encuentra una sustancia química que, al mezclarse con agua, produce calor. Los soldados simplemente colocan la laminilla generadora de calor sobre el paquetito de comida, luego meten ambos dentro de una bolsa de plástico y, finalmente, agregan unos 30 mL de agua. Se esperan entre 12 y 15 minutos hasta que la comida alcanza una temperatura cercana a los 60 °C. Ahora sí, desde hoy y para siempre, ningún esforzado marine volverá a vivir la terrible experiencia de ingerir comida fría, ni antes ni después de librar al mundo libre de otro *Homo sapiens* en vías de desarrollo.

"Maldita ciencia", podría uno decir. "Sólo para eso sirve: ¡para fregar!". Pero, cuidado, la ciencia, un término abstracto, no piensa, no decide, no ejecuta. Los que piensan, deciden y ejecutan son gente de carne y hueso. "*Una comida caliente es una gran motivación para un soldado en el campo de batalla*". Esto no lo dijo La Ciencia. Esto lo dijo Donald Pickard el responsable de esta investigación. No, no hay ciencia mala ni ciencia buena. Lo que hay son científicos, no sólo de carne y hueso, sino con una posición política e ideológica, en algunas ocasiones, muy claramente definida, como es el caso de este Donald Pickard.

Más por justicia hacia la malquerida química que por fines didácticos, me gustaría platicar el fundamento químico de estas laminillas generadoras de calor. Unos cuantos trocitos de magnesio, distribuidos en el hule espuma, son suficientes para calentar 30 mL de agua hasta alcanzar una temperatura de 60 °C, puesto que para hervir un litro de agua, no se necesitan más que escasos 24 gramos de dicho metal.

Volvamos con nuestro científico de carne y hueso: "*Poder calentar los paquetes MRE, en pleno campo de batalla, ha sido un gran descubrimiento*", dice Pickard. "*Los soldados siempre han hecho bromas sobre la comida militar. Es de gran calidad, pero se puede tener la mejor comida del mundo pero, si se sirve fría, a la gente no le gusta. Cuando tú calientas un MRE, eso es bueno*". Esta es la gran preocupación de Donald Pickard. Y claro, con aquellas comidas frías ... ¡pobrecitos los marines!

Adaptación del texto “Pobrecitos, los marines” de Sosa, P. (2012). *La química es puro cuento*. México: ADN Editores.

1. ¿Qué evidencia crees que indica que hubo una reacción química?

2. Representen la siguiente ecuación química, para ello escribe los símbolos de los elementos o compuestos, según sea el caso, y utiliza clips de colores para esquematizarla.

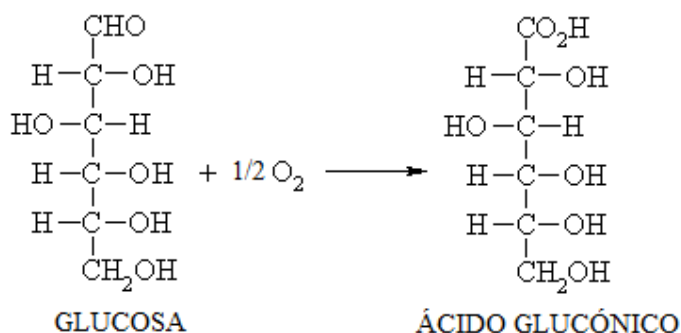
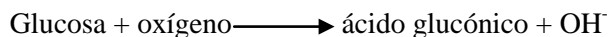


3. ¿Por qué crees que hay un cambio en la estructura de las sustancias?

ANEXO III. Información adicional de las reacciones químicas de las actividades de la Propuesta Didáctica

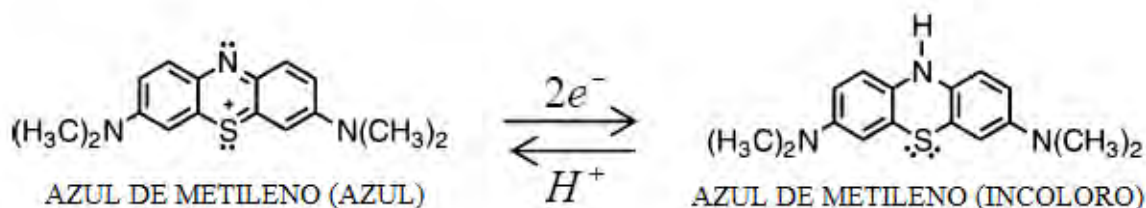
a) Botella azul

Se llevan a cabo dos reacciones redox. Lo que sucede es que, en medio alcalino, el oxígeno oxida a la glucosa hasta ácido glucónico.



