



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

MAESTRÍA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR

FACULTAD DE QUÍMICA

CAMPO DE CONOCIMIENTO: QUÍMICA

**PROPUESTA DE MATERIAL DIDÁCTICO AUDIOVISUAL PARA PROMOVER EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO DE
RAPIDEZ DE REACCIÓN**

**TESIS QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE
MAESTRA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN EN EL NIVEL MEDIO SUPERIOR**

PRESENTA:

NADIA ALEJANDRA ROMERO HUERTA

TUTOR PRINCIPAL:

DR. CARLOS ANTONIO RIUS ALONSO

FACULTAD DE QUÍMICA

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR

Dra. Martha Diana Bosco Hernández. Facultad de Filosofía y Letras.

Dr. Adolfo Eduardo Obaya Valdivia. FES Cuautitlán.

Ciudad Universitaria, CD.MX. Marzo 2023.



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.

Tabla de contenido

Índice de figuras	5
Índice de gráficos	6
Índice de tablas	8
Agradecimientos	9
Dedicatorias	10
Introducción	11
Planteamiento del Problema	12
Justificación.....	13
Sobre la Enseñanza de Cinética Química a Nivel Medio Superior.....	13
Sobre la Conciliación del Triángulo de Johnstone	14
Sobre la Elección de Material Didáctico Audiovisual.....	16
Sobre la Diversificación de Experiencias.....	19
Objetivo General	20
Objetivos Específicos	20
Preguntas de Investigación.....	21
Capítulo 1. Marco Teórico	22
1.1 La Enseñanza de la Química.....	22
1.1.1 Triángulo de Johnstone y Niveles de Representación de la Química	22
1.1.2 La Barrera del Lenguaje.....	28
1.1.3 Los Modelos y las Analogías en la Enseñanza de la Química.....	32
1.1.4 Las Experiencias Prácticas en la Enseñanza de la Química.....	35
1.1.5 La Enseñanza de la Química en el Contexto Actual	39
1.2 El Recurso Didáctico del Video	40
1.2.1 Los Videos como Recurso Didáctico en la Enseñanza de la Química	42
1.3 Modelado Molecular y Simulaciones de Reacciones Químicas como Recurso Didáctico ...	46
1.3.1 Descripción	46
1.3.2 Propuestas Didácticas	47
1.4 La Enseñanza de Rapidez de Reacción.....	49
1.4.1 Propuestas Didácticas Relevantes	50
1.4.2 Recursos Audiovisuales Disponibles en Plataformas de Video Públicas.....	55
1.5 Conceptualización Psicopedagógica.....	56

1.5.1 Constructivismo	56
1.5.2 Constructivismo Cognitivo.....	59
1.5.3 Constructivismo Sociocultural	60
1.5.4 Aprendizaje Significativo	61
1.5.5 Instrumentos de Evaluación	67
1.6 Marco disciplinar	69
1.6.1 Cinética Química y Rapidez de Acción	69
1.6.2 Teoría de Colisiones	70
1.6.3 Factores que Influyen en la Rapidez de las Reacciones	71
1.6.4 Concepciones Alternativas de Rapidez de Reacción	74
1.7 Instituciones Sede	78
1.7.1 Escuela Nacional Preparatoria.....	78
1.7.2 Colegio de Ciencias y Humanidades	81
Capítulo 2. Metodología	87
2.1 Diseño de la Investigación	87
2.2 Propuesta de Material Didáctico.....	87
2.2.1 Desarrollo del Material Didáctico	87
2.2.2 Descripción del Material Didáctico	95
2.3 Institución Sede de la Intervención Didáctica	112
2.4 Descripción de la Población	112
2.5 Intervención Didáctica y Aplicación del Material Didáctico.....	114
2.5.1 Secuencia didáctica	114
2.5.2 Grupo A	124
2.5.3 Grupo B	125
Capítulo 3. Resultados y Análisis de Resultados	128
3.1 Sobre los Factores Actitudinales	128
3.2 Sobre el Material Didáctico.....	130
3.3 Autopercepción del Conocimiento (KPSI).....	139
3.4 Sobre el Contenido	146
3.5 Sobre los Modelos	164
3.5.1 Sobre una Solución Diluida contra una Solución Concentrada	165
3.5.2 Sobre la Superficie de Contacto.....	168

3.5.3 Sobre la Temperatura	172
3.6 Sobre la Aplicación del Contenido.....	172
Capítulo 4. Conclusiones.....	178
4.1 Logros Alcanzados	178
4.2 Prospectiva.....	182
4.3 Reflexión sobre el Programa de Maestría en Docencia para la Educación Media Superior 182	
Anexos	184
1. Guía de Uso del Material Didáctico	184
2. Hoja de Trabajo	201
3. Presentación Interactiva	206
4. Actividades experimentales	212
5. Ejercicios de Aplicación.....	220
Referencias	221

Índice de figuras

Figura 1 Triángulo de niveles de representación de la química, Johnstone 1991.	22
Figura 2. Símbolos de uso común en las ecuaciones químicas (Hein, 1992).....	26
Figura 3. Las posibilidades de la modelización molecular por ordenador en la enseñanza y el aprendizaje de la química	34
Figura 4. Ilustración del experimento de la vela y el frasco	38
Figura 5. Simulación de los estados de la materia (PhET Interactive Simulation, 2022)	43
Figura 6. Croquis del plantel Naucalpan del CCH.....	86
Figura 7. Diagrama de flujo de experimentos.	90
Figura 8. Grabación de experimentos en el laboratorio 204 de química orgánica.	91
Figura 9. Interfaz del programa de modelado molecular "Spartan"	92
Figura 10. Moléculas cuadro por cuadro para la técnica stop motion.	93
Figura 11. Acceso al tutorial para el uso del material didáctico	95
Figura 12. Mesas en forma de lista.....	96
Figura 13. Ventana para descargar hoja de trabajo.....	96
Figura 14. Instrumentos de evaluación.....	97
Figura 15. Ventana de recursos para docentes.	98
Figura 16. Experimentos mesa 1, papa	102
Figura 17. Experimentos mesa 1, hígado	103
Figura 18. Experimentos mesa 1, óxido de manganeso y yoduro de potasio	104
Figura 19. Experimento mesa 2, yodato de potasio	105
Figura 20. Experimentos de la mesa 3	107
Figura 21. Experimento con vinagre, mesa 4	108
Figura 22. Experimento fenolftaleína, mesa 4.....	110
Figura 23. Modelo grupal del efecto de la temperatura.....	172
Figura 24. Captura de pantalla ventana de inicio, video tutorial.	185

Índice de gráficos

Gráfica 1. Gráfico de género de la muestra de población.	113
Gráfica 2. Edad de la muestra	113
Gráfica 3. Preferencia expresada por los alumnos según el tipo de recurso didáctico.	128
Gráfica 4. Interés hacia la química.	129
Gráfica 5. Dificultad percibida por los alumnos hacia la materia.	130
Gráfica 6. Utilidad percibida.	131
Gráfica 7. Estética percibida.	131
Gráfica 8. Usabilidad percibida.	132
Gráfica 9. Retención de la atención.	132
Gráfica 10. Utilidad de los cuadros de texto y audio.	133
Gráfica 11. Utilidad percibida de modelos moleculares y ecuaciones químicas.	134
Gráfica 12. Utilidad percibida de la hoja de trabajo.	134
Gráfica 13. Utilidad percibida con respecto a otros contenidos de la materia.	135
Gráfica 14. Preferencia de uso del material didáctico.	138
Gráfica 15. Opinión general del material didáctico.	138
Gráfica 16. Autopercepción del conocimiento sobre reacciones químicas expresada por alumnos del Grupo A	140
Gráfica 17. Autopercepción del conocimiento sobre reacciones químicas expresado por alumnos del Grupo B.	140
Gráfica 18. Autopercepción del conocimiento sobre la ley de la conservación o la de la materia expresada por alumnos del Grupo A.	141
Gráfica 19. Autopercepción del conocimiento sobre la ley de la conservación o la de la materia expresada por alumnos del Grupo B.	141
Gráfica 20. Autopercepción del conocimiento sobre la molaridad expresada por alumnos del Grupo A.	142
Gráfica 21. Autopercepción del conocimiento sobre la molaridad expresada por alumnos del Grupo B.	142
Gráfica 22. Autopercepción del conocimiento de factores que modifican las reacciones químicas expresada por los alumnos del Grupo A.	142
Gráfica 23. Autopercepción del conocimiento de factores que modifican las reacciones químicas expresada por los alumnos del Grupo B.	142

Gráfica 24. Autopercepción del conocimiento de factores que modifican la rapidez de reacción expresada por los alumnos del Grupo A.	144
Gráfica 25. Autopercepción del conocimiento de factores que modifican la rapidez de reacción expresada por los alumnos del Grupo B.	145
Gráfica 26. Autopercepción del conocimiento de energía de activación expresada por los alumnos del Grupo A.	146
Gráfica 27. Autopercepción del conocimiento de energía de activación expresada por los alumnos del Grupo B.	145
Gráfica 28. Autopercepción del conocimiento de teoría de colisiones expresada por los alumnos del Grupo A.	146
Gráfica 29. Autopercepción del conocimiento de teoría de colisiones expresada por los alumnos del Grupo B.	146
Gráfica 30. Respuestas del grupo A, rapidez de reacción.	148
Gráfica 31. Respuestas del Grupo B, rapidez de reacción.	148
Gráfica 32. Respuestas del Grupo A, reacciones químicas.	150
Gráfica 33. Respuestas del Grupo B, reacciones químicas.	151
Gráfica 34. Sustancias en una reacción química.	153
Gráfica 35. Átomos en una reacción química.	154
Gráfica 36. Clasificación de respuestas de definición de rapidez de reacción	155
Gráfica 37. Concentración de los reactivos en una reacción química.	156
Gráfica 38. Concentración de los productos en una reacción química.	157
Gráfica 39. Energía de activación.	159
Gráfica 40. Factores teoría de colisiones.	161
Gráfica 41. Catalizadores.	163
Gráfica 42. Catalizadores y productos de la reacción.	164
Gráfica 43. Aplicaciones percibidas por los alumnos sobre la rapidez de reacción en la vida cotidiana.	173
Gráfica 44. Factores que modifican la rapidez de reacción.	174
Gráfica 45. Ejercicios de identificación de factores que modifican la rapidez de reacción.	176
Gráfica 46. Identificación de factores en escenarios diversos. Grupo A.	177
Gráfica 47. Identificación de factores en escenarios diversos. Grupo B.	177

Índice de tablas

Tabla 1. Definiciones y atributos del aprendizaje significativo.	62
Tabla 2. Dimensiones del aprendizaje significativo según Jonassen (1995) y Grabe (2007)	64
Tabla 3. Características del material didáctico audiovisual en congruencia con las dimensiones del aprendizaje significativo según Jonassen (1995) y Grabe (2007)	69
Tabla 4. Textos de invitación a las actividades experimentales por mesa	99
Tabla 5. Preguntas planteadas en la sesión de socialización.	119
Tabla 6. Planteamientos para la aplicación de los conocimientos.	122
Tabla 7. Transcripción de las respuestas de los alumnos: aprendizaje percibido sobre otros contenidos.	135
Tabla 8. Sustancias en una reacción química.	151
Tabla 9. Átomos en una reacción química	152
Tabla 10. Definición de rapidez de reacción	154
Tabla 11. Energía de activación	158
Tabla 12. Factores para que los reactivos se conviertan en productos	160
Tabla 13. Catalizadores	162
Tabla 14. Modelos de concentración	165
Tabla 15. Modelos de superficie de contacto	169
Tabla 16. Modelos de superficie de contacto. Grupo A	171
Tabla 17. Conceptos presentes en el video	175
Tabla 18. Conceptos presentes en el video	187
Tabla 19. Clasificación de videos	189

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM.

Al apoyo de la Coordinación General de Estudios de Posgrado (CGEP) y la Beca de Permanencia para Estudios de Posgrado que me permitió formarme en este programa.

Al Dr. Carlos Antonio Rius Alonso por la confianza en este proyecto.

A las y los doctores que compartieron sus conocimientos e hicieron de guía en este proceso formativo: Martha Diana Bosco Hernández, Aurora Ramos Mejía, Flor de María Reyes Cárdenas y Adolfo Eduardo Obaya Valdivia.

A los profesores Omar Martínez Díaz y Alan Javier Pérez Vázquez, ejemplos de excelencia en la formación de jóvenes estudiantes de nivel medio superior, y de estudiantes del programa MADEMS, gracias por hacerme parte de su labor docente y apoyar el desarrollo de esta investigación.

A todos los docentes y autoridades del Programa de Maestría en Docencia para la Educación Media Superior (MADEMS).

A Cristian Arturo Plaza por el apoyo en la creación de la página web que aloja el recurso didáctico producto de esta investigación.

A Daniela Fernández Martínez por su apoyo en la ilustración de los personajes “Mateo y Gaby”.

Dedicatorias

A mi familia.

A mi esposo, Diego Tinajero.

A mi mejor amigo, Arturo Estrada, gracias por tu amistad y tu apoyo constante.

A mis compañeros y amigos de la generación: Dafne Ortega, Elizabeth Ramírez, Moisés Méndez, Alejandro Cerón, Paola Vargas, Verónica López, y Roxana Delgadillo.

Nuestras charlas, su compañía y amistad fueron alegría en cada día de este proceso.

Introducción

La química es una rama de la ciencia de vital importancia. En su enseñanza, se incorporan conceptos abstractos que, de acuerdo con Taber (2002), son centrales para el aprendizaje posterior tanto de química como de otras ciencias. Los principios de la química se encuentran en la biología, física, geología, astronomía, medicina, ingeniería y otras. Incluso si los alumnos no pretenden estudiar alguna carrera del área científica, tener un entendimiento básico de la química les permite comprender el mundo y los fenómenos que experimentan en su vida diaria; además, como resalta Nakamatsu (2012), les permite enterarse del desarrollo tecnológico y científico que afecta diariamente nuestras vidas.

A pesar de su importancia, diversos autores (Anders y Berg, 2005; Jegede, 2007; Salta y Koulougliotis, 2012 y Galaj, 2014) indican bajos niveles de motivación en los alumnos en el aprendizaje de la química, es un fenómeno que traspasa fronteras.

Un factor que se repite como causal es la dificultad inherente a su aprendizaje. Nakamutsu (2012), con base en la en la propuesta del triángulo de Johnstone (1982), refiere que el aprendizaje de la química es difícil, pues requiere que el estudiante sea capaz de relacionar el mundo macroscópico que percibe con un mundo nanoscópico basado en átomos y moléculas que no puede percibir, y debe, además, poder aprender un sistema de símbolos necesarios para su representación. Son numerosas las investigaciones que reportan dificultades en los aprendizajes debido a las exigencias del manejo simultáneo de estos niveles (Treagust y Chandrasegaran, 2009; Van Berkel, Pilot y Bulte, 2009) Además, los estudiantes tienen una comprensión limitada de la triple relación entre las representaciones macroscópicas, nanoscópicas y simbólicas en química (Andersson, 1986; Ben-Zvi, Eylon y Silberstein, 1986, 1987; Gabel, 1998, 1999; Gabel, Samuel y Hunn, 1987; Johnstone, 1993; Nakhleh y Krajcik, 1994).

El tema desarrollado en este trabajo de investigación incluye la creación de un material didáctico en formato de página web y recursos audiovisuales que incorpora y relaciona de forma explícita los tres

niveles de representación de la química propuestos por Johnstone en 1982, con el objetivo de promover el aprendizaje significativo del concepto de rapidez de reacción en los estudiantes de nivel medio superior.

Se describe y evalúa el material didáctico audiovisual y los aprendizajes logrados sobre rapidez de reacción por alumnos de dos poblaciones con características muy distintas entre sí: el grupo A se constituye por estudiantes que han seleccionado la materia de Química IV como optativa de estudio del Área 2 (Ciencias biológicas y de la salud); el Grupo B se constituye por estudiantes que se encuentran en un Programa de Apoyo al Egreso, en el que se encuentran cursando Química III pues han reprobado la materia con anterioridad. Los grupos pertenecen a la Escuela Nacional Preparatoria (ENP) Plantel 5 y al Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) plantel Naucalpan respectivamente.

Planteamiento del Problema

Gabel (1993, 1999) se refirió al triángulo de Johnstone como una representación de los tres niveles en los que la química puede enseñarse: sensorial (nivel macroscópico), átomos y moléculas (nanoscópico) y combinaciones de símbolos y signos (simbólico).

De acuerdo con Johnstone (2000) la psicología para la formación de la mayoría de los conceptos químicos es bastante diferente de los conceptos cotidianos. Así mismo asegura que operar e interrelacionar tres niveles de representación: el macroscópico (tangible), el nanoscópico (atómico y molecular) y el uso representativo de los símbolos y las matemáticas resulta en una complicación añadida (Johnstone, 2000, p. 9).

Este carácter multi representacional de la naturaleza de la química es una poderosa herramienta para interpretar los fenómenos naturales (Tsaparlis, Kolioulis, y Pappa, 2010) como también una potencial barrera para los aprendizajes.

Aunado a esto, Gabel (1999) sugirió que el principal obstáculo para la comprensión de la química no es sólo la existencia de las tres formas de representación, sino también que la enseñanza tradicional de la química se basa predominantemente en el tipo más abstracto: el simbólico.

Como estrategia para superar ese problema, Barke (1997) propuso que en el proceso de aprendizaje se enseñaran los tres vértices del triángulo de Johnstone uno tras otro; primero el macroscópico, después los modelos estructurales en el nanoscópico y por último los símbolos químicos en el tipo simbólico (p. 310). En suma, Johnstone (2010) sostiene que la mayoría de las dificultades conceptuales y las concepciones alternativas identificadas por los investigadores en los últimos treinta años serían producidas por la prematura introducción de niveles de representación diferentes al macroscópico.