Reacción de oxidación de la glucosa.

El azul de metileno, que en su forma oxidada es de color azul, también reacciona y, aparece en su forma reducida que es incolora.



Reacción redox del azul de metileno (adaptación). Tomada de Anderson et al. (2012).

La glucosa se oxida lentamente con el oxígeno y forma ácido glucónico. Por su parte, el azul de metileno acelera esta reacción y actúa como un agente portador de oxígeno.

El cambio de color se debe al proceso en el que el azul de metileno cede el oxígeno a la glucosa, por lo tanto, este se reduce a su forma incolora. Al agitar el frasco, se incorporará el oxígeno a la disolución y el azul de metileno se reoxidará dando lugar a su forma oxidada de color azul. Al mismo tiempo, la glucosa volverá a reducirlo y otra vez se decolorará.

Fuentes de referencia

-Anderson, L., Wittkopp, S., Painter, C., Liegel, J., Schreiner, R., Bell, J. y Shakhshiri, B. (2012). What is happening when the blue bottle bleaches: An investigation of the methylene blue-catalyzed air oxidation of glucose. *Journal of Chemical Education*, 89, 1425 – 1431.

-Muñoz, M., Fernández, M. y Durán C. (2011). Experiencias curiosas para enseñar química en el aula. *Educació Química EduQ*, 8, 23 – 34.

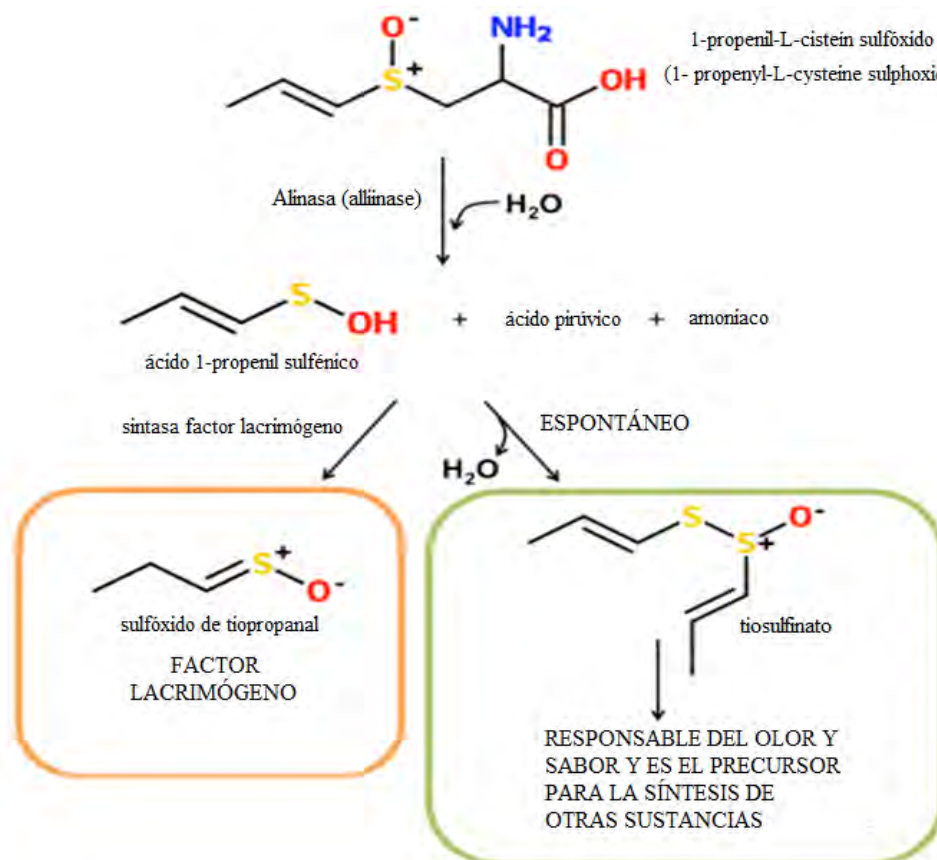
-Reguera, C. y García, M. (2011). *Ciencia recreativa para Enseñanza Secundaria. Reacciones reloj y reacciones oscilantes*. Consultado el 19 de julio de 2015. Disponible en: <http://crol.crfptic.es/archivos/1223.PDF>

b) ¿Por qué lloras?... ¡si fuiste tú quién me cortó!

La razón por la cual lloramos al cortar una cebolla es porque se producen rupturas en las membranas celulares, de tal manera que permiten a la enzima alinasa entrar en contacto con el 1-propenil-L-cistein sulfóxido. Ocurre una reacción de descomposición y se forma ácido pirúvico, amoníaco y un ácido sulfénico llamado ácido 1-propenil sulfénico. Posteriormente, gracias a la acción de la enzima sintasa factor lacrimógeno sobre el ácido 1-propenil sulfénico se forma el sulfóxido de tiopropanal (mejor conocido como “**Factor Lacrimógeno**”), el cual es el responsable del lagrimeo.

El sulfóxido de tiopropanal (C_3H_6OS) es una sustancia gaseosa que actúa como un agente lacrimógeno. Esta se difunde por el aire y, en contacto con los ojos, estimula las neuronas sensoriales creando una sensación de escozor y ardor. Por consiguiente, las lágrimas son liberadas para diluir y limpiar los irritantes.

Por otra parte, a partir del ácido 1-propenil sulfénico también se produce el tiosulfinato. Esta sustancia no sólo es la responsable del olor y sabor característico de la cebolla, además, es la precursora de otras sustancias que otorgan diversos beneficios a la salud. En este sentido, permite que la cebolla se utilice como un antiinflamatorio, para mejorar la circulación, para ayudar a curar catarros, etc.



Reacciones químicas que se llevan a cabo al cortar una cebolla (adaptación). Tomada de Kimlicka (2012).

Fuentes de referencia

-Imai, S., Tsuge, N., Tomotake, M., Nagatome, Y., Sawada, H., Nagata, T. y Kumagai, H. (2002). An onion enzyme that makes the eyes water. *Nature*, 419, 685.

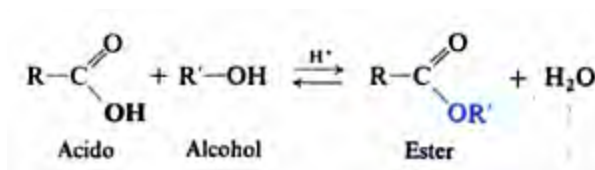
-Kimlicka, L. (2012). *Why do onions make you cry? — The chemistry and health benefits of onions*. Consultado el 24 de septiembre de 2014. Disponible en: <http://www.somethingaboutscience.com/?p=664>

-Wikipedia. (2015). *Sulfóxido de tiopropanal*. Consultado el 20 de julio de 2015. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Sulf%C3%B3xido_de_tiopropanal

c) ¡Qué rico huele!

Se le llama reacción de esterificación al proceso mediante el cual se sintetiza un éster, a partir de un ácido carboxílico y un alcohol.

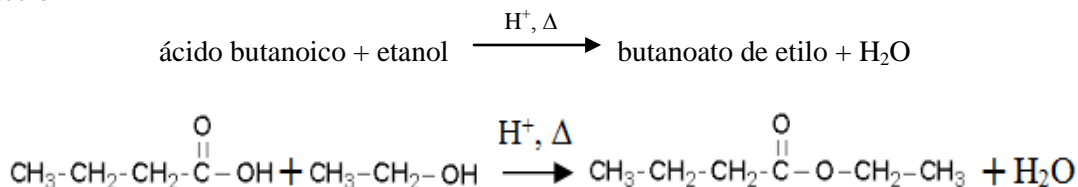
Un ácido carboxílico se convierte directamente a un éster al calentarlo con un alcohol y en presencia de un ácido mineral, generalmente se emplea ácido sulfúrico concentrado, o algún cloruro de ácido (R-COCl), por ejemplo, el cloruro de tionilo (SOCl₂).