Comparto la opinión de los mencionados autores sobre el acercamiento escalonado a los niveles de representación de la química. Sin embargo, en la educación media superior ya se requiere que los estudiantes transiten entre los tres niveles por lo que es necesario facilitar su comprensión y traducción; una forma de hacerlo es mediante la incorporación de materiales didácticos específicos para este fin.

Justificación

Sobre la Enseñanza de Cinética Química a Nivel Medio Superior

La cinética química es el área de la química que tiene relación con la rapidez con la que ocurre una reacción química, que de acuerdo con Chang (2003) es el cambio en la concentración de un reactivo o de un producto con respecto al tiempo. El tema resulta pertinente para alcanzar uno de los objetivos de la enseñanza de las ciencias: que los estudiantes logren explicar los fenómenos observables (nivel macroscópico) a través de modelos nanoscópicos.

La cinética química es un concepto introductorio importante en los temas de química, y se relaciona con muchos conceptos químicos fundamentales: reacción química, rapidez de reacción, energía de activación, factores que afectan a la rapidez de reacción, teoría de las colisiones, catalizadores y, en niveles más avanzados, entalpía y mecanismo de reacción.

Estos conceptos son de suma importancia para comprender las relaciones entre el cambio químico y la energía, los tipos de reacciones químicas y los procesos de cambio químico (Kolomuç y Tekin, 2011), además de ser un tema base para la comprensión del equilibrio químico.

El tema de la de la cinética química es percibido por los estudiantes como uno de los cursos de química general y fisicoquímica más difíciles (Sözbilir, 2004), incluso a nivel medio superior el aprendizaje de los conceptos clave de la cinética química es un reto para los estudiantes. Marzabal *et. al* (2018) consideran que estas dificultades se deben, entre otras cosas, a que la enseñanza tradicional no tiene en cuenta los resultados de la investigación sobre el aprendizaje de los estudiantes en este ámbito concreto de la química.

Sobre la Conciliación del Triángulo de Johnstone

Johnstone en su artículo “La enseñanza de la química, ¿lógica o psicológica?” indica lo siguiente: “Es una locura psicológica presentar a los alumnos ideas en los tres niveles simultáneamente. Aquí está el origen de muchos conceptos erróneos. El químico entrenado puede mantener estos tres niveles en equilibrio, pero no el alumno” (Johnstone, 2000, p.9). Por otro lado, Al-Balushi (2013) afirma que la principal dificultad de la enseñanza de la química es que los estudiantes deben realizar traducciones entre los niveles nanoscópico y macroscópico y ser capaces de construir una representación para un determinado fenómeno utilizando el nivel simbólico.

Sin dejar de tomar en cuenta las afirmaciones de Johnstone y de Al-Balushi, me permito plantear que el problema radica precisamente en la enseñanza segmentada de la química, que se

concentra en uno o dos niveles de representación simultáneamente, dejando al alumno la responsabilidad de realizar las traducciones entre ellos.

Desde mi punto de vista, las dificultades de aprendizaje y el surgimiento de concepciones alternativas se encuentran en la inadecuada traducción entre niveles y los intentos en solitario de los estudiantes para unir estas piezas que le han sido concedidas por separado.

Es muy difícil que un estudiante, sin guía o entrenamiento previo, pueda relacionar y manejar información en los tres niveles de representación de Johnstone.

Citando a Nakamatsu (2012), en la enseñanza de la química debe haber un balance entre los niveles, por ejemplo, un exceso en el aspecto descriptivo (nivel macroscópico) conduce a la memorización de propiedades y hechos y, por otro lado, una excesiva concentración en el aspecto simbólico o submicroscópico lo vuelve teórico y demasiado abstracto.

El aprendizaje se favorece si se combinan adecuadamente los tres niveles conceptuales, no obstante, la enseñanza tradicional de la química se realiza abordando uno o dos niveles a la vez; en el cuaderno los estudiantes anotan ecuaciones químicas que clasifican de acuerdo con el tipo de reacción, incluso si no saben qué elementos representan esos símbolos o si no tienen una imagen mental de cómo se ven las sustancias elementales que estos forman o qué tipo de propiedades las caracterizan. En otras sesiones trabajan con modelos para adentrarse en el nivel nanoscópico, aunque no sepan que es un modelo, cuáles son sus características y limitaciones y generando en el proceso algunas concepciones alternativas no deseadas, como que los átomos de los elementos son de distintos colores (Cokelez y Dumon 2005; Talanquer, 2009; Taber y Franco, 2010) o que las partículas que componen una sustancia tienen las mismas propiedades que la sustancia macroscópica correspondiente (Papageorgiou *et al.*, 2016).

Los profesores les mencionan a los estudiantes algunos ejemplos observables con la intención de contextualizar los aprendizajes mientras que los estudiantes asisten a los laboratorios, en donde perciben fenómenos macroscópicos especialmente preparados en el marco del plan de estudios; pero, de acuerdo con María Teresa Martín Sánchez y Manuela Martín Sánchez, a pesar de ser muy importante recurrir a ejemplos de la vida diaria cada vez que un tema se presta a ello, o a experimentos sencillos que los estudiantes pueden entender, es posible que se acuerden sólo del ejemplo sin haber entendido el concepto (Martín y Martín, 2000).

La dificultad asociada a la traducción de esta experiencia sensorial al nivel simbólico y nanoscópico es evidente al pedirle al alumno que reconozca o escriba la ecuación química que corresponda, utilice signos o haga modelos para explicar el fenómeno presenciado, o que justifique lo sucedido utilizando términos como “átomos”, “moléculas”, “iones”, etcétera. Me parece complejo que los alumnos puedan realizarlo con éxito si únicamente han enfrentado cada una de estas pruebas por separado o en distintos momentos del curso.

El objetivo de este material didáctico es facilitar dichas asociaciones en estudiantes de nivel medio superior al utilizar las múltiples representaciones simultáneamente.

Sobre la Elección de Material Didáctico Audiovisual

Para Johnston, el hecho de que numerosos estudiantes afirmen que la ciencia es difícil de aprender sugiere problemáticas en el sistema de transmisión, los métodos utilizados o con los aprendices. (Johnstone, 1991). En discordancia con el primero de dichos puntos, el sistema de comunicación, este trabajo describe la creación y uso de un material didáctico audiovisual que promueva que el alumno construya conocimiento acerca de la rapidez de reacción, considerando que el aprendizaje no consiste en una mera transmisión de información del profesor al alumno.

La Sociedad Real de Química (The Royal Society of Chemistry) de Inglaterra menciona que las demostraciones audiovisuales pueden ayudar a los estudiantes a retener algunos de los aspectos prácticos de rapidez de reacción y recomienda utilizarlos en aula invertida para aprovechar al máximo sus ventajas (Markwick, 2021).

Además, como afirma Dorothy Warren (2021), los videos pueden ser utilizados para mejorar las experiencias prácticas en el laboratorio y son una buena alternativa cuando no es posible que los estudiantes realicen los experimentos por sí mismos, por ejemplo, en la enseñanza remota o híbrida.

Como señala Matamoros (2014), en la educación superior es cada vez más frecuente el uso del video didáctico como una herramienta que permite el desarrollo de aprendizajes significativos en los estudiantes; dicha tendencia no sólo ha continuado, sino que ha aumentado drásticamente en el contexto de la educación en línea o a distancia realizada con el fin de evitar la propagación del virus SARS-COV-2 causante de la covid-19.

En este contexto, los docentes, al encontrarse repentinamente en un contexto distinto de enseñanza, buscaron recursos que facilitaran el proceso de enseñanza-aprendizaje de forma remota. De acuerdo con Morales (2021), aunque el video como recurso digital ya figuraba entre uno de los más usados a través de YouTube; en este año 2020, proliferó aún más su uso y, en añadidura, los docentes ya no solamente acudían a dicha plataforma para buscar información que pudiera reforzar el aprendizaje, sino que se dieron a la tarea de crear sus propios videos. Sin embargo, a pesar de la enorme cantidad de recursos audiovisuales disponibles en la web o en plataformas de video como *YouTube*, en mi opinión, es realmente complejo identificar material en nuestra lengua materna que permita cumplir con los objetivos didácticos del programa de estudio; que sean adecuados para los estudiantes de medio superior; que tengan información suficiente y alineada con lo aceptado por la comunidad científica; que promuevan

que los estudiantes generen hipótesis; que observen o generen sus propios modelos, es decir, que sean de carácter constructivista.

Se decidió que el material didáctico fuera de tipo audiovisual dado que la experimentación, por sí sola, no permite al alumno acceder al papel que tienen las colisiones entre entidades nanoscópicas y abstractas en la explicación de los cambios reales y visibles de la rapidez de reacción. Es a través de las simulaciones que se presenta un modelo teórico más alejado de la realidad perceptiva, (que se encuentra en el nivel de representación macroscópico), necesario para comprender que los cambios en la rapidez de reacción no se producen simplemente por las diferentes dimensiones físicas de, por ejemplo; los trozos de zinc utilizados, los cambios de temperatura o los cambios en la concentración de los reactivos. Como refieren Cachapuz y Maskill (1987), los cambios producidos en la frecuencia de colisión son la idea fundamental que hay que comprender. Esta superposición de niveles de representación fue posible mediante videos resultando un material accesible para la mayoría de la población estudiantil.

En los videos se incluyen experimentos y simulaciones, se involucra la formulación de predicciones, la observación directa, la síntesis de las ideas o conceptos comprendidos de los fenómenos naturales, en este caso, relacionados con la cinética química. Es importante señalar que el video con fines didácticos tiene un gran potencial y que su utilización en las aulas de clase constituye una excelente vía para el logro de aprendizajes significativos. Sin embargo, como enfatiza García (2014), el video carece de ventajas didácticas si no viene acompañado con una guía que oriente al aprendiz en las distintas fases de los procesos de enseñanza y de aprendizaje. Por lo expuesto anteriormente, queda en manos del docente la posterior discusión y socialización con el grupo; se debe recordar que el material es sólo una herramienta para que el docente cumpla sus objetivos de enseñanza.

En esta misma línea de pensamiento, Kaya y Geban (2012) describen que en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la química, el desarrollo de la experimentación y del trabajo práctico asociado

a la incorporación de herramientas tecnológicas se convierten en una estrategia que permite mejorar el ritmo de aprendizaje de los estudiantes.

En suma, el material didáctico que se presenta en esta tesis no se limita a ser un video, o una colección de estos. Es una página web que permite al docente y al alumno acceder a una diversidad de experiencias; a una hoja de trabajo que hace de guía, a evaluaciones, a materiales extra como ejercicios y a una presentación para la socialización de los aprendizajes. El material se encuentra enriquecido por dos personajes que guían a los estudiantes en su exploración sobre la rapidez de reacción y facilitan la contextualización de sus aprendizajes y se encuentra disponible en la red accediendo al siguiente enlace:

<https://experienciainteractiva.jimdofree.com/>

Sobre la Diversificación de Experiencias

Con este trabajo se pretende crear una alternativa viable a las metodologías tradicionales de enseñanza de la química que no satisfacen las necesidades de aprendizaje de los estudiantes (Tejada, Chicangana y Villabona, 2013). Se recuperará que la experimentación, la utilización de las TIC y la modelización científica son aspectos fundamentales en la enseñanza de la química (Cardellini, 2012; Kurt y Ayas, 2012; Lynch, 1997). Se ayudará a desarrollar una comprensión significativa en los estudiantes mediante la selección de experimentos que desafíen más eficazmente las concepciones intuitivas.

Se seleccionaron 15 experimentos con la intención de proveer al estudiante de diversos materiales para que pueda seleccionar aquellos que le causen interés, permitiéndole tomar decisiones y, por ende, tener un rol activo en su proceso educativo. Por un lado, estos experimentos promoverán la autorregulación de su propio aprendizaje, pues el estudiante decidirá si requiere acceder a más experimentos o si considera que ya ha comprendido el tema; al finalizar, pondrá a prueba sus conocimientos mediante la resolución de la hoja de trabajo o de la evaluación final. Por otro lado, se

posibilita que el docente seleccione específicamente aquellos experimentos cuyo nivel y contenido sean los más adecuados para sus objetivos específicos.

Los estudiantes, al tener la posibilidad de elegir entre distintos experimentos, tienden a platicar con los otros sobre lo que ellos vieron y sobre lo que pudieron haber visto. La charla puede comenzar con un simple: “¿Qué experimentos elegiste tú?”, la pregunta “¿Viste el experimento en el que se desborda la espuma?”, o bien al decir: “me gustó el experimento en que ocurre un cambio de color”, así, la diversidad de experimentos fomenta la socialización en el grupo y la expresión de las observaciones de los individuos o los equipos, mediante el diálogo abierto entre los compañeros y la comunicación de sus experiencias individuales.

Objetivo General

- Documentar y analizar el aprendizaje de estudiantes de nivel medio superior que utilizan un material didáctico que integra de forma explícita los tres niveles de representación de la química.

Objetivos Específicos

- Diseñar un material didáctico audiovisual que promueva el aprendizaje significativo de rapidez de reacción en los estudiantes de nivel medio superior mediante la integración de los tres niveles de representación de la química.
- Describir y evaluar cómo los estudiantes de nivel medio superior seleccionan, organizan, modelan, establecen relaciones entre la información nueva y sus ideas o conocimientos previos y atribuyen significado sobre el tema de rapidez de reacción, posterior al uso del material didáctico audiovisual.
- Describir las características del material didáctico audiovisual que promueven el aprendizaje significativo de rapidez de reacción.

- Comparar los resultados obtenidos al utilizar el material didáctico audiovisual con dos poblaciones estudiantiles de nivel medio superior distintas.

Preguntas de Investigación

Ante el planteamiento de los objetivos surgen las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Qué características del material didáctico audiovisual que se presenta en esta tesis promueven el aprendizaje significativo de rapidez reacción en estudiantes de nivel medio superior?
- ¿De qué manera los estudiantes de nivel medio superior seleccionan, organizan, modelan, y establecen relaciones entre la información nueva y sus ideas o conocimientos previos al usar el material didáctico?

Capítulo 1. Marco Teórico

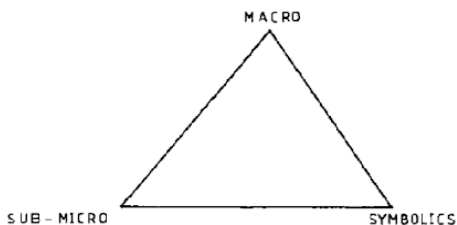
1.1 La Enseñanza de la Química

1.1.1 Triángulo de Johnstone y Niveles de Representación de la Química

Para Johnstone (1991) hubo una época en la cual la ciencia escolar era fácil de aprender y fácil de enseñar, una época en la que la física no se preocupaba por nada que fuera más pequeño que un ladrillo, cuando la biología era taxonómica y descriptiva y cuando la química lidiaba con preparaciones y propiedades únicamente a granel. Las preguntas acerca del halógeno eran totalmente distintas a las del nitrógeno y nadie parecía buscar patrones o similitudes.

Como expresa Johnstone (1991), en los años sesenta, en el Reino Unido, los currículos escolares solían establecerse en alguna tríada conceptual; por ejemplo, la química supuestamente se asentaba en la estructura, los enlaces y la energía, estos eran factores unificadores que permeaban todo el curso, pero debajo de todo esto, casi desapercibido, estaba un triángulo de niveles de representación de la química (Figura 1).

Figura 1 Triángulo de niveles de representación de la química, Johnstone 1991.

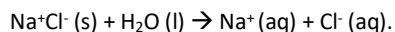


Nota. Se observa el triángulo de niveles de representación tal y como lo planteó Johnstone por primera vez en su artículo "¿Por qué la ciencia es difícil de aprender?" (traducción al español). Tomado de Johnstone, A. (1991). "Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*". 7, 75-83.

Como se observa en la Figura 1, en el vértice superior se encuentra el nivel que corresponde al nivel macroscópico: aquí yacen los fenómenos macroscópicos, se describe la realidad observable y tangible, la materia y sus cambios. Está relacionado con nuestra experiencia cotidiana —aquello a lo cual accedemos por medio de nuestros sentidos—, con fenómenos y procesos observables, propiedades de la materia, mediciones, etcétera.

Por ejemplo, al colocar una cucharada de sal en un vaso con agua y agitar el contenido se dejan de observar los granos de sal, pero se puede percibir el sabor salado en caso de probarla.

Para representar que la sal se disuelve en el agua escribimos lo siguiente:



Para alguien que no sea experto en química, o que logre recordar sus inicios en esta ciencia, es evidente que la relación entre el nivel macroscópico y lo escrito en ese renglón no es intuitiva, y los docentes olvidamos con facilidad la demanda cognitiva que esto produce en los estudiantes. Como plantea Johnstone (1991), es entendible que el alumno se quede varado en el vértice de lo macro.

Adela Castillejos (2011) expresa que, en la química, como en las matemáticas o la música, se usan símbolos y signos universales exclusivos de cada disciplina que forman un código para formular y comprender un mensaje. El lenguaje de la química, el nivel simbólico, contiene nombres de sustancias elementales y compuestas; símbolos para representar sustancias elementales; combinaciones de símbolos y signos para tipificar sustancias compuestas; organización de símbolos y signos en ecuaciones químicas para esquematizar cambios químicos; definiciones de términos, entre otros (Castillejos, 2011, 4m57s).

Las raíces de estos dos niveles de representación, macroscópico y simbólico, se encuentran en los principios de la química. En palabras de Antonio Chamizo (2018), tal como hoy la conocemos, la química es resultado de una multitud de herencias que, concretadas en oficios, influyeron en la vida cotidiana de

todas las culturas. Remontando hasta la Alquimia y avanzando hacia la protoquímica, esta ciencia tiene su origen en dos lugares distintos; uno público y relacionado estrechamente con los oficios (en la herrería, con el curandero, el alfarero, el panadero) que se bastaba con el nivel macroscópico, y otro más privado y limitado a las esferas de grandes pensadores y filósofos (Chamizo, 2018).

Los aportes de los filósofos difícilmente se pueden encasillar a uno de los tres niveles de representación de la química propuestos por Johnstone, dado que filósofos griegos como Demócrito y Leucipo, fundadores del atomismo, establecen postulados a partir de la abstracción y el pensamiento, no de lo observable o perceptible. Como expresa López (2019), el atomismo ha sido considerado mayoritariamente como “fundamento de la concepción materialista del mundo”, pero el atomismo antiguo era una filosofía metafísica al considerar como absoluta la idea de discontinuidad y afirmar que los átomos son las esencias últimas invariables de la materia, de ahí que se interpretase como los “primeros ladrillos” del universo; por tanto, se está postulando un fundamento metafísico.

Si bien el concepto “átomo” es hoy parte fundamental del lenguaje de la química a nivel simbólico, se requirieron más de dos mil años para retomar esta idea con bases científicas. Hacia el año 1800, el químico británico John Dalton creó un nuevo planteamiento de la teoría atómica, que no sólo sirvió para explicar muchas cosas que se observaban, sino que era capaz de predecir nuevas posibilidades al combinar entre sí diversas sustancias químicas y formar otras nuevas.

Otros filósofos probablemente partían de los fenómenos observables, o al menos los incluían de algún modo en sus escritos, por ejemplo, los elementos propuestos por Tales de Mileto, Anaxímenes, Heráclito y Jenófanes: agua, aire, fuego y tierra respectivamente, sin embargo añadían a sus postulados afirmaciones que solo se podían refutar por lógica o razonamiento; así, Empédocles postuló que estos cuatro elementos eran los principios materiales de la realidad y que se hallaban en constante movimiento,

mezclados y sintiendo repulsión por las fuerzas espirituales del amor y el odio, según lo expuesto por Chambers (1998).

La alquimia se considera una práctica filosófica, pero en añadidura, se cataloga por diversos autores como una protociencia. López (2015) resalta que la alquimia fue una de las principales precursoras de las ciencias modernas y que muchas de las sustancias, herramientas y procesos de la antigua alquimia han servido como pilares fundamentales de las modernas industrias química y metalúrgica. En contraste, autores como Bunge (2010) y Lifshitz (2017) consideran a la alquimia como una pseudociencia.

Sobre la alquimia resulta absurdo negar su misticismo, hermetismo y su falta de uso del método científico (naturalmente, pues precede al desarrollo del mismo), sin embargo, Chamizo (2018) enfatiza que si bien, el objetivo último de los alquimistas prácticos era la preparación de la piedra filosofal —una sustancia capaz de transformar metales básicos en oro, a la cual más tarde se le atribuyen propiedades adicionales como la cura de enfermedades y el poder de otorgar la inmortalidad—, los diversos procesos empleados en su búsqueda (disolución, sublimación, destilación, calcinación...), así como las sustancias utilizadas, eran indudablemente químicos.

Resulta imposible determinar el momento exacto en que ocurre la unión de los niveles macroscópico y simbólico, pero seguramente es dentro de la etapa de la alquimia que empieza a desarrollar un lenguaje para describir sustancias y cambios (reacciones químicas); este lenguaje tenía una naturaleza dual.

Chamizo (2018) refiere que, por lo general, los alquimistas preferían usar un lenguaje basado en la analogía y más apropiado para la poesía o el misticismo que para una ciencia exacta, lo que dificulta interpretar las diversas analogías usadas que se referían a sustancias y procesos químicos. El que una sustancia empleada en una reacción química recibiera su nombre común era más la excepción que la regla en la literatura alquímica. La práctica habitual era usar el lenguaje común con una significación esotérica.

El arsénico se simbolizaba por una serpiente, el oro por un león rojo. El oro se comparaba a lo masculino y la plata lo femenino, las partes volátiles de una reacción química eran consideradas femeninas mientras que las partes fijas o no volátiles se consideraban masculinas, elixir y medicina se utilizaban como sinónimos (Montagut, 2000). A juicio de Pilar Montagut, esta diversidad se debe a que el término “alquimia” comprende una variedad del quehacer humano, que va desde lo práctico hasta lo místico.

Otro ejemplo lo encontramos en el proceso de destilación, que se consideraba algunas veces de modo separado como evaporación y condensación y se representaba por un pájaro en vuelo hacia arriba o abajo, respectivamente. Al usar al ave como indicador de este proceso, sin duda se hace uso de un símbolo, base del desarrollo de un lenguaje. Siendo justos, este uso no difiere demasiado al de las flechas que empleamos hoy en día para indicar un gas que se desprende o la formación de precipitados (Figura 2).

Figura 2. Símbolos de uso común en las ecuaciones químicas (Hein, 1992).

↑	Gas que se desprende (se coloca después de la sustancia).
↓	Sólido o precipitado que se forma (se coloca después de la sustancia).

Nota. Tomado de Portal Académico CCH. (2017). *Reacciones químicas*. Recuperado el 2 de febrero de 2022 de <https://e1.portalacademico.cch.unam.mx/alumno/quimica1/unidad1/agua-compuesto-o-elemento/reacciones-quimicas>

Como describe Chamizo (2018), esta separación se fue disolviendo gracias a diversos factores humanos, tecnológicos y acontecimientos históricos que permitieron incursiones de lo práctico en lo abstracto y viceversa, hasta formarse una mezcla de lo que hoy en día es la química: una *tecnociencia*.

Transitar únicamente en dos niveles de representación de la química no es necesariamente una característica que se limita a la época de la alquimia: la termodinámica clásica se puede definir como aquella que se encarga de ver todo desde un punto de vista macroscópico; no se utiliza modelo alguno de la estructura de la materia en el ámbito molecular, atómico o subatómico; las mediciones se efectúan en

escala macroscópica (Bárceñas, 2006). Es por eso por lo que Johnstone (1991) la utiliza como ejemplo de que se puede realizar química en únicamente dos de los niveles, en este caso el macro y el simbólico.

El tercer nivel, que Johnson denomina submicroscópico, se refiere a la estructura de la materia en el ámbito molecular, atómico o subatómico. Se hará referencia a este último nivel como nanoscópico, en lugar de submicroscópico, por tratarse de entidades (átomos, moléculas, iones) cuyos tamaños suelen expresarse en nanómetros ($1 \times 10^{-9}\text{m}$).

Como afirman Silvia Stipcich y Guillermo Cutrera (2016), la didáctica de la química ha encontrado en la propuesta del triángulo de Johnstone un soporte teórico para la investigación sobre la enseñanza disciplinar.

Investigaciones sobre la enseñanza de las ciencias indican que los estudiantes de secundaria tienen una comprensión limitada de la triple relación entre las representaciones macroscópicas, nanoscópicas y simbólicas en química (Andersson, 1986; Ben-Zvi, Eylon y Silberstein, 1986, 1987; Gabel, 1998, 1999; Gabel, Samuel y Hunn, 1987; Johnstone, 1993; Nakhleh y Krajcik, 1994). Incluso los estudiantes de cursos de química de nivel inicial tienen dificultades para comprender los múltiples niveles de representación asociados a los conceptos químicos (Bodner, 1991).

La dificultad principal de la enseñanza de la química es que, como resalta Al-Balushi (2013), los estudiantes deben realizar traducciones entre los niveles nanoscópico y macroscópico y ser capaces de construir una representación para un determinado fenómeno utilizando el nivel simbólico.

Johnstone deduce que el problema del pensamiento multinivel es en parte conceptual, como se ha descrito anteriormente, pero que también surge de su capacidad de sobrecargar rápidamente el espacio de la memoria de trabajo de los alumnos con la observación, la explicación y la representación simultánea que apela al simbolismo y a la convención, todo al mismo tiempo.

La memoria de trabajo es la pequeña cantidad de información que se puede retener en la mente y utilizar en la ejecución de tareas cognitivas, —en contraste con la memoria a largo plazo, la gran cantidad de información que se guarda en la vida— (Cowan, 2013).

En términos simples, requiere demasiada atención, energía y concentración atender los tres niveles de representación de la química al mismo tiempo, sobre todo si toda la carga de hacerlo recae en el alumno, sin que los materiales didácticos a los que tienen acceso los presenten de forma simultánea o los docentes les indiquen la relación entre los mismos.

En un intento de facilitar la comprensión conceptual de los estudiantes de los múltiples niveles de representación, se han realizado varios estudios a lo largo de los años (Ben-Zvi, Eylon y Silberstein, 1986; Gabel, 1998; Keig y Rubba, 1993; Kozma y Russell, 1997; Treagust, Chittleborough y Mamiala, 2003).

1.1.2 La Barrera del Lenguaje

Como lo hace notar Montagut (2000), antes de que la ciencia química se constituyera como tal, se utilizaba cierta terminología en la que no existía relación entre los términos y la composición química de las sustancias debido al desconocimiento de la última. El olor y el color desempeñaron un papel importante; el sabor, incluso el sonido, la consistencia, la facilidad para fundirse, el método de preparación, sus propiedades medicinales entraban en juego al nombrar a las sustancias. El uso de los nombres de los planetas, de las personas asociadas a una sustancia en particular, de los lugares donde se descubrieron, provocaron que surgieran confusiones por su ambigüedad.

Es en la etapa de la protoquímica que la alegoría y el misticismo fueron disminuyendo. En 1661, el irlandés R. Boyle publicó *The sceptical chemist*, obra en la que, además de continuar exaltando el valor de los experimentos como principal vehículo de conocimiento, amplía la idea de que la materia está compuesta de pequeñas partículas que se comportan mecánicamente. Boyle marca el inicio de la transición entre la alquimia (él aceptaba la transmutación de la materia) y la química (Chamizo, 2018).

De acuerdo con Montagut (2000), los autores del siglo XVII se volvieron más conscientes del lenguaje que usaban y Robert Boyle, en su *Sceptical Chemistry* (1661) dejó claro que “en la ciencia se espera que el lenguaje se use de manera precisa y no figurativa”.

En 1860 tuvo lugar el Congreso de Karlsruhe, evento entre cuyos objetivos estaba el lograr la unificación sobre la nomenclatura y el simbolismo de la química orgánica. Esta reunión estableció un precedente invaluable para discusiones futuras entre los químicos a través de todo el mundo.

Las reglas de nomenclatura actuales provienen de los acuerdos internacionales tomados por la asociación mundial de químicos denominada *International Union of Pure and Applied Chemistry*, IUPAC, y son aceptados como el método estándar para nombrar a las sustancias.

Podemos considerar a la nomenclatura un subcódigo, sobre todo de carácter referencial, porque facilita a los químicos la posibilidad de hablar de los objetos de su disciplina; sin embargo, el lenguaje químico va mucho más allá, puesto que debe permitir la descripción de las sustancias, de los fenómenos que las implican, las teorías y conceptos que se derivan.

Los conceptos comunes con los que niños, jóvenes y adultos estamos familiarizados se construyen a partir de lo tangible, o en términos de niveles de representación de la química, a partir de lo macroscópico, por lo que el aprendizaje del lenguaje químico implica un proceso escolar riguroso y complejo.

Johnstone (1991) ejemplifica dicha afirmación utilizando el concepto de “gato”. A su juicio este concepto es construido a partir de observar bastantes gatos, buscando atributos sensoriales y visibles que estos tienen en común; se les reconoce como un subconjunto del concepto “animal” o incluso del concepto “mamífero”. Si a la persona se le muestra un tigre, el concepto tal vez se modifique o se acomode para aceptar algo de distinto tamaño (Johnstone, 1991). O en este caso, se podría agregar otro subconjunto llamado “felinos”.

En la opinión de María Eugenia De La Chaussée (2009), un concepto es más que la suma de experiencias concretas o de determinados enlaces asociativos formados por la memoria, más que un simple hábito mental: es un acto del pensamiento abstracto que no puede ser enseñado o transmitido por el profesor, sino que es algo que el propio alumno tiene que hacer por sí mismo, mediante el uso de sus operaciones mentales.

Independientemente de la definición de “concepto” que nos parezca más adecuada, el proceso de construirlo es especialmente complejo cuando nos enfrentamos con conceptos como “electrón”, “energía de enlace”, “elemento” o “compuesto”, ya que, como señala Johnstone (1991) no hay una manera inmediata de acceder de forma sensorial a este tipo de ideas. Ejemplos de elementos pueden ser polvos amarillos, gases incoloros o líquidos cafés, pero todo lo anterior también son ejemplos de compuestos. ¿Cuáles son los factores en común? o ¿cuáles son las cosas que los distinguen? Todas estas ideas están más allá de nuestros sentidos y los estudiantes tienen muy poca o ninguna experiencia en construir ese tipo de conceptos (Johnstone 1991). Retomando el orden de ideas de De La Chaussée, se requiere de operaciones mentales más complejas.

Una palabra o frase desconocida puede ocupar una cantidad desmesurada de espacio en la memoria de trabajo mientras nos esforzamos para darle sentido a partir del contexto. Si el contexto es complejo, la posibilidad de aclarar el significado de las palabras desconocidas es escasa. Las palabras pueden acabar entrando en la memoria semántica de forma no digerida y sin relación alguna, para luego utilizarlas en un intento de cubrir desconocimiento (Johnstone 1991).

Asimismo, Johnstone afirma que el hecho de que la ciencia esté repleta de palabras técnicas que no resultan familiares para los alumnos, genera una dificultad obvia en su aprendizaje, aunque sugiere que el impacto de desconocer estos términos resulta menor al de los términos que los alumnos consideran que comprenden. Como ejemplo menciona los “compuestos volátiles”, volátil, en el ámbito científico,

significa "fácilmente vaporizado", pero el término se ha introducido en diálogos relacionados con el mercado, los tipos de personalidades, los países y situaciones hostiles. De esta forma un compuesto volátil se entiende como inflamable, explosivo, inestable y peligroso, y al utilizarlo en el contexto del aula resulta complicado asegurar que los alumnos estén utilizando el mismo significado.

Otro término que en épocas recientes ha inundado las conversaciones cotidianas es la palabra "tóxico". De acuerdo con la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), la toxicidad es la propiedad de una sustancia o mezcla de sustancias de provocar efectos adversos en la salud o en los ecosistemas (Procuraduría Federal de Protección al Ambiente [PROFEPA], s.f.). De forma similar, la Norma Oficial Mexicana 052 de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT, define "toxicidad" como la propiedad de una sustancia o mezcla de sustancias de causar efectos dañinos a largo plazo en los organismos, generalmente a partir de exposiciones continuas o repetidas y que son capaces de producir efectos cancerígenos, teratogénicos o mutagénicos (SEMARNAT, 2005).

Considerando una fuente más general, según la Real Academia Española, "tóxico" tiene 2 acepciones, como adjetivo significa perteneciente o relativo a una sustancia tóxica, como adjetivo significa que contiene veneno o produce envenenamiento.

No obstante, actualmente el uso principal en contextos cotidianos de esta palabra es para describir a una persona que puede ser narcisista, egoísta, violenta en una relación amorosa, amistosa o familiar. Entonces retomando las palabras de Johnstone (1991), es prudente reflexionar sobre qué resultaría más dañino, ¿qué el alumno desconozca un término o que asuma que lo conoce (pero esté utilizando una definición incorrecta para el contexto en su construcción)?

Para Borsese (2000), en el lenguaje científico las palabras están "congeladas" dentro de definiciones. El lenguaje científico ha eliminado la componente connotativa de las palabras,

convirtiéndolas en términos e intentando así suplir la evidente insuficiencia del lenguaje común para formular exacta y coherentemente los conceptos en las varias disciplinas científicas.

Borsese (2000) describe las características del lenguaje científico como correspondencia unívoca, es decir, que los términos del discurso científico no pueden tomar matices diferentes, significación, esto es, que cada palabra adquiere un significado preciso e invariabilidad de contexto donde, a diferencia del lenguaje de los niños o las variantes dialectales (que sólo se entienden si tomamos parte en el conjunto de experiencias socioculturales de aquellos que pronuncian el mensaje), el lenguaje científico se propone como lengua fuera de contexto (Borsese 2000).

1.1.3 *Los Modelos y las Analogías en la Enseñanza de la Química*

La palabra *modelo* es polisémica, es decir, se emplea con diversos sentidos. Por un lado, se refiere a algo que es ejemplar, actitudes o personas que convendría imitar, pero el significado relevante para este trabajo se refiere a los modelos como representaciones, basadas generalmente en analogías, que se construyen contextualizando cierta porción de los mundos reales, con un objetivo específico (Chamizo, 2010).

De acuerdo con el diccionario de Oxford, las *representaciones* por su parte se definen como símbolos, imágenes u objetos materiales que hacen pensar en determinado objeto o asunto. Es decir, una representación lo hace presente a través de figuras o con palabras, de forma que sustituyen a la realidad, siendo una referencia de ella, imitándola o llamándola a nuestro pensamiento.

Una *analogía*, finalmente, está constituida por aquellos rasgos o propiedades que sabemos similares en los modelos y los mundos reales. Se construyen dentro de un marco contextual por lo que remiten a un tiempo y lugar históricamente definido (Chamizo, 2010).

Algunos autores llaman modelos analógicos a los modelos científicos por ser una representación simplificada o exagerada de un objeto o proceso, donde existe una evidente correspondencia entre el modelo y el fenómeno científico que describe y explica su estructura y funciones (Harrison y Treagust, 2000).

Hasta aquí podríamos estar de acuerdo en una cosa, ni los modelos, ni las representaciones, ni las analogías son una copia fiel a la realidad.