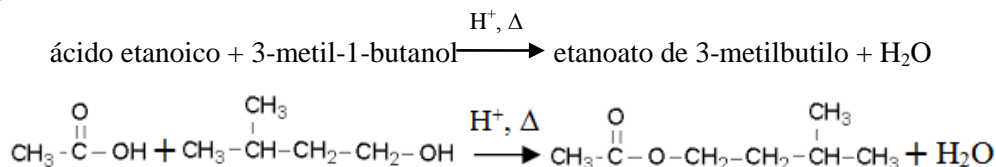
Reacción de esterificación (Morrison y Boyd, 1998).

Las reacciones de esterificación llevadas a cabo en esta actividad son las siguientes:

*Reacción 1



*Reacción 2



Mantequilla y margarina

La principal diferencia entre la margarina y la mantequilla es su origen. La mantequilla se obtiene de la grasa de la leche, mientras que la margarina está elaborada a partir de grasas y aceites de origen vegetal.

Por otra parte, el ácido butanoico o ácido butírico se encuentra presente en la leche. Tanto la mantequilla procedente de la leche de vaca como de la leche de cabra tienen aproximadamente 4% de ácido butanoico.

Fuentes de referencia

- Bailey, P. y Bailey, C. (1998). *Química orgánica: conceptos y aplicaciones*. México: Prentice Hall.
- Gil, A. (2010). *Preelaboración y conservación de alimentos*. Madrid: Akal.
- Morrison, R. y Boyd, R. (1998). *Química orgánica* (5ª ed). México: Pearson Educación.

d) Pobrecitos, los marines

Las reacciones exotérmicas son aquellas que en las que se libera energía (generalmente en forma de calor), por el contrario, las reacciones endotérmicas absorben energía.

En una reacción exotérmica, la energía contenida en los reactivos es mayor que la requerida para la formación de los productos, debido a esto la energía no utilizada es liberada.

En el caso de una reacción endotérmica, la cantidad de energía contenida en los reactivos es menor con respecto a la necesaria para la formación de los productos, por consiguiente, requiere que se suministre energía (proveniente del entorno) para que la reacción tenga lugar.

Un ejemplo de reacción exotérmica es la síntesis de hidróxido de calcio a partir de óxido de calcio y agua. Esta genera un aumento de la temperatura, de 25 °C hasta 40.5 °C.

Un ejemplo de reacción endotérmica es la formación de cloruro de bario dihidratado y amoníaco, a partir de hidróxido de bario octahidratado y cloruro de amonio. La temperatura desciende de 25 °C hasta 5.8 °C aproximadamente.

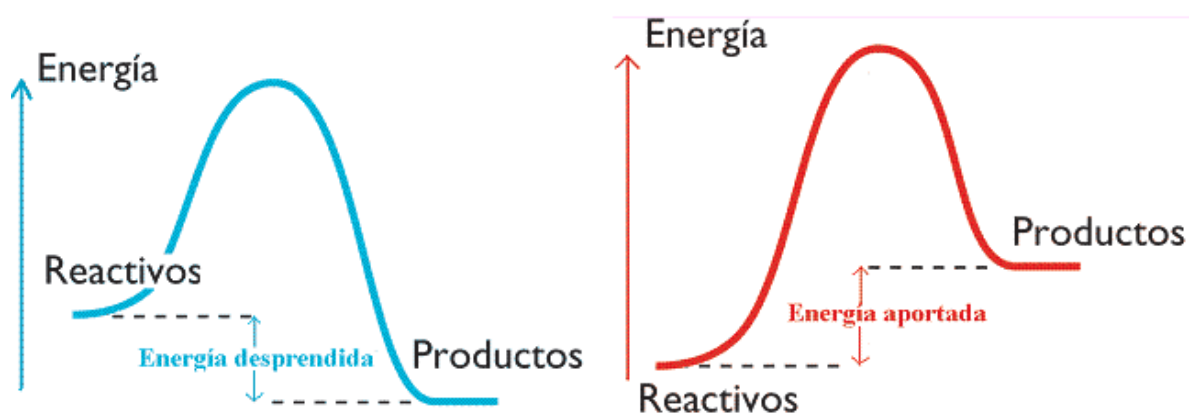


Diagrama de energía para una reacción exotérmica y endotérmica, respectivamente. Descargada de: http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/1000/1167/html/4_energia_en_las_reacciones_quimicas.html

Fuentes de referencia.