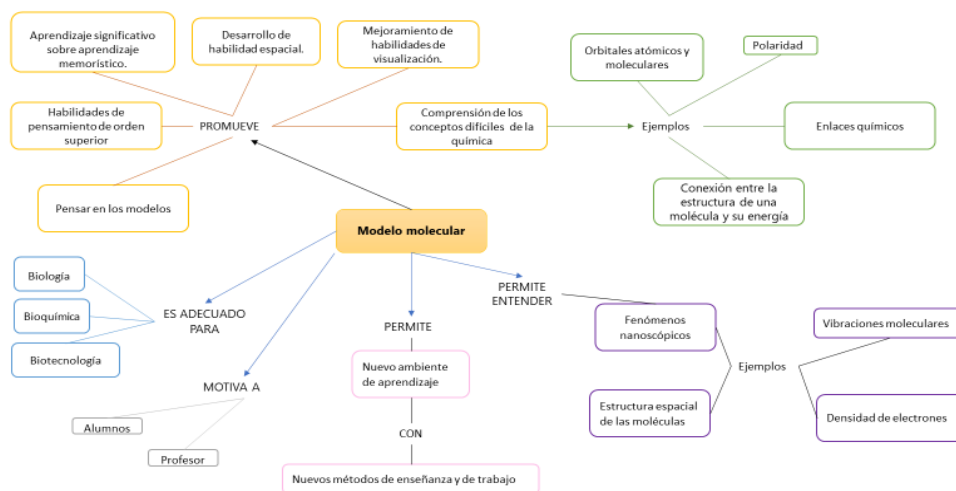
Los modelos se construyen, son productos culturales producidos por seres humanos, tienen un carácter limitado y su objetivo específico es servir como herramienta para explicar (uso que predomina en las ciencias y su enseñanza); a partir del contexto en el que se utilicen, pueden ser didácticos o científicos.

Los científicos construyen modelos acerca de los objetos o fenómenos para comprenderlos, pero es importante recalcar que estos modelos son tentativos. El conocimiento científico está limitado por la sociedad en la cual se desarrolla y, cuando el modelo no encaja con los datos empíricos, puede ser ampliado y corregido.

Además, los modelos no sólo tienen una función comunicativa, sino también investigativa. Como enfatizan Knuuttila y Boon (2011), podemos generar conocimiento y aprender de los modelos produciendo, utilizando y manipulando modelos, es decir, modelando.

Para sintetizar las ventajas del uso de la modelización molecular con el fin de promover una mayor comprensión de la química, se presenta en la Figura 3 una traducción y adaptación del diagrama presentado por Jalonen (2016).

Figura 3. Las posibilidades de la modelización molecular por ordenador en la enseñanza y el aprendizaje de la química



Nota. Adaptado y traducido de Jalonen, E. (2016). Computer-based molecular modelling: Towards deeper understanding of chemistry. LUMAT-B: International Journal on Math, Science and Technology Education, 1(3).

En este sentido, vale la pena mencionar el trabajo de Chamizo y Rutilo (2006) quienes realizaron una estrategia didáctica basada en la modelación para el aprendizaje del papel del catalizador en las reacciones químicas con alumnos de primer ingreso de la universidad. Esta investigación los llevó a concluir que la construcción de modelos ayuda a mejorar la comprensión de los estudiantes sobre el significado de coeficientes y subíndices en las fórmulas químicas de los compuestos involucrados en la reacción de Haber; también sirvió para que los alumnos pudieran relacionar de mejor manera el lenguaje simbólico de las fórmulas con su representación mediante dibujos y con su descripción verbal.

En el material didáctico que se presenta en esta tesis se insertan modelos atómicos y moleculares realizados con *Spartan*, una aplicación de química computacional y modelización molecular, así como simulaciones de las reacciones químicas. Esto favorece que los estudiantes construyan sus propios modelos para explicar los fenómenos que se presentan en el material didáctico, tanto en la hoja de trabajo como en la sesión de socialización de los aprendizajes.

1.1.4 *Las Experiencias Prácticas en la Enseñanza de la Química*

Como enfatiza Chamizo (2018), la química tiene sus orígenes de forma separada en lo práctico y en las altas esferas de pensamiento. Esta división genética entre lo teórico y lo práctico permeó en la esfera educativa y, aún hoy en día, podemos presenciar una enseñanza primordialmente teórica y en menor medida práctica. En este tipo de enseñanza nos encontramos con resultados insuficientes de las prácticas de laboratorio como experiencia didáctica, principalmente por la desconexión de lo observado con la teoría.

En general, la mayoría de los profesores de ciencias concuerdan en que el trabajo práctico es sin duda algo bueno (Johnstone, 1991): ciertamente provee al profesor de herramientas para enseñar y brinda al alumno un muy agradecido descanso de escribir o escuchar, pero ¿realmente hace que el aprendizaje de la ciencia sea más sencillo?

De La Chaussée (2009) manifiesta que todos los científicos emplean dos métodos: un método interior para percibir la realidad, pensar, analizar, reflexionar, argumentar y juzgar, y otro para investigar, que puede ser alguna variante del método científico, es decir, requiere de métodos sistemáticos para generar el conocimiento.

En las Ciencias Naturales, el método científico y experimental permite seguir generando nuevos conocimientos a través de la observación, la detección y planteamiento del problema, la revisión de lo que otros han investigado, la formulación de hipótesis, el diseño del experimento para recoger datos, la realización y reproducción de este, la formulación, verificación o rechazo de hipótesis y la interpretación de fenómenos naturales.

El problema que identifica Johnstone es la intención del docente de utilizar los fenómenos macroscópicos para llevar al alumno de forma inmediata al centro del triángulo (Figura 1). Los

experimentos generan interés, son entretenidos y mejoran la percepción de los alumnos hacia la ciencia y la escuela en general, pero ¿tienen un resultado directo en el aprendizaje?

Al observar un experimento, los estudiantes escuchan o leen una explicación que corresponde al nivel nanoscópico “los electrones están siendo suministrados a la terminal negra y retirados de la roja” pero aceptar esa información es prácticamente un salto de fe, considerando que el alumno haya logrado generar un modelo o imagen mental que represente dicha afirmación.

Estudiantes especialmente curiosos se preguntarán por ejemplo “¿qué serán las burbujas?”, pero otros requerirán de un andamiaje que los impulse a formularse preguntas como éstas y, posteriormente, trabajar para responderlas; es más, algunos requerirán un andamiaje para saber en qué enfocar su atención.

Retomando el ejemplo, el docente, tras mostrarles el experimento, escribirá en el pizarrón una reacción que empate con el fenómeno observado. Con esto espera que el alumno construya un aprendizaje significativo sobre los indicios perceptivos, apilando conceptos, terminología y representación, sin considerar los modelos que ellos realizan (mentales o gráficos), o bien, sin tomar el tiempo para explicarles el modelo que el profesor considera que representa mejor el fenómeno a un nivel nanoscópico.

La construcción resultante difícilmente será mucho más sólida y consistente que si no se hubiera incluido el experimento. Los resultados que esperamos como profesores están a varios niveles de distancia de las observaciones que puede hacer el alumno.

Otra problemática en el trabajo experimental descrita por Johnstone, Wham y Letton (1982) es la presencia de “ruido” y “señal” en las observaciones, ya que el estudiante no puede distinguir una de la otra. El estudiante puede enfocarse en algo observable que no es esencial para ayudarle comprender lo

que se pretende a nivel simbólico o nanoscópico, así la señal se pierde porque el estudiante se ha guiado por el ruido.

Por lo anterior, el aprendizaje por descubrimiento o experimentación libre resulta poco útil. El aprendizaje guiado es una forma de separar la señal del ruido, pero incluso así, es demasiado complejo que el descubrimiento guiado genere en los alumnos las conclusiones requeridas del experimento. Como enfatiza Johnstone, si los más prolíficos científicos de Europa tardaron casi medio siglo para hacerlo, ¿cómo podemos esperar que los estudiantes lo hagan en 10 minutos? (Johnstone y Wham, 1982; Johnstone y Letton, 1988).

La alternativa es retomar el aprendizaje significativo por recepción, descrito por Ausubel (1963), por lo que es necesario que en el material audiovisual el alumno tenga una guía (o utilizando términos de Vygotsky 1978, andamio), para apoyar en la separación de la señal del ruido. Se debe tomar en cuenta que, debido a la naturaleza constructivista del material didáctico, se debe dejar espacio para que el alumno construya sus propias conclusiones y acomode la información nueva en sus estructuras de pensamiento preexistentes, procurando que sea de forma congruente con el conocimiento científicamente aceptado actualmente. Razón por la cual se utilizan modelos para representar de forma precisa el nivel nanoscópico, a la par de que se observan los fenómenos que ocurren en el nivel macroscópico de los experimentos y se expresa en el nivel simbólico mediante las ecuaciones químicas.

En una actividad experimental no se trata sólo de que los estudiantes usen sus sentidos, sino que de que los usen de forma guiada y compartan sus experiencias de forma grupal, lo que permite al docente realizar una evaluación formativa en plenaria y promoviendo siempre el diálogo.

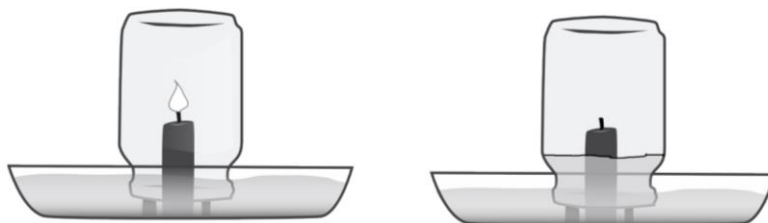
Otra problemática del trabajo experimental es que no hay garantía de que los alumnos "vean" lo que nosotros "vemos" o lo que queremos que vean; en algunas ocasiones, lo que se observa permite llegar a las conclusiones incorrectas. Un ejemplo ideal para explicar lo anterior es el experimento de la

vela y el frasco; en este experimento se coloca una vela en un plato con agua, la vela se enciende y se le coloca un frasco encima, después de unos segundos la vela se apaga y el nivel del agua dentro del vaso sube (Figura 4). Los alumnos pueden llegar a la conclusión de que la vela se apaga porque ha consumido todo el oxígeno disponible y el agua se introduce al vaso para llenar el espacio vacío que deja el oxígeno que se consumió. Incluso hay veces en que el docente directamente les brinda dicha explicación ante el fenómeno que observaron. Esta explicación, si bien parece coherente, no es del todo correcta.

La vela se apaga mucho antes de que todo el oxígeno presente en el frasco se haya consumido. Una manera fácil de probarlo es colocar dos velas, una larga y otra más corta y se observará que la más alta se apaga primero, y como la corta sigue encendida no podemos afirmar una ausencia de oxígeno.

Incluso si la vela hubiese consumido todo el oxígeno, la conclusión que justifica el aumento del volumen del agua dentro del frasco sería inapropiada. La cantidad de oxígeno consumido por la flama no es equivalente a la disminución del volumen del gas dentro del frasco debido a los productos de la reacción de combustión: el dióxido de carbono y el vapor de agua. Por último, la explicación no toma en cuenta la Ley de Charles que dice que el aire, como cualquier gas, se expande al ser calentado y se contrae al enfriarse, la vela calienta el aire alrededor, por lo que el aire atrapado por el frasco al iniciar el experimento está más caliente que el aire exterior cuando la vela se apaga, al enfriarse el aire se contrae y el agua sube (Rudel, 2011).

Figura 4. Ilustración del experimento de la vela y el frasco



Nota. Tomado de Science Myths Unmasked: Exposing misconceptions and counterfeits forged by bad science books.

Además, la asimilación de los tres niveles de representación de forma simultánea requiere una atención y energía para el proceso, resultando en muchas ocasiones en una sobrecarga. Para Johnstone (1991) los alumnos reaccionan al malestar por la sobrecarga asimilando pequeñas partes de las instrucciones a la vez, fragmentando así el experimento e impidiendo el conocimiento.

Consideremos que, para el alumno, la experiencia se puede resumir como una representación o experimento, el cual va a observar con atención, reflexionará de forma interna y, en ocasiones, en voz alta, junto con sus compañeros trazará las conclusiones más alocadas y se aventurará con hipótesis diversas, para que al final el profesor les diga qué es lo que vieron. ¿Por qué no permitirles construir la explicación con ayuda de modelos y de las ecuaciones químicas a la par que avance la experimentación?

Para esto, el andamiaje que proporciona el material didáctico será esencial, recuperando las ideas de Kaya y Geban (2012), en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la química, el desarrollo de la experimentación y el trabajo práctico asociado a la incorporación de herramientas tecnológicas se convierte en una estrategia que permite mejorar el ritmo de aprendizaje de los estudiantes.

1.1.5 La Enseñanza de la Química en el Contexto Actual

Las dificultades en el aprendizaje de las ciencias se relacionan con su naturaleza y con los métodos por los cuales es generalmente enseñada, sin considerar lo que se sabe del aprendizaje de los niños y adolescentes (Johnstone, 1991).

Fue en 1996 que Sternberg y Spear - Swerling describieron la existencia de un tipo de enseñanza que, de acuerdo con ellos, en ese momento predominaba en la mayor parte de las aulas. Este tipo de enseñanza solicitaba a los alumnos cosas como: a) ¿quién dijo? b) realicen un resumen c) ¿quién hizo? d) ¿quién dijo? e) ¿qué hizo? f) ¿cómo ...? g) repitan h) describan. Esta forma de enseñar estimula aquello que los alumnos ya saben. No necesariamente se debe eliminar es su totalidad este tipo de estímulo, los estudiantes necesitan adquirir una base de conocimientos, sin embargo, como resaltan Sternberg y Spear

– Swerling (1996) en la medida en que estemos interesados en desarrollar las capacidades de razonamiento de los alumnos, se debe tener presente que es importante que no solo que tengan un conocimiento aislado de los contenidos, si no que a su vez puedan usar sus conocimientos de la mejor manera posible, de forma analítica creativa o práctica.

Los estudiantes deben tener la oportunidad de aprender por medio del razonamiento analítico, creativo y práctico y no solo por medio de la memoria y de confrontar sus conocimientos e ideas con argumentos de diversas clases.

1.2 El Recurso Didáctico del Video

Prensky (2010) ha utilizado el término “nativo digital” para definir a aquellos que han nacido, han crecido y se han formado inmersos en los nuevos avances tecnológicos y el uso de un lenguaje mediado por los videojuegos, la música digital, la telefonía móvil, la internet y el video. El “inmigrante digital” (Prensky, 2010), por otra parte, se define como aquel que por efectos de su formación y/o edad no ha crecido en medio de este mundo digital y que, a su ritmo, busca adaptarse al nuevo entorno manteniendo siempre una conexión con su pasado.

Para Prensky (2010) la forma en que los nativos digitales procesan la información es significativamente distinta a la de sus predecesores, ya que estima que diversas clases de experiencias conducen a diversas estructuras cerebrales y por ende, con la instrucción tecnológica y con experiencias de aprendizaje distintas, los cerebros de los nativos digitales serían también distintos.

Los educadores, “inmigrantes digitales” deberán desarrollar dos formas de contenido, a los que Prensky (2010) llama de “herencia” o contenidos tradicionales y los llamados de “futuro”, en donde se incluye lo digital y lo tecnológico e indica que, para llegar a ser verdaderos educadores de esta era moderna, deberán ser capaces de enseñar ambos tipos de contenidos, pero utilizando el lenguaje y estilo de los nativos digitales.

Según Prensky (2011), los educadores de hoy terminarán especializándose en guiar a los jóvenes “nativos digitales” en el uso de la tecnología para el aprendizaje efectivo, lo que implica la apropiación y aplicación continua de la tecnología y, con ella, de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en los procesos de enseñanza aprendizaje.

Dávila (2018) sostiene que lo verdaderamente importante en el uso de las TIC en el aula de clase no es su potencialidad tecnológica artefactual, sino la significación que docentes y estudiantes logren darle y que motive a explorar el desarrollo de nuevas prácticas educativas que permitan construir entornos de aprendizaje diferentes, más dinámicos, interactivos y participativos, que maximicen las posibilidades de comunicación, acceso a la información y exposición.

Es importante no realizar clases tradicionales con el uso de las TIC y, en cambio, adoptar nuevas concepciones del proceso de enseñanza-aprendizaje y la construcción de nuevo conocimiento a partir de ellas, realizando una enseñanza más constructiva, innovadora y colaborativa.

El video constituye un recurso de gran atractivo que hace parte del lenguaje de los nativos digitales pues están ampliamente familiarizados con este tipo de formato que utilizan constantemente para actividades de socialización y entretenimiento. Dávila (2018) resalta que el video se ha convertido en un importante medio didáctico para complementar estrategias tradicionales de formación.

Para Bravo (2000) el video educativo como recurso didáctico está presente en distintos momentos del proceso de enseñanza-aprendizaje. A su vez Brame (2016) menciona que el video se ha convertido en una parte importante de la enseñanza superior. Se integra como parte de los cursos tradicionales, es la piedra angular de muchos cursos mixtos y, a menudo, el principal mecanismo de transmisión de información en los cursos en línea.

El video didáctico tiene una intención motivadora ya que más que transmitir información exhaustiva y sistematizada sobre el tema, pretende abrir interrogantes, suscitar problemas, despertar el interés de los estudiantes, inquietar y generar una dinámica participativa.

Jacobs (2012) demostró que el uso de videos puede conducir a la participación en el aula en un contexto de educación superior. Además, varios estudios han revelado que el uso de videos educativos en el aula como enfoque clave puede mejorar la participación de los estudiantes. Este enfoque se recomienda en todas las disciplinas de educación superior (Sherin, M. y Elizabeth V., 2009; Sherin, M. y Han, 2004; Zhang, Zhou, Briggs, y Nunamaker, 2006). Otras experiencias exitosas en el uso de los videos con fines educativos son los trabajos realizados por (De la Fuente, Hernandez, y Pra, 2018; Rodríguez y Fernández, 2017; y Ramírez, 2010), quienes los utilizaron para desarrollar procesos de enseñanza aprendizaje de asignaturas con componentes cuantitativos como las finanzas, la matemática y la estadística.

1.2.1 Los Videos como Recurso Didáctico en la Enseñanza de la Química

Muchos estudios sugieren que la integración de la tecnología (que incluye el video) en la enseñanza y el aprendizaje puede aumentar la comprensión, la atención y el interés de los alumnos por explorar ideas científicas (Abdul *et al.*, 2017).

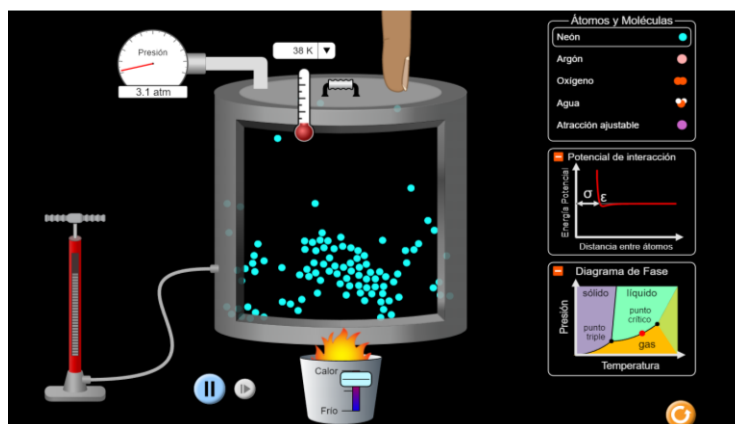
Abdul *et al.* (2017) proponen cinco categorías para los videos ampliamente utilizados en la enseñanza de la química en el aula, como el video de demostración, el video de instrucción, el video de simulación, el video tutorial y los videojuegos. En general, identifican algunas ventajas: en primer lugar, el uso del video educativo es auto accesible; en segundo lugar, es interesante; en tercer lugar, es seguro para los estudiantes observar experimentos que podrían ser peligrosos.

El video de demostración ayuda al profesor a mostrar una primera imagen de exactamente cómo será el experimento (Galloway y Bretz, 2016). Un video de instrucciones muestra paso a paso los procedimientos o instrucciones de cómo usar o controlar o manejar algún equipo.

De acuerdo con Abdul *et al* (2017), muchos instructores han dejado de hacer demostraciones a causa de las limitaciones de tiempo, y acogen el uso de videos instructivos como una alternativa para impartir y garantizar una enseñanza eficaz en el aula, propiciando así una comprensión más profunda. Asimismo, Jordan *et al.* (2015) encontraron que los estudiantes que vieron el video de demostración fueron capaces de repetir mejor el experimento que los que recibieron la instrucción tradicional en el laboratorio.

Un video de simulación es un video que expresa cómo ocurre un concepto o proceso, pero que proporciona una imagen simulada de cómo funciona exactamente el proceso cuando no se puede ver. A modo de ejemplo, en la Figura 5 se puede observar una simulación de los estados de la materia perteneciente al proyecto de simulaciones interactivas de PhET de la Universidad de Colorado.

Figura 5. Simulación de los estados de la materia (PhET Interactive Simulation, 2022)



Nota. Tomado de <https://phet.colorado.edu/es/simulations/states-of-matter-basics>

El video tutorial es un tipo de video que comprende los pasos y procedimientos para buscar la respuesta a una determinada pregunta de química o de un problema (Abdul *et al*, 2017). Esta forma de video también se centra en otras áreas de la química que pueden requerir cálculos matemáticos, por ejemplo, encontrar la molaridad, el volumen, la concentración y cómo equilibrar una ecuación.

Por último, Abud *et al.* (2017) incluyen a los videojuegos en esta categorización. Los juegos realizados proporcionan contenidos que incluyen elementos de química. Los videojuegos pueden ofrecer diversos tipos de juegos en varios niveles, como el de principiante, intermedio o experto. Esta forma de video también es específica en cuanto al tema o al nivel educativo. Normalmente, el profesor utiliza este video para atraer la atención de los alumnos en el aprendizaje y para pulir su comprensión de ciertos temas.

Entre los tipos se encuentran los juegos o cuestionarios, los videojuegos de exploración o, incluso, los videojuegos que incluyen un laboratorio virtual.

El material didáctico audiovisual, resultado de esta investigación, cumpliría con características tanto de demostración como de simulación.

Algunas investigaciones han considerado los videos disponibles en plataformas públicas como *YouTube*, por ejemplo, Bohloko *et al.* (2019) reportaron que el uso de los videos obtenidos de esta página hizo que se duplicara el porcentaje de alumnos del grupo experimental que aprobaron (del 12 al 27%), mientras que el porcentaje de alumnos del grupo de control se mantuvo constante en un 5% tanto en el pre-test como en el post-test. Lo que nos dice que los grupos no son similares, pero que si hay un aumento en el grupo piloto y no en el testigo. Sin embargo, las dificultades de encontrar materiales adecuados para los objetivos didácticos específicos son innegables.

Con respecto al uso de videos para los laboratorios de química, en la literatura, la mayoría de los informes se centran en el desarrollo del contenido de prelaboratorio (Nadelson *et al.* 2015; Jolley, 2016).

Otras innovaciones han sido que los estudiantes generen sus propios videos para los experimentos de laboratorio (Jordan *et al.* 2016; Box *et al.* 2017), un método de aula invertida utilizando un video grabado con una cámara *GoPro* para dar a los estudiantes información de fondo de los experimentos desde la perspectiva del instructor en primera persona (Fung, 2015) y el desarrollo y producción de videos interactivos para la enseñanza de técnicas químicas durante las sesiones de laboratorio (Cresswell, 2019).

Los videos de esta última investigación se pusieron a disposición de los estudiantes durante las sesiones de laboratorio en *iPads* dedicados al laboratorio (durante el experimento). Se instalaron varios *iPads* en el laboratorio equipados con cubiertas de silicona reemplazables, montados en soportes y se restringió su uso a las sesiones de laboratorio. Por la descripción realizada en la investigación, la característica de “interactivo” se refiere a que los alumnos pueden pausar, adelantar, repetir y regresar los videos según sus necesidades. El formato MP4 de los archivos de video también permitió que los videos se proyectaran en pantallas de televisión montadas en la pared situadas en el fondo del laboratorio y, en caso necesario, enlazarlos con el sistema de gestión del aprendizaje de la asignatura (para su visualización antes y después del laboratorio).

La evaluación preliminar de los videos producidos para química orgánica y analítica arrojó que los estudiantes hicieron uso de los *iPads* durante las sesiones de laboratorio. La pausa, el rebobinado y la revisión de las secciones clave sugerían que los estudiantes también buscaban oportunidades de aprendizaje interactivo. Sin embargo, algunos estudiantes también utilizaron los videos antes del laboratorio en el sistema de gestión del aprendizaje o veían los videos en las pantallas de televisión del laboratorio. El verdadero beneficio fue la utilidad de los videos en dispositivos portátiles, ya que los estudiantes pueden ver el video mientras preparan o realizan la tarea en cuestión. Entre un 50 a un 75% de los estudiantes decidieron utilizar los videos durante sus prácticas.

La oportunidad de ver el montaje y la realización de un experimento es especialmente importante para demostrar la dinámica de las técnicas químicas a los alumnos, que pueden verse desventaja si las instrucciones están únicamente en forma impresa.

1.3 Modelado Molecular y Simulaciones de Reacciones Químicas como Recurso Didáctico

1.3.1 Descripción

Para poder explicar las reacciones químicas y los factores que las aceleran, los alumnos tendrán que desarrollar modelos mentales de las partículas nanoscópicas de las sustancias que se reordenan para producir los cambios observados. Sin embargo, los estudiantes tienen dificultades para generar estas representaciones o modelos que abarcan lo nanoscópico y lo simbólico ya que son abstractas y no pueden experimentarse directamente (Ben-Zvi, Eylon y Silberstein, 1986, 1988; Griffiths y Preston, 1992).

La naturaleza abstracta de estas tareas crea una barrera para crear representaciones de las moléculas que sean una visualización consistente con la realidad a un nivel molecular. Para disminuir esta dificultad se utilizan diversas estrategias incluyendo ilustraciones para los libros de texto, kits de modelaje y gráficos tridimensionales computarizados para ayudar a los estudiantes. Es decir, los estudiantes deben utilizar diferentes modelos, analogías o infografías para convertir lo invisible en visible (Barnea, 2000).

La modelización molecular engloba todos los métodos —teóricos y computacionales—, utilizados para imitar el comportamiento de las moléculas (Leach, 2009). La característica común de este tipo de modelo es la descripción a nivel atómico de los sistemas moleculares.

Un programa informático de modelización molecular y materiales de aprendizaje asistidos por computadora, de acuerdo con Jalonen (2016), permiten crear nuevos entornos de aprendizaje en los que los conceptos y fenómenos de la química pueden verse y percibirse de una manera nueva.

Así, al presentar a los estudiantes los modelos y simulaciones, el aprendizaje será significativo por recepción ya que, a través de los gráficos y la acción, un video de simulación ayuda a los alumnos a imaginar cómo se cree que ocurre el proceso en un tema científico o químico concreto.

Actualmente, existe gran variedad de programas y aplicaciones para el modelado molecular, cada uno con características y ventajas específicas, por ejemplo: *Spartan*, *HyperChem*, *Avogadro*, *MoluCAD*, *ArgusLab*, *Diseñador Ascalaph*, *ACD/ChemSketch*, *Babel*, *Cactvs*, *Chemistry 4-D*, *ChemOffice*, *ChemWindow*, *Chem 3D*, *Corina 2D*, *ChemDrwa*, *FlexS*, *MolEdit*, *Visual Molecular Dynamics*, entre otros.

1.3.2 Propuestas Didácticas

Los modelos y la modelización son factores esenciales en el pensamiento químico y en el desarrollo del conocimiento científico, por lo que también deberían incluirse en la enseñanza de la química (Jalonen, 2016).

Para construir la propuesta didáctica, el profesor debe tener claro desde el inicio para qué se está modelando, puesto que el propósito de uso determina el método a utilizar (Parra, 2018). Los modelos y las visualizaciones virtuales pueden modificarse en función de las necesidades de enseñanza y aprendizaje (Jalonen, Lundell y Aksela, 2007).

La modelización molecular por computadora constituye una herramienta de enseñanza y aprendizaje para apoyar la visualización de los fenómenos químicos y el desarrollo de la enseñanza de la química (Barnea y Dori, 1996; Lundell y Aksela, 2003; Jalonen y Aksela, 2007).

Una propuesta interesante la encontramos en un entorno de aprendizaje colaborativo basado en el modelado molecular computarizado (MMC) realizado por las investigadoras Yehudit Judy Dori y Miri Barak de Israel el cual ha demostrado ser un medio eficaz para superar ciertas dificultades de aprendizaje en química (Dori y Barak, 1999). Esta investigación estudió el efecto del uso de diferentes tipos de modelos

en la enseñanza de la química orgánica sobre la comprensión, por parte de los estudiantes, de los nuevos conceptos y de la estructura espacial de las nuevas moléculas. Emplearon un método de enseñanza que combina modelos moleculares tridimensionales físicos (plásticos) y virtuales (computarizados) en un entorno de aprendizaje tanto colaborativo como individual, en 276 estudiantes de nueve escuelas preparatorias de Israel. Las herramientas de investigación incluyeron una unidad de aprendizaje designada, un software y una base de datos para el modelado molecular computarizado, y cuestionarios previos y posteriores al curso sobre compuestos y modelos orgánicos.

Como resultado, los estudiantes del grupo experimental comprendieron mejor el concepto de modelo y fueron más capaces de aplicar la transformación de representaciones moleculares, por lo que las investigadoras recomiendan incorporar tanto modelos virtuales como físicos en la enseñanza/aprendizaje de la química como medio para fomentar la comprensión espacial de la estructura molecular.

Otro trabajo es el de Yehudit Dori y Nitza Barnea (2001) en el cual, por un lado, en un grupo experimental, los profesores hicieron hincapié en el concepto de modelo mediante el uso de varios de ellos, incluido el modelado molecular computarizado; por otro lado, los profesores del grupo de control enseñaron el tema de forma tradicional, sin la ayuda de la computadora y sin hacer hincapié en el concepto de modelo.

Lo anterior resultó en una diferencia significativa encontrada entre los grupos experimental y de control de los estudiantes de preparatoria. Los resultados de los alumnos indican la eficacia del tratamiento en la conceptualización de los significados de enlace y estructura química.

Otro caso de interés nos lleva a mencionar la experiencia de un grupo de profesores finlandeses cuya conclusión dicta que la modelización molecular por ordenador ayuda a los docentes a ilustrar y a los

alumnos a aprender conceptos difíciles de química de una forma nueva, también desarrolla la capacidad de visualización de los alumnos y hace que éstos se interesen por la química (Aksela y Lundell, 2008).

Se puede considerar también la incorporación de las TIC de visualización al modelado molecular como lo hacen Marzocchi *et al.* (2012) quienes trabajaron con estudiantes que se encontraban en el inicio de carreras de la Facultad de Ingeniería Química en la Universidad Nacional del Litoral (Argentina) y desarrollaron una serie de actividades como la selección e instalación de software libre de visualización y modelado molecular, además de dictar un ciclo de charlas y talleres para estudiantes y docentes e, incluso, lograr la modificación curricular para utilizar estas herramientas.

1.4 La Enseñanza de Rapidez de Reacción

El tema de rapidez de reacción puede considerarse, por un lado, integrador, en la medida en que relaciona principios estudiados con anterioridad y, por otro lado, habilitador, ya que es relevante para el estudio de temas posteriores como lo es el equilibrio químico (Barrera, 2013). Además, como resalta Barrera, el tema guarda relación estrecha con muchos aspectos de la vida cotidiana de los estudiantes fácilmente observables, lo cual es de vital importancia para cumplir con la dimensión del aprendizaje significativo descrita por Jonassen (1995) y Grabe (2007): Autenticidad.

El aprendizaje en un entorno auténtico estimula la motivación para el aprendizaje debido a que los alumnos aceptan tareas de aprendizaje que pertenecen al mundo real. Además, en el estudio de este contenido, el nivel de abstracción es estimulado pues *“el estudio de estos factores [los que modifican la rapidez con que ocurren reacciones específicas] permite incursionar en los detalles de los procesos mediante los cuales ocurren las reacciones”* (Whitten, Davis, Peck y Stanley, 2008, p.611).

1.4.1 Propuestas Didácticas Relevantes

De La Chaussée (2009) analiza un fragmento correspondiente a una sesión de laboratorio de Química Orgánica II, con alumnos de entre 20 y 21 años de edad, estudiantes de cuarto cuatrimestre de la carrera de Farmacéutica en una universidad pública mexicana. El objetivo de la práctica incluía obtener dos halogenuros de alquilo y un alqueno. Los alumnos, 9 mujeres y 3 hombres expusieron los mecanismos de las reacciones y generaron un diálogo acerca de la rapidez de las reacciones de sustitución nucleofílica uni y bi molecular.

A pesar de que, claramente, el nivel educativo fuente de este fragmento no corresponde al nivel medio superior, es interesante retomarlo puesto que, tras el segundo cuestionamiento realizado por el docente, es claro que los alumnos no comprenden el concepto de rapidez de reacción.

Extracto

Maestro: ¿Cómo se puede determinar por ejemplo en este caso que la velocidad de la reacción depende del nucleófilo o de la concentración del halogenuro? o ¿cómo es que se determina qué depende de la concentración de ambos reactivos? ¿Cómo se determinaría?

Alumna A: haciendo dos, dos tipos de... comparaciones. Bueno, yo pienso que una agregando en alta concentración el nucleófilo y la otra en menor. Hacer precisamente ese análisis paso a paso a cada una de las reacciones separadas y ver cuál es más rápido y cuál es más lento.

Maestro: cuando hablamos de velocidad de la reacción qué concepto tienen de ello.

Alumno B: qué tan rápido se combinan.

Alumnos: qué tan rápido... (varios hablan a la vez y no se entiende lo que dicen).

Maestro: a ver otra vez más fuerte.

Alumno C: qué tan rápido alcanzan el equilibrio.

Alumna D: Sí.

Maestro: eso del equilibrio ¿se entiende cómo que hay cantidades iguales de reactivos y productos?

Alumno E: no, yo pienso que cuando alguien reacciona.

Maestro: y ¿cómo sé en ese momento quién reacciona más rápido o más lentamente?

Los alumnos guardan silencio.

Maestro: regresamos otra vez a la pregunta, ¿qué entendemos por velocidad de reacción?

Los alumnos guardan silencio.

Alumna A: bueno no, sinceramente así no sé, pero supuestamente para sacar la velocidad de la reacción es igual a una constante por la concentración. Si es una, este..., una reacción unimolecular entonces por la concentración del halogenuro, si es bimolecular por la concentración tanto del halogenuro como del nucleófilo.

En este fragmento se hace evidente que la alumna busca información en su manual de laboratorio, en el texto se observa como aporta a la clase el cálculo necesario con el objetivo de avanzar en la sesión, sin embargo, los alumnos aún no cuentan con el concepto de rapidez de reacción, quieren resolver el problema de forma mecánica sin comprender o poder poner en palabras lo que significa la rapidez de reacción, por lo que el docente insiste:

Maestro: Bueno, ¿quién tiene otro concepto de la velocidad de la reacción?

Los alumnos guardan silencio.

Maestro: ¿cómo podemos determinar entre 2 personas quién es más veloz?

Dos alumnos al unísono: poniéndolos a correr.

Alumno C: tomando tiempos.

Maestro: tomando tiempos, ¿qué más?

Alumna A: poniéndolos a correr al mismo tiempo.

Maestro: y ¿cómo sabes tú cuando una persona es más veloz que otra?

Alumna A: por prueba, el que llegue a la meta más rápido, o a donde tenga que llegar, por ejemplo, la velocidad de la reacción sería este..., la velocidad al llegar a formar los productos hasta que se haya este..., finalizado todo.

Maestro: será que quién... Hablando de lo de la carrera, ¿recorre esa distancia en menos tiempo?

Alumnos a coro: ¡Si!

Maestro: ¿y hablando de la rapidez de reacción?

Alumno B: quien forme los productos primero.

Maestro: Quien se transforme en productos en menos tiempo.

Esa es la velocidad de la reacción, o sea el tiempo que transcurre para convertirse de reactivos a productos en una reacción, ahora ya como lo determina uno eso es otra cosa...