-Petrucci, R. (2011). *Química General: Principios y Aplicaciones Modernas*. México: Prentice Hall.

-Walker, D. (2007). *Chemical Reactions*. Londres: Evans.

ANEXO IV. Categorías y subcategorías

a) Categorías y subcategorías que surgieron de las respuestas a las preguntas 2, 8 y 9.

NO.	CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	SUBCATEGORÍAS ASOCIADAS
1	Respuesta ambigua	Respuesta cuya interpretación resulta incierta o dudosa.	No aplica
2	Mezcla	La reacción química es concebida como la formación de una mezcla.	No aplica
3	Cambio físico	La reacción química es vista como un cambio físico.	No aplica
4	Interacción entre sustancias	No hay explicación referente a la reacción química ni se hace alusión a la formación de nuevas sustancias. Únicamente se hace referencia a que ocurre una interacción entre sustancias.	4.1 Interacción entre sustancias. 4.2. Interacción entre sustancias que ocasionan un cambio sin especificar de qué tipo.
5	Cambios en las sustancias	La reacción química es explicada como un cambio de propiedades o un cambio de estructura, pero sin hacer alusión a la formación de nuevas sustancias. Asimismo, se engloba aquellas respuestas que mencionan que ocurre un cambio, pero sin especificar de qué tipo.	5.1 Cambios en las sustancias sin especificar en qué consisten esos cambios. 5.2 Cambio de propiedades*. 5.3 Cambio de estructura*. 5.4 Cambio de estructura y propiedades**. *No reconocen la formación de nuevas sustancias. **Reconocen que suceden ambos cambios, pero no mencionan la formación de nuevas sustancias.
6	Existencia de dos sustancias iniciales	Ocurre una reacción cuando hay dos o más reactivos que interactúan entre sí.	No aplica
7	Ideas asociadas a la reacción química	Básicamente, se reconoce que en una reacción química ocurre la formación de una nueva sustancia (también se incluyen ideas relacionadas con la ecuación química, como el hecho de que esta representa a una reacción química y el balanceo de la misma, ya que esto se les enseñó durante la intervención pedagógica).	7.1 Formación de nuevas sustancias. 7.2 Implica un cambio de estructura y formación de una nueva sustancia. 7.3 Formación de nuevas sustancias con propiedades diferentes. 7.4 Definición microscópica de lo que ocurre en una reacción química*. 7.5 Proceso que involucra energía. 7.6 Definición con posibles "errores conceptuales". 7.7 Reconocimiento del fenómeno**. 7.8 Mención de la reacción química, cambio de estructura y

			<p>cambio de propiedades***. 7.9 Ensamble****. 7.10 Descripción del fenómeno y se hace mención del balanceo de la reacción química*****. 7.11 Ruptura y formación de enlaces 7.12 Formación de nuevas sustancias donde se reconoce que los reactivos y los productos tienen una composición diferente. 7.13 Reorganización de átomos.</p> <p>*Implica un reacomodo de átomos y/o ruptura y formación de enlaces. **Únicamente se hace mención que ocurrió una reacción química, pero no se hace explícita la formación de nuevas sustancias. ***No se hace explícita la formación de nuevas sustancias. ****Se menciona la formación de nuevas sustancias, pero los productos de reacción son vistos como el resultado de pegar fragmentos de otras sustancias. *****Se hace mención del balanceo, pero no hace explícita la formación de nuevas sustancias.</p>
8	Descripción del fenómeno	La reacción química es concebida como un suceso (no como un cambio), el cual tiene diversas manifestaciones fenomenológicas, por ejemplo, un cambio de color, desprendimiento de calor, formación de gases, etc. No hay alusión a la formación de nuevas sustancias. En sí, consiste en describir únicamente el fenómeno observado.	No aplica
9	No justificó	Sólo para la pregunta 8 (opción múltiple).	No aplica
10	Desplazamiento	Las sustancias aparecen o desaparecen después del cambio.	No aplica
11	Respuesta anulada	Sólo para la pregunta 8 (opción múltiple), en caso que hayan elegido dos respuestas.	No aplica
12	Respuesta errónea	Sólo para la pregunta 8 (opción múltiple).	No aplica

b) Clasificación general de las categorías y subcategorías que surgieron de las respuestas a las preguntas 2, 8 y 9.