Considero importante destacar este fragmento dado que en niveles superiores se da por sentado que los alumnos comprenden el concepto de rapidez de reacción y se procede a aplicarlo en conocimientos más avanzados y complejos, no obstante, aunque los estudiantes puedan repetir definiciones literales del libro, no poseen un aprendizaje significativo del contenido, como se muestra en el ejemplo revisado.

En el fragmento se observa que el profesor utiliza analogías para impulsar a que los alumnos construyan su definición, lo que considero una práctica adecuada, pero que debió ocurrir en el nivel básico, de forma que en el nivel superior el alumno pueda acomodar definiciones más formales, al ya tener en sus estructuras de pensamiento la rapidez de reacción, la teoría de colisiones y los factores que modifican la rapidez de reacción. Dichas estructuras serán el ancla para nuevos aprendizajes de equilibrio químico, principio de Le Chatelier, mecanismos de reacción, etcétera.

En otra investigación, Cachapuz y Maskill (1987) investigaron las ideas de los estudiantes acerca de las colisiones. La muestra seleccionada procedía de dos clases de un colegio inglés. Los estudiantes estaban en su cuarto año (edad media de 14.9 años) y todos habían elegido estudiar química.

De acuerdo con los autores, el tema de la cinética de las reacciones elementales se seleccionó por varias razones: (a) era una parte central del plan de estudios de química de los estudiantes; (b) era desconocido para los alumnos y, (c) es un tema muy estructurado y la enseñanza puede llevarse a cabo de una manera sencilla, utilizando materiales escritos. Esto permitió que la instrucción se llevara a cabo en condiciones relativamente controladas.

Se preparó un texto didáctico para introducir el concepto de rapidez tomando como ejemplo el tiempo que tarda en producirse un determinado cambio en la reacción entre el ácido clorhídrico y el zinc. A continuación, se les explicó cómo puede modificarse la rapidez de reacción cambiando la temperatura a la que se produce la reacción, el tamaño de los trozos de zinc y la concentración del ácido. El efecto de cada uno de estos tres factores se explicó de forma sencilla en términos de la teoría de las colisiones. Se diseñó una prueba de elección múltiple de 16 preguntas sobre el tema para dividir la muestra original de estudiantes en submuestras con diferentes niveles de rendimiento Y se diseñó una prueba de asociación de palabras libre y continua que utilizaba 14 palabras estímulo como etiquetas verbales de los conceptos que se consideraban implicados en la solución de las preguntas de la prueba objetiva. Las palabras

estímulo fueron: ácido, área, colisión, concentración, calor, velocidad, reacción, tamaño, solución, velocidad, superficie, temperatura, tiempo y volumen.

En los alumnos que mostraron más dificultades al resolver la prueba, la palabra “colisión” no apareció en las redes que realizaron, mientras que los que obtuvieron mayor calificación en su evaluación sí agregaron la palabra colisión a las redes realizadas. Esto puede sugerir que el aprendizaje de las relaciones entre el concepto colisión con la tasa, temperatura, concentración y superficie, respectivamente tiene un impacto positivo en el aprendizaje de los factores que modifican la rapidez de reacción y en la capacidad de los alumnos de resolver problemas de aplicación de este tema.

De acuerdo con los autores, cuando las relaciones no se encontraban en las estructuras asociativas de la prueba de asociación de palabras, los alumnos tendían a no ser capaces de resolver los ítems de las pruebas de rendimiento que requerían las relaciones.

Esta investigación es un ejemplo de las estructuras asociativas que realizan los estudiantes y presenta un modelo relevante para su estudio, además de encontrar una relación entre la robustez de las estructuras asociativas y la posterior capacidad de resolver problemas de aplicación relacionados al contenido de cinética química.

1.4.1.1 Propuestas Didácticas Experimentales.

Barrera en el año 2013, realizó una propuesta para la enseñanza de los factores que modifican la rapidez de reacción, desde el aprendizaje activo con un componente experimental para la enseñanza de los factores que modifican la rapidez de una reacción química. Su propuesta inicia con un planteamiento generador, que consistía en una pregunta sobre una situación experimental como la siguiente: *“Usted dispone de dos tubos de ensayo con 10mL de ácido clorhídrico (HCl) 1M cada uno. Deposite en el tubo uno una granalla de zinc y agite. ¿Qué ocurrirá en el tubo dos al adicionar una cantidad equivalente de zinc en polvo?”*, posteriormente los alumnos en equipos debían generar una predicción y, una deliberación. Al

interior de cada equipo, cada estudiante somete sus argumentos a la consideración de sus compañeros. Una vez alcanzado un consenso, la discusión se extiende a todo el grupo para pasar a la experimentación que permite la confrontación y reestructuración de ideas para la elaboración de conclusiones y el posterior análisis de resultados de forma grupal.

Barrera concluye que la propuesta estimuló la proposición, la discusión y la comunicación de los estudiantes y, por otro lado, la visualización del comportamiento de algunas reacciones químicas en las condiciones generadas lo cual favoreció la consolidación de los temas estudiados de cinética química. Además, notó una mayor participación y una mejor disposición de los estudiantes, comparativamente con las observadas en las prácticas experimentales tradicionales.

Me parece importante resaltar de esta propuesta la valiosa oportunidad para la reflexión de forma previa a la experimentación como un espacio para que los alumnos realicen predicciones y contrasten sus ideas. No obstante, se requeriría más información de la que proporciona el artículo para saber la profundidad de la estrategia en cuanto a las causas, a nivel nanoscópico, por las que modificar los factores estudiados tiene ese efecto en la rapidez de reacción.

1.4.2 Recursos Audiovisuales Disponibles en Plataformas de Video Públicas

Limitándose a los materiales en español, al introducir las palabras “rapidez de reacción” en un buscador como Google se obtienen, en lo que respecta a videos, más de 200,000 resultados. Si además añadimos a la búsqueda las palabras “factores que la modifican” los resultados disminuyen a 81,900; al incluir “experimentos” se obtienen 69,600 resultados y al incorporar “teoría de colisiones” la cifra disminuye hasta los 1,990 resultados. A pesar de realizar una búsqueda tan específica no necesariamente los videos arrojados cumplían con todos estos elementos y, al menos en lo que respecta al estudio de materiales realizado para esta investigación, no se encontraron materiales que unifiquen los tres niveles de representación de la química.

Los docentes, en busca de un material audiovisual, tendrán mayor acceso a los videos que tienen más visualizaciones en plataformas como *YouTube*. En esta plataforma, tendrán que encontrar videos que abonen al cumplimiento de los objetivos didácticos de sus programas de estudio, cuya duración sea pertinente, con la menor cantidad posible de desviaciones o errores conceptuales y con elementos visuales o experimentales enriquecedores. En mi opinión, la gran mayoría de estos materiales carecen de un enfoque constructivista dado que su objetivo es la mera transmisión de conocimientos. Para Jonassen (1991) el ambiente de aprendizaje debe sostener múltiples perspectivas o interpretaciones de realidad, construcción de conocimiento, actividades basadas en experiencias ricas en contexto, y los videos suelen ser un monólogo, y brindar una representación de un solo enfoque del tema, no instruyen a los alumnos a tomar nota de observaciones

Algunos de estos videos fungen como emisores que, en el mejor de los casos, utilizan las TIC, pero que mantienen un rol tradicional con estrategias como adivinar, repetir, copiar, responder con términos fijos, responder en una secuencia determinada, lo cual solamente promueve la mecanización o memorización de los contenidos.

1.5 Conceptualización Psicopedagógica

1.5.1 Constructivismo

A partir de las investigaciones de Piaget (1978) sobre el desarrollo genético de la inteligencia, los enfoques constructivistas se han desarrollado hasta llegar a ser indispensables. En 1991, Campos y S. Gaspar afirmaron que *“el constructivismo es el paradigma predominante en la investigación cognoscitiva en educación”*.

Las teorías de Piaget (biólogo, psicólogo y epistemólogo suizo) señalan el punto de partida de las concepciones constructivistas del aprendizaje como *“un proceso de construcción interno, activo e individual”*.

Ante la pregunta “¿Qué es el constructivismo?”, Carretero (1993) argumenta lo siguiente, siguiendo a Vygotsky:

“Básicamente puede decirse que es la idea que mantiene que el individuo tanto en los aspectos cognitivos y sociales del comportamiento como en los afectivos no es un mero producto del ambiente ni un simple resultado de sus disposiciones internas, sino una construcción propia que se va produciendo día a día como resultado de la interacción entre esos dos factores”.

De acuerdo con las investigadoras Nieda y Macedo (1997), para Piaget:

“[el] mecanismo básico de adquisición de conocimientos consiste en un proceso en el que las nuevas informaciones se incorporan a los esquemas o estructuras preexistentes en la mente de las personas, que se modifican y reorganizan según un mecanismo de asimilación y acomodación facilitado por la actividad del alumno”.

Para Tünnermann (2011) serán David Ausubel (norteamericano); con su teoría de los aprendizajes significativos, y Lev Vygotsky (bielorruso), con su integración de los aspectos psicológicos y socioculturales, quienes tendrán el mayor impacto en la psicología, la pedagogía y la educación contemporánea, en lo que concierne a la teoría del aprendizaje.

Ausubel acuña el concepto de *“aprendizaje significativo”* para distinguirlo del repetitivo o memorístico (Ausubel, 1963) a partir de la idea de Piaget sobre el papel que desempeñan los conocimientos previos en la adquisición de nueva información y conocimientos. Coincide con Piaget en la necesidad de conocer los esquemas de los alumnos, pero no comparte con él la importancia de la actividad y la autonomía. Rechaza también las ideas sobre los estadios piagetianos ligados al desarrollo como limitantes del aprendizaje y considera que lo que realmente lo condiciona es la cantidad y calidad de los conceptos relevantes y las estructuras proposicionales que posee el alumno.

Novak (1982), a partir de los trabajos de Ausubel sobre la asimilación de los conocimientos, nos dice que *“el nuevo aprendizaje depende de la cantidad y de la calidad de las estructuras de organización cognoscitivas existentes en la persona”*. Así, para Ausubel y Novak, lo fundamental, por lo tanto, es conocer las ideas previas de los alumnos. En consecuencia, según la posición constructivista, el conocimiento no es una copia fiel de la realidad, sino una construcción del ser humano.

Dicho proceso de construcción, de acuerdo con lo recuperado con Tünnermann (2011), depende de dos aspectos fundamentales:

1. De los conocimientos previos o representación que se tenga de la nueva información, o de la actividad o tarea a resolver.
2. De la actividad externa o interna que el aprendiz realice al respecto.

En este sentido, pareciera que el papel del docente se ve minimizado; sin embargo, como señalan Nieda y Macedo (1997), el profesor adquiere especial protagonismo al ser un agente que facilita el andamiaje para la superación del propio desarrollo cognitivo personal. El modelo de profesor-observador-interventor que crea situaciones de aprendizaje para facilitar la construcción de conocimientos, que propone actividades variadas y graduadas, que orienta y reconduce las tareas y que promueve una reflexión sobre lo aprendido y saca conclusiones para replantear el proceso, parece más eficaz que el mero transmisor de conocimientos o el simple observador del trabajo autónomo de los alumnos.

De acuerdo con Frida Díaz-Barriga y Gerardo Hernández Rojas (2002), dos de los principios educativos asociados con una concepción constructivista del aprendizaje y la enseñanza que tienen relevancia para este trabajo son los siguientes:

El aprendizaje requiere contextualización: los aprendices deben trabajar con tareas auténticas y significativas culturalmente, y necesitan aprender a resolver problemas con sentido.

El aprendizaje se facilita con apoyos que conduzcan a la construcción de puentes cognitivos entre lo nuevo y lo familiar, y con materiales de aprendizaje potencialmente significativos.

1.5.2 Constructivismo Cognitivo

Como manifiestan Serrano y Pons (2011), existen diferentes formas de entender el constructivismo, aunque comparten la idea general de que el conocimiento es un proceso de construcción genuina del sujeto y no un despliegue de conocimientos innatos ni una copia de conocimientos existentes en el mundo externo, difieren en cuestiones epistemológicas esenciales como pueden ser el carácter más o menos externo de la construcción del conocimiento, el carácter social o solitario de dicha construcción, o el grado de disociación entre el sujeto y el mundo.

En este sentido, cualquier tipo de clasificación de los constructivismos recoge, explícita o implícitamente, la existencia de a) un constructivismo cognitivo que tiene sus raíces en la psicología la psicología y la epistemología genética de Piaget, b) un constructivismo de orientación sociocultural (constructivismo social, socio constructivismo o co-constructivismo) inspirado en las ideas y planteamientos vygotskianos y c) un constructivismo vinculado al construccionismo social de Berger y Luckmann (2001) y a los enfoques posmodernos en psicología que sitúan el conocimiento en las prácticas discursivas (Edwards, 1997; Potter, 1998).

No obstante, en las estrategias de enseñanza y en materiales didácticos pueden convivir elementos de las distintas vertientes constructivistas.

El constructivismo cognitivo parte esencialmente de la teoría piagetiana. Para Piaget, efectivamente, el proceso de construcción de los conocimientos es un proceso individual que tiene lugar en la mente de las personas, que es donde se encuentran almacenadas sus representaciones del mundo. El aprendizaje es, por tanto, un proceso interno que consiste en relacionar la nueva información con las representaciones preexistentes, lo que da lugar a la revisión, modificación, reorganización y diferenciación

de esas representaciones. Ahora bien, como sostienen Serrano y Pons (2011), aunque el aprendizaje es un proceso intramental, puede ser guiado mediante la interacción con otras personas, en el sentido de que "los otros" son potenciales generadores de contradicciones que el sujeto se verá obligado a superar.

1.5.3 Constructivismo Sociocultural

El constructivismo sociocultural tiene su origen en los trabajos de Lev S. Vygotsky y postula que el conocimiento se adquiere, según la ley de doble formación, primero, a nivel intermental y, posteriormente, a nivel intrapsicológico. De esta manera, el factor social juega un papel determinante en la construcción del conocimiento, aunque este papel no es suficiente porque no refleja los mecanismos de internalización (Serrano y Pons, 2011).

Del enfoque sociocultural se han hecho importantes derivaciones educativas y han surgido conceptos como el trabajo en equipos o el aprendizaje cooperativo, los cuales se esgrimen como orientadores de las nuevas tendencias (Ramos, 2013).

Desde el punto de vista del enfoque sociocultural, los procesos psicológicos son concebidos como el resultado de la interacción mutua entre el individuo y la cultura. En este proceso de desarrollo, la clave del funcionamiento psicológico está en la construcción de significados, concretamente, en los significados que le atribuimos a los objetos, a las palabras y a las acciones de los demás. También se considera que la elaboración individual de los significados es parte de una construcción activa y social del conocimiento que compartimos con los demás miembros de nuestro contexto social y cultural en el que nos desenvolvemos (Martínez, 1999).

De esta manera, el constructivismo sociocultural propone que las personas que construyen significados actuando en un entorno estructurado e interactuando con otras personas de forma intencional (Serrano y Pons, 2011).

Dicho con palabras de Martínez (1999), desde la perspectiva del enfoque sociohistórico o sociocultural, Vygotski introdujo un concepto de gran trascendencia: el enfoque sociocultural en el estudio del desarrollo real y el nivel de desarrollo potencial del niño. El concepto de Zona de Desarrollo Próximo (ZDP) resulta útil para explicar las diferencias en el aprendizaje y en el desarrollo intelectual entre individuos que, siendo de la misma edad cronológica, muestran conocimientos y habilidades superiores a las de otros compañeros.

1.5.4 Aprendizaje Significativo

El psicólogo cognitivo David Ausubel (1968) realizó la distinción entre el aprendizaje memorístico y el aprendizaje significativo y afirmó que el aprendizaje significativo se relaciona con el conocimiento previo.

Como refiere Tünnermann (2011), Ausubel hace una fuerte crítica al aprendizaje por descubrimiento y a la enseñanza mecánica repetitiva tradicional, al indicar que resultan muy poco eficaces para el aprendizaje de las ciencias. Estima que aprender significa comprender y para ello es condición indispensable tener en cuenta lo que el alumno ya sabe sobre aquello que se le quiere enseñar. Propone la necesidad de diseñar para la acción docente lo que llama “organizadores previos”, una especie de puentes cognitivos o anclajes, a partir de los cuales los estudiantes puedan establecer relaciones significativas con los nuevos contenidos.

Defiende un modelo didáctico de transmisión-recepción significativo que supere las deficiencias del modelo tradicional, al tener en cuenta el punto de partida de los estudiantes y la estructura y jerarquía de los conceptos.

Ausubel enfatizó que si debiera reducir toda la psicología educativa a un solo principio diría lo siguiente: “El factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el aprendiz ya sabe”.

El conocimiento nuevo debe relacionarse con el existente para que el aprendizaje significativo ocurra. Si el conocimiento nuevo existe como una pieza aislada de información, éste pertenece al aprendizaje memorístico, es decir, se memoriza y se olvidará después de un tiempo, lo cual no necesariamente indica una comprensión. De acuerdo con Lemos (2011), los conocimientos aprendidos memorística o mecánicamente sólo son aplicables a situaciones ya conocidas y no implican comprensión, ya que no capacitan al alumno para actuar con autonomía ante su realidad.

Se pueden encontrar diferentes enfoques del concepto de aprendizaje significativo en función del área de conocimiento en el que se utiliza; así, el concepto es permeado por concepciones conductistas, sociales, cognitivas y socio-humanistas.

La Tabla 1 es una adaptación y traducción de la tabla de definiciones y concepciones del concepto de aprendizaje significativo realizada por Agra *et al.* (2019), donde se destacan las definiciones de aprendizaje significativo de diversos autores y se agregan los atributos obtenidos de cada definición.

Tabla 1. Definiciones y atributos del aprendizaje significativo.

Definiciones y atributos del aprendizaje significativo		
Autores, Año	Definición de aprendizaje significativo	Atributo
Mendoza et al., 2012a Mendoza et al., 2012b.	<i>Ampliación de la estructura cognitiva mediante la incorporación de nuevas ideas que se relacionan con las preexistentes de forma no arbitraria y sustantiva. No arbitrario significa la relación lógica de las nuevas ideas con las existentes. Sustantivo es la capacidad del aprendiz de explicar lo sucedido con sus propias palabras.</i>	<i>Expansión de la estructura cognitiva a través de la incorporación de nuevas ideas que se relacionan con las ideas preexistentes.</i>

<p>Kalinowski et al., 2012.</p>	<p><i>El aprendizaje significativo puede definirse como la aportación de un nuevo conocimiento estructurado de forma lógica; la existencia de un conocimiento en la estructura cognitiva que permite la conexión con el nuevo conocimiento, así como la actitud explícita de aprehender y conectar el conocimiento con el que se pretende absorber.</i></p>	<p><i>Existencia de conocimiento estructurado que permite la conexión con el nuevo conocimiento.</i></p> <p><i>La actitud explícita de aprehender y conectar el conocimiento con el que se pretende absorber.</i></p>
<p>Prado y Almeida, 2011.</p>	<p><i>Se considera que el aprendizaje es significativo cuando la nueva información adquiere sentido para el alumno al anclarla en aspectos relevantes de su estructura cognitiva preexistente. Se caracteriza por la interacción entre el nuevo conocimiento y el anterior.</i></p>	<p><i>La nueva información adquiere significado en la estructura cognitiva preexistente.</i></p>
<p>Kinchin y Hay, 2005.</p>	<p><i>El aprendizaje significativo se produce cuando la interacción de un nuevo material se produce con lo que ya existe en la estructura cognitiva del alumno.</i></p>	<p><i>Interacción de un nuevo material con lo que ya existe en la estructura cognitiva.</i></p>
<p>Silva et al., 2013.</p>	<p><i>El aprendizaje significativo es un mecanismo que facilita la adquisición y el almacenamiento de nueva información siempre que los conocimientos existentes en la estructura cognitiva del alumno actúen como una especie de anclaje de los nuevos conocimientos.</i></p>	<p><i>Mecanismo que facilita la adquisición y el almacenamiento de nueva información</i></p> <p><i>Los conocimientos existentes en la estructura cognitiva anclan a los nuevos conocimientos.</i></p>
<p>Carvalho et al., 2015.</p>	<p><i>El aprendizaje significativo es un modelo de aprendizaje en el que el alumno amplía sus conocimientos mediante la asimilación de los nuevos conceptos con los preexistentes; esto se hace mediante un sistema de anclaje, en el que la información previa se ancla a la nueva información y amplía así su estructura cognitiva.</i></p> <p><i>Las características principales del Aprendizaje Significativo son la no arbitrariedad, que se entiende por una relación lógica y relevante entre la nueva idea y las existentes, que sirve de base para incorporar comprender y fijar los nuevos conocimientos en la estructura cognitiva del alumno; y la sustantividad, que garantiza que, una vez aprendido el contenido, el alumno será capaz de expresar la esencia de la nueva información con sus propias palabras, es decir, genera sentido y significado en la estructura cognitiva del alumno.</i></p>	<p><i>Modelo de aprendizaje en el que se amplía el conocimiento mediante la asimilación de nuevos conceptos con los preexistentes.</i></p> <p><i>Los conocimientos preexistentes sirven de base para incorporar comprender y fijar los nuevos conocimientos en la estructura cognitiva del aprendiz.</i></p> <p><i>La nueva información genera sentido y significado.</i></p>

El alumno será capaz de expresar la esencia de la nueva información con sus propias palabras.

Nota. Traducido y adaptado de Agra G., Formiga N. S., Oliveira P. S., Costa M., Fernández M. G. Nóbrega M. M. (2019). "Analysis of the concept of Meaningful Learning in light of the Ausubel's Theory". *Rev Bras Enferm*, 72(1), p. 250. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0034-7167-2017-0691>.

En general, el aprendizaje significativo implica la adquisición de nuevos significados en la estructura cognitiva. Ausubel (1963) define la estructura cognitiva como el contenido total y organizado de las ideas del sujeto. Lo que debe ocurrir de forma interactiva, organizada y jerarquizada, con componentes personales en el sistema cognitivo; atribución de significados a un determinado conocimiento por parte del sujeto según la utilidad para su vida cotidiana, además de retención de conocimientos, con posible olvido, pero con facilidad de rescate y reaprendizaje (Ausubel, 1963; Agra *et al*, 2019).

Para Ausubel, el significado es el resultado del aprendizaje significativo, un producto "fenomenológico" en el que el significado potencial, inherente a los símbolos, se convierte en contenido cognitivo, diferenciado para un individuo determinado.

Según Jonassen (1995) y Grabe (2007), el principio del aprendizaje significativo tiene cinco dimensiones definidas en la Tabla 2.

Tabla 2. Dimensiones del aprendizaje significativo según Jonassen (1995) y Grabe (2007)

Dimensiones del aprendizaje significativo	
Dimensiones	Definiciones
Activo	Los estudiantes son organismos que interactúan con el entorno en el que procesan su aprendizaje y controlan el proceso de aprendizaje. Por lo tanto, los estudiantes tienen roles dinámicos en las actividades de aprendizaje.
Auténtico	El aprendizaje en un entorno auténtico estimula la motivación, ya que los estudiantes aceptan tareas de aprendizaje diseñadas del mundo real.
Constructivo	El aprendizaje constructivo significa que los estudiantes adaptan nuevas ideas a sus conocimientos /experiencias previas.
Cooperativo	El trabajo de construcción de conocimientos en comunidad hace que los estudiantes aprovechen las habilidades de los demás y proporcionar apoyo social y modelar a otros estudiantes.

Integrado El conocimiento de los contenidos y la tecnología deben estar integrados para dotar al proceso de enseñanza/aprendizaje de aplicaciones fluidas y vivas.

Nota. Tomado y adaptado de Jonassen (1995) y Grabe (2007). Jonassen, D. H. (1995). Supporting communities of learners with technology: A vision for integrating technology with learning in schools. *Educational Technology*, 35(4), 60-63 Grabe, M., & Grabe, C. (2007). *Integrating technology for meaningful learning* (5th ed.). New York: Houghton Mifflin Company.

En cuanto a la definición de aprendizaje significativo con énfasis en la Teoría del Aprendizaje Social, se traza una perspectiva de aprendizaje que incluye la consideración de las características personales del alumno, los patrones de comportamiento y el entorno (Guista, 2013; Bastable, 2010; Job, 2011).

Tal y como hizo Lev Vygotsky, Albert Bandura también centra el foco de su estudio sobre los procesos de aprendizaje en la interacción entre el aprendiz y el entorno social. En este marco se considera que el aprendizaje tiene lugar en el contexto de una situación social y sugiere que una parte significativa de lo que aprende el sujeto resulta de la interacción alumno-entorno con un modelado en su aprendizaje activo (Agra, 2019; Bandura, 1987).

Por otro lado, específicamente dentro del marco de la teoría pedagógica (base del presente material didáctico audiovisual) que es el constructivismo cognitivo, surge el énfasis del estudiante como constructor de su propio conocimiento.

En este sentido, las concepciones previas de los estudiantes tienen un carácter determinante y se tiene un énfasis especial en que los alumnos aprendan a pensar y aprendan a aprender, en lugar de con la obtención de comportamientos observables. Además, se hace al alumno responsable de su proceso personal de aprendizaje y se busca ayudarle a ser cognitiva y afectivamente persistente (Ausubel, 1963).

Para Agra *et al.* (2019), el proceso de aprendizaje cognitivo presenta dos dimensiones relativamente independientes: a) cómo el conocimiento a aprender está disponible para el alumno; y b) la forma en que los estudiantes incorporan esta información a sus estructuras cognitivas existentes. Es importante, desde este enfoque, implicar al alumno en la construcción de su conocimiento.

Para diversos autores, el papel activo del alumno parece reivindicar la autonomía en el acto de conocer. Este papel central otorgado al descubrimiento y la exploración se consideran decisivos en el aprendizaje (Ausubel, 1983; Fonseca, 2016; Moreira, 2014; Moreira, 2012).

En esta dinámica, el aprendizaje corresponde a un proceso —continuo (porque es progresivo), personal (por su naturaleza idiosincrásica), intencional (corresponde al alumno relacionar sustantivamente la nueva información con las ideas relevantes existentes en su estructura cognitiva), activo (porque requiere actividad mental), dinámico, recursivo (no lineal), de interacción (entre la información y los conocimientos previos) e interactivo (porque establece relaciones entre sujetos)— que genera un producto siempre provisional caracterizado por un conocimiento particular producido en un momento y contexto determinados (Lemos, 2011; Lamburú, 2011).

En lo que respecta a un material potencialmente significativo, se busca también que sea no arbitrario y sustantivo. No arbitrario quiere decir que tenga un significado lógico; la interacción de significados no es con cualquier idea previa, es con un conocimiento específico y relevante existente en la estructura cognitiva del alumno, en otras palabras, no es aleatorio. El término sustantivo significa que el material debe tener una relación entre la estructura cognitiva y los conocimientos previos de la asignatura y que se sitúe dentro del dominio de la capacidad intelectual humana (Moreira, 2012; Moreira, 2012b).

En este sentido, es pertinente distinguir lo lógico de lo psicológico (Ausubel, 1963). Lo primero depende exclusivamente de la "naturaleza del material", ya que el énfasis del significado reside en la relación entre lo material y las ideas y corresponde al dominio de la capacidad intelectual humana; lo segundo se refiere a una experiencia idiosincrásica de la materia, es decir, que los contenidos resulten relevantes y adecuados en la estructura cognitiva del alumno.

Por último, para que el aprendizaje sea significativo, el alumno debe relacionar los nuevos conocimientos de forma no arbitraria (lógica) y sustantiva (no literal) con sus conocimientos previos.

Esto no significa que el alumno esté motivado o tenga una preferencia por el tema estudiado. Significa que el alumno está predispuesto a relacionar los nuevos conocimientos con los anteriores, quedando más elaborados, más enriquecidos, más estables; de la misma manera, los nuevos conocimientos adquieren significado y se integran en la estructura cognitiva (Ausubel, 1963; Moreira 2012a; Moreira, 2012b).

Empleando las palabras de María Eugenia De La Chaussée (2009), entender y aprender directamente nuevos conocimientos —ya sea conceptos, teorías, métodos, procedimientos o técnicas— que nunca se han escuchado o trabajado es imposible y estéril; no se puede aprender algo a lo que no se le ha dado significado y no se ha entendido. En su artículo *“Las estrategias argumentativas en la enseñanza y el aprendizaje de la química”* refiere que, al intentar que los alumnos aprendan de este modo, generalmente no se logra nada más que la memorización, la repetición de palabras y un verbalismo hueco por parte de los alumnos que simulan un conocimiento, pero que en realidad sólo encubren una ausencia. La química, como todas las demás ciencias, está llena de significados, de conceptos abstractos y complejos y de teorías y métodos, por lo que su enseñanza y su aprendizaje no es fácil: el alumno tiene que dar significados.

1.5.5 Instrumentos de Evaluación

1.5.5.1 Instrumento KPSI

El KPSI (*Knowledge and Prior Study Inventory*) es un instrumento para la regulación del proceso de aprendizaje y representa un cuestionario de autoevaluación del alumnado (Arellano *et al.* 2008). El objetivo de este instrumento es obtener información sobre la percepción que el sujeto tiene de su grado

de conocimiento en relación con los contenidos que estudiará; tomando en cuenta a Ausubel, dichas estructuras preexistentes son esenciales en el aprendizaje significativo.

El KPSI diseñado por Tamir y Lunetta (1978) solicita al estudiante que seleccione su respuesta en función de 5 niveles o categorías: No lo sé/ no lo comprendo, lo conozco un poco, lo comprendo parcialmente, lo comprendo bien o lo puedo explicar a un compañero.

Conocer lo que los estudiantes creen que saben o piensan sobre determinados contenidos científicos se ha revelado tan útil como conocer lo que realmente saben o piensan (Quintanilla, 2006).

1.5.5.2 Evaluación del Aprendizaje Significativo.

Como plantea De La Chaussée (2009) existen diferentes niveles de conciencia. En el nivel empírico tenemos sensaciones, percibimos, memorizamos, repetimos, recordamos e imaginamos. En el nivel intelectual, preguntamos, relacionamos, analizamos, entendemos, expresamos lo entendido, concebimos y formulamos. En el racional, reflexionamos, buscamos y ordenamos nuestras evidencias, criticamos, argumentamos y hacemos juicios sobre la verdad o falsedad de las afirmaciones o sobre su certeza o probabilidad.

Para esta autora, un alumno aprende significativamente cuando logra transitar hasta el tercer nivel, es decir, cuando logra emitir por sí mismo juicios fácticos. Por ello, recomienda diseñar actividades que promuevan que los alumnos argumenten, ya que es una de las operaciones mentales del tercer nivel del método interior, el cual consiste en buscar y presentar datos y pruebas para fundamentar y demostrar.

Con el fin de evaluar el material didáctico y su potencial para promover el aprendizaje significativo se retoman en la Tabla 3 las cinco dimensiones definidas por Jonassen (1995) y complementadas por Grabe (2007), en este caso, describiendo las características del material didáctico audiovisual que competen en cada dimensión.

Tabla 3. Características del material didáctico audiovisual en congruencia con las dimensiones del aprendizaje significativo según Jonassen (1995), complementadas por Grabe (2007)

Dimensiones	Elementos del material didáctico
Activo	<i>“Los estudiantes interactúan con el entorno virtual en la página web en la que controlan el proceso de aprendizaje, mediante la selección del material de su interés y la posibilidad de evaluarse y determinar si es necesario trabajar con más material para lograr los objetivos de aprendizaje o si consideran que han comprendido lo suficiente, es decir son capaces de autorregular su aprendizaje. Los estudiantes tienen roles dinámicos en las actividades de aprendizaje”.</i>
Auténtico	<i>“El aprendizaje se contextualiza con elementos del entorno cotidiano de los estudiantes y con aplicaciones relacionadas con la salud. Se motiva a los estudiantes a identificar aplicaciones de la rapidez de reacción en su vida cotidiana”.</i>
Constructivo	<i>“Es responsabilidad de los estudiantes generar predicciones, responder preguntas y argumentar los fenómenos observados en los experimentos, además de modelar tanto en la hoja de trabajo como en la sesión de socialización”.</i>
Cooperativo	<i>“Se realiza una sesión de socialización de los aprendizajes. El trabajo de construcción de conocimientos en comunidad hace que los estudiantes aprovechen las habilidades de los demás y proporcionan apoyo social y mejoran los modelos de los otros estudiantes. Una parte significativa de lo que los estudiantes aprenden es resultado de la interacción con otros en el contexto del aprendizaje activo”.</i>
Integrado	<i>“Se utiliza tecnología para dotar al proceso de enseñanza/aprendizaje de aplicaciones fluidas y vivas a través de la página web, los videos y las simulaciones de las moléculas”.</i>

1.6 Marco disciplinar

1.6.1 Cinética Química y Rapidez de Acción

La cinética química es el área de la química que tiene relación con la rapidez con que ocurre una reacción química (Chang, 2003). La palabra “cinética” sugiere movimiento o cambio, en este caso, la rapidez de reacción es el cambio en la concentración de un reactivo o de un producto con respecto al tiempo, que se expresa en molaridad por segundo [M/s] (Chang, 2003) o mol por litro por segundo [mol/l*s] (Ganuza, Casas, y Queipo, 1991). La cinética química se ocupa de la medida de las velocidades de reacción, de la predicción de estas velocidades y de cómo establecer los probables mecanismos de reacción a partir de los datos de la rapidez de la reacción.

La descripción detallada de la forma en la que ocurre una reacción, con base en el comportamiento de átomos, moléculas, y iones es llamado mecanismo de la reacción (Mortimer, 1992).

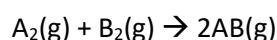
Un pequeño número de factores controla que tan rápido ocurre una reacción (Mortimer, 1992). Algunos procesos, como la fotosíntesis y las reacciones nucleares en cadena, ocurren a una rapidez tan corta como 10^{-12} a 10^{-6} segundos, otros, como la restauración del cemento y la conversión del grafito en diamante, necesitan millones de años para completarse (Chang, 2003).

1.6.2 Teoría de Colisiones

Los aspectos prácticos de la cinética de reacción (ecuaciones y constantes de rapidez) se pueden describir sin pensar nunca en el comportamiento de las moléculas individuales; sin embargo, para profundizar en el tema, se debe pensar a nivel molecular (Petrucci *et al*, 2011).

La teoría de colisiones describe las reacciones en términos de colisiones entre las moléculas de los reactivos (Mortimer, 1992). Para que una colisión entre moléculas vaya seguida de una reacción, debe haber una redistribución de energía de manera que haya energía suficiente en ciertos enlaces clave que deben romperse (Petrucci *et al*, 2011).

Asumiendo una reacción hipotética en estado gaseoso:



En la que ocurren colisiones entre A_2 y B_2 de forma que los enlaces A-A y B-B se rompen y se forman nuevos enlaces A-B.

La rapidez de reacción es proporcional al número de colisiones que ocurren en un tiempo dado.

El número de colisiones a temperatura ambiente y una atmósfera de presión es alrededor de 10^{31} colisiones en un litro en un segundo.

No todas las colisiones producen la reacción, pero las que sí son llamadas colisiones o choques efectivos y son tan solo una pequeña fracción del total. Para que una colisión sea efectiva, se requiere que

ocurra en un ángulo u orientación correcta y con la energía suficiente para evitar que las moléculas simplemente “reboten”. Cuando dos moléculas que se mueven lentamente colisionan, se ven repelidas por las cargas de sus nubes electrónicas; mientras que cuando colisionan moléculas que se mueven rápidamente, esta fuerza de repulsión no es suficiente para detener el impacto.

Para una colisión efectiva, la suma de las energías de las moléculas que colisionan debe ser igual o exceder un valor mínimo determinado (Mortimer, 1992).

De acuerdo con Petrucci et al, (2011) *“La energía de activación de una reacción es la energía cinética mínima que deben tener las moléculas cuando chocan para que tenga lugar una reacción química. Cuanto mayor es la energía de activación de una reacción, menor es la fracción de colisiones energéticas y más lenta es la reacción”*.

1.6.3 Factores que Influyen en la Rapidez de las Reacciones

En general, los factores que influyen en la rapidez de reacción son concentración de los reactivos, estado físico de los reactivos, catalizadores, temperatura (Ganuza, Casas, y Queipo, 1991), además de la superficie de contacto y naturaleza química de los reactivos (Obaya y Vargas, 2005).

1.6.3.1 Concentración de los Reactivos.

La relación entre la rapidez de reacción y las concentraciones de los reactivos viene dada por la ecuación cinética o ley diferencial de velocidad que se determina experimentalmente para cada reacción (Ganuza, Casas, y Queipo, 1991).

Para la mayoría de las reacciones, las tasas de reacción son más altas cuando las concentraciones de los reactivos son también altas (Mortimer, 1992). Este efecto se puede explicar con base en la teoría de colisiones ya que una alta concentración significa un alto número de moléculas en un volumen

determinado y, en estas condiciones, las colisiones entre las moléculas de los reactivos son más frecuentes.

1.6.3.2 Temperatura.

La rapidez de casi todas las reacciones químicas incrementa al elevar la temperatura. Este efecto se observa tanto en reacciones endotérmicas como exotérmicas. De forma general, un aumento de 10°C en la temperatura aumenta la tasa de reacción de 100% a 300% (Mortimer, 1992).

El aumento en el movimiento de las partículas a causa de un aumento en la temperatura produce colisiones con mayor frecuencia por unidad de tiempo, pero, principalmente, aumenta la probabilidad de que tengan la energía suficiente, es decir que sean colisiones efectivas.

1.6.3.3 Superficie de Contacto.

Al aumentar la superficie disponible de los reactivos aumenta la cantidad de moléculas o átomos que podrán sufrir una colisión y, por ende, aumenta la rapidez de reacción. Si los reactivos están en estado sólido, la pulverización de estos modificará el tiempo en el cual se lleve a cabo la reacción.

1.6.3.4 Catalizadores.

Un catalizador es una sustancia que incrementa la tasa de una reacción química sin desgastarse en el proceso (Mortimer, 1992). Para Ganuza, Casas, y Queipo (1991), los catalizadores son sustancias que, actuando en pequeñas proporciones, disminuyen la energía de activación de la reacción y/o provocan una correcta orientación al choque de las especies reactantes, de forma que éste sea eficaz. Así pues, su efecto es aumentar la rapidez de reacción. No obstante, también se pueden utilizar para conseguir el efecto contrario, es decir, inhibir determinadas reacciones no deseadas.

El catalizador se escribe por encima de la flecha de la reacción, ya que este no afecta la estequiometría y puede ser recuperado sin cambios al final de la reacción (Mortimer, 1992).

Un catalizador disminuye el tiempo y la temperatura requeridos para que una reacción ocurra. La mera presencia de un catalizador no causa el efecto en la tasa de reacción, su efecto ocurre al modificar el mecanismo de reacción que ocurriría sin él, disminuyendo la energía de activación.

Un catalizador homogéneo es aquel presente en el mismo estado que los reactivos (Mortimer, 1992, p.328), sin embargo, muchas reacciones pueden ser catalizadas haciendo que transcurran sobre una superficie sólida. Este tipo de catálisis se denomina catálisis heterogénea porque el catalizador está en una fase de la materia distinta de la de los reactivos y productos.

El éxito de un proceso químico frecuentemente radica en encontrar el catalizador adecuado.

1.6.3.5 Presión y Volumen.

El aumento de la presión en un sistema gaseoso incrementará el número de colisiones entre los reactivos aumentando la rapidez de reacción. Esto se debe a que la actividad de un gas es directamente proporcional a la presión parcial del gas. Esto es similar al efecto de aumentar la concentración de una solución. Claramente la presión aumenta al disminuir el volumen y viceversa.

1.6.3.6 Naturaleza Química de los Reactivos.

Zendejas (2017) describe que, dependiendo del tipo de reactivo que intervenga, una determinada reacción tendrá una energía de activación y rapidez determinada.

En las reacciones iónicas, tales como las que se verifican en las películas fotográficas o en las reacciones de combustión a altas temperaturas, la velocidad es extremadamente rápida. La velocidad de combinación de hidrógeno y oxígeno en ausencia de un catalizador a temperatura ambiente es inconmensurablemente lenta (Smith, 1991).

1.6.3.7 Estado Físico de los Reactivos.

El estado físico de los reactivos condiciona la rapidez de las reacciones. Bastantes reacciones tienen lugar en estado gaseoso preferentemente, o también en disolución pues así las moléculas poseen mayor libertad de movimiento y se ponen de manera más sencilla en contacto con otras.

1.6.4 Concepciones Alternativas de Rapidez de Reacción

Los alumnos suelen construir el significado con lo que perciben de su entorno y con relación con su conocimiento previo, por tanto, el significado que los alumnos construyen puede ser consistente con lo aceptado por la comunidad científica en el contexto actual, o bien, no coincidir. Las variaciones en la comprensión (construcción) del concepto pueden ser consideradas como concepciones alternativas: de acuerdo con Cuellar (2009) las concepciones alternativas hacen referencia a las ideas de los estudiantes sobre fenómenos científicos específicos que les permiten comprenderlos y darles sentido. Ideas que son alternas a los núcleos conceptuales de las diferentes disciplinas de las ciencias naturales.

Turanyi y Toth (2013) mencionan algunos de los términos utilizados en parte de la literatura que equivale a concepciones alternativas, tales como concepciones erróneas, marcos alternativos, conocimiento espontáneo, etcétera. Otros autores los describen como una convicción o creencia que no está de acuerdo con la explicación generalmente aceptada y demostrada de un fenómeno (Taylor y Kowaski, 2012).

Como afirman Fahmi e Irhasyuarna (2017), corregir las concepciones alternativas implica un trabajo arduo ya que no sólo implica reconstruir la comprensión de alumnos (notificar es menos eficaz), sino que también hay que buscar las causas que las producen. En química, gran parte de las concepciones alternativas son generadas dentro del mismo entorno educativo y/o por discursos de los docentes, como describen Kwen (2005) y Taber y Tan (2011).

Los profesores deben dar la información de forma cuidadosa y exhaustiva para que no sea ambigua o incompleta y pueda dar lugar a malentendidos. Por lo tanto, es importante que los profesores entendamos primero las concepciones alternativas frecuentes en nuestros contenidos (Barke *et al.*, 2009).

Diversos estudios muestran la aparición de concepciones alternativas entre los estudiantes en el estudio de materiales de rapidez de reacción, incluyendo a Schmitz (2005); Cakmaci *et al.* (2006); Tastan y Boz (2008); Sozbilir *et al.* (2010) y Kaya y Geban (2012). Incluso, se han realizado estudios para detectar las concepciones alternativas de los docentes (Kolomuc y Tekin, 2011; Banerjee, 1991) ya que es muy probable que estas concepciones sean transmitidas a los estudiantes.

Atendiendo a concepciones alternativas específicas de interés, considero relevante mencionar los siguientes planteamientos.

Con respecto al reconocimiento de la naturaleza de las reacciones químicas, Méndez (2013) habla de la dificultad de los alumnos para comprender que en una reacción se produce una redistribución de átomos. Carbonell y Furió (1987) reporta que los alumnos manifiestan que la masa, antes y después de la reacción, no es constante.

Kind y Kind (2011) encontraron la idea de que la masa de los productos es mayor que la masa de los reactivos surge cuando un precipitado es producido por la reacción. Los autores, asimismo, notaron que la masa de los productos puede considerarse menos que la masa de reactivos cuando un gas se produce en un sistema cerrado.

Una parte de las ideas alternativas acerca del concepto y uso de reactivos limitantes y exceso de reactivos ha sido reportada por Davidowitz *et al.* (2010); otros conceptos alternativos pueden relacionarse con su efecto en el producto de una reacción química. Por ejemplo, un exceso de reactivos a veces es considerado como contribuyente a la masa de los productos (Boujaoude y Barakat, 2003; Kind y Kind, 2011).

Wood y Breyfogle (2006) descubrieron que algunos estudiantes pueden considerar que el producto está formado exclusivamente del reactivo limitante.

El reactivo limitante puede tomar múltiples significados, incluyendo que es el reactivo de: la masa más baja (Boujaoude y Barakat 2003), el número más bajo de moles (Huddle y Pillay, 1996; Boujaoude y Barakat 2003) o la masa molecular más baja (Dahsah y Coll 2007). Asimismo, reportaron la idea de que, si un reactivo es limitante, entonces la reacción no puede tomar lugar.

Con respecto a la rapidez de reacción y reactivos, Pekmez (2010) sostiene que los alumnos consideran que agregar una sustancia no tiene efecto en la rapidez de la reacción o la concentración de las sustancias en el sistema.

Múltiples autores han reportado que la rapidez de una reacción puede confundirse con la extensión de la reacción (Huddle y Pillay, 1996; Bilgin, 2006; Wheeler y Kass, 1978; Maskill y Cachapuz, 1989; Camacho y Good, 1989; Banerjee 1991).

Voska y Heikkinen encontraron que una concepción frecuente es que el equilibrio siempre tiende hacia los productos (2000).

Algunos pueden considerar que la presencia de un catalizador incrementa la producción del producto (Bilgin y Geban, 2006; Cakmakci, 2010) o que no tiene efecto en la rapidez de reacción (Bilgin y Geban, 2006; Cakmacki, 2010; Akkus *et al.*, 2011).

El catalizador produce mayor proporción de productos en la mezcla en equilibrio (Johnstone, MacDonald y Webb, 1977; Gorodetsky y Gussarsky, 1986).

El incremento en la temperatura de reacciones exotérmicas se ha asociado asimismo con la idea alternativa de que ambas velocidades de reacción se reducen (Bilgin y Geban, 2006; Cakmakci, 2010).

Bilgin y Geban (2006) y Akkus *et al.* (2011) exponen la concepción de que ambas velocidades de reacciones, directa e inversa, se reducen con compresión.

Voska y Heikkinen (2000), Bigin y Geban (2006) y Pekmez (2010) reportan la concepción de que la compresión nunca tiene un efecto en el sistema.

Con respecto a la teoría de colisiones, Pozo y Gómez Crespo (2005) y Novick y Nussbaum (1978) detectan que, para los estudiantes, las partículas son impulsadas desde el exterior con el fin de mantenerse en movimiento.

Stavy (1988), por otro lado, reporta la concepción alternativa de que el tamaño de las partículas depende del estado de la materia.

Con respecto a la ruptura y formación de nuevos enlaces, se han descrito concepciones como la del rompimiento y recombinación de los enlaces intermoleculares al hervir (Osborne y Cosgrove, 1983; Bodner, 1991; Valanides, 2000; Kirbulut y Beeth, 2013), al evaporarse (Mulford y Robinson, 2002) y/o condensarse (Osborne y Cosgrove, 1983; Bar y Travis, 1991; Kirbulut y Beeth, 2013).

De esta manera, se busca cambiar las representaciones mentales erróneas en los alumnos que suelen tener en relación con la rapidez de reacción, específicamente, en la incidencia de los factores de la rapidez de las reacciones químicas, y que sean ellos mismos quienes logren vincular lo que ya saben con los elementos nuevos, utilizando su propio esfuerzo y parte de los materiales de los que ya disponen (Ramos, 2013).

En este punto, adquiere importancia la posibilidad de acceso a múltiples oportunidades de confrontar concepciones alternativas de los estudiantes para la reconstrucción de significados.

En consecuencia, esta propuesta surge con el objetivo de implementar actividades que, como resaltan Barberá y Valdés (1996) en su propia investigación, relacionen el trabajo práctico con la teoría en

cinética química para proporcionar experiencias directas sobre fenómenos que permitan el cambio de las concepciones de los estudiantes a partir de la confrontación entre sus observaciones y sus creencias. Para ello, es necesario un uso adecuado de la tecnología a través de la utilización de herramientas virtuales y experimentales en ambientes de aprendizaje acordes al conocimiento científico, que genere en los estudiantes la posibilidad de interactuar con otros, fortalecer el trabajo en equipo y facilitar la participación.

1.7 Instituciones Sede

1.7.1 *Escuela Nacional Preparatoria*

La Escuela Nacional Preparatoria (ENP) es una institución educativa a nivel bachillerato de la Universidad Nacional Autónoma de México. Inició sus labores el 3 de febrero de 1868 por decreto del entonces presidente de México Benito Juárez. Desde sus orígenes, la enseñanza en la preparatoria se concibió en su carácter teórico - práctico y, actualmente, cuenta con la infraestructura necesaria para el desarrollo y atención de la comunidad preparatoriana. A sus nueve planteles asisten cerca de 50,000 alumnos y cuenta con 2400 profesores (San Ildefonso, s.f.).

A lo largo de su historia, La Escuela Nacional Preparatoria ha buscado atender los retos de su época. El Plan de Estudios 1996 constituye un paso fundamental pues renueva su modelo educativo a través de sus fines, fundamentos y enfoque para adecuarse a las condiciones del contexto nacional e internacional contemporáneo, diferentes al plan de estudios anterior (1964).

La misión de la ENP es brindar a los alumnos una educación de calidad que les permita incorporarse con éxito a los estudios superiores y, así, aprovechar las oportunidades y enfrentar los retos del mundo actual mediante la adquisición de una formación integral. También, su misión es realizar investigación educativa para desarrollar y aplicar nuevos métodos y técnicas que eleven la calidad de los procesos de enseñanza y aprendizaje (UNAM-ENP, 1997).

1.7.1.2 Modelo Educativo.

El modelo educativo de la ENP tiene como principal propósito la formación integral del educando aportando elementos cognoscitivos, metodológicos y afectivos.

El enfoque metodológico se centra en el alumno y en su actividad para la construcción de conocimiento. Promueve el desarrollo de competencias para la identificación, el planteamiento, la búsqueda y organización de información con el fin de resolver problemas e interpretar resultados.

Busca la construcción progresiva del conocimiento que le permita profundizar en la comprensión de su medio natural y social; desarrollar su interpretación y aplicación en la solución de problemas; definir su participación crítica y constructiva en la sociedad en que se desenvuelve e incursionar en el análisis de las problemáticas que constituyen el objeto de estudio de las diferentes disciplinas.

Para ello, se consideran esenciales:

- a. La enseñanza, centrada en el alumno y en su actividad.
- b. El aprendizaje sistemático, explícito y práctico, así como la indagación, la organización de información, su interpretación y aplicación en la solución de problemas.
- c. La construcción progresiva del conocimiento a través de una organización de contenidos que integre las nociones básicas indispensables.
- d. El diseño de actividades que desarrollen el dominio de los lenguajes básicos para el autoaprendizaje y el progreso intelectual del alumno y promuevan en el aula la reflexión y la síntesis colectiva e individual.

- e. La concepción de los contenidos como medios para desarrollar competencias, habilidades, actitudes y conocimientos que favorezcan la autonomía en el aprendizaje y privilegien lo formativo sobre lo informativo.
- f. La organización curricular en áreas de formación para construir el conocimiento.
- g. La identificación y definición de los ejes conceptuales y metodológicos para articular el conocimiento. Estos puntos de continuidad, complejidad y profundización distinguirá una etapa de formación del bachillerato de otra.
- h. La evaluación, basada en la construcción progresiva de productos de aprendizaje que integren los fenómenos en estudio, las nociones básicas y su relación con la problemática, teórica o práctica. Ésta contribuirá a una autoconcepción del alumno como agente de su propio aprendizaje por la significatividad de lo aprendido (ENP, s.f.).

1.7.1.3 Escuela Nacional Preparatoria "José Vasconcelos".

La Escuela Nacional Preparatoria N° 5 "José Vasconcelos" es uno de los 9 planteles que integran la Escuela Nacional Preparatoria de la UNAM. Está ubicada en Calzada del Hueso 729, Coapa, Ex-Hacienda Coapa, Tlalpan, 14300, Ciudad de México.

Este plantel fue creado al sur de la capital mexicana como consecuencia del incremento de alumnos en los cuatro primeros planteles a mediados de la década de los cincuenta.

Durante muchas décadas, la Preparatoria 5 estuvo rodeada de campos de siembra y alfalfares (Villasana y Gómez, 2019). Hoy en día es una de las preparatorias más grandes de Latinoamérica, tanto en instalaciones como en capacidad. Cuenta con una alberca olímpica techada donde los estudiantes toman clases de educación física o practican natación como actividad extracurricular, 2 campos de fútbol

soccer y americano, enormes áreas verdes, biblioteca hemeroteca y mediateca, una cafetería, gimnasio y cuatro auditorios (ENP, s.f.).

1.7.2 Colegio de Ciencias y Humanidades

De acuerdo con su portal informativo, el Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) surge ante la necesidad de atender una creciente demanda de ingreso a nivel medio superior en la zona metropolitana y, al mismo tiempo, para resolver la desvinculación existente entre las diversas escuelas, facultades, institutos y centros de investigación de la UNAM (Colegio de Ciencias y Humanidades, s.f.(a)).

Los planteles Azcapotzalco, Naucalpan y Vallejo, abrieron sus puertas el 12 de abril de 1971. Al siguiente año, les siguieron los planteles Oriente y Sur (CCH, s.f.(a)).

Cuatro planteles se ubican en la zona metropolitana; Azcapotzalco, Vallejo, Iztapalapa (Plantel Oriente), Coyoacán (Plantel Sur) y uno en el Estado de México, el plantel Naucalpan, sede de la primera intervención del presente trabajo.

En la actualidad, el CCH está integrado por una Dirección General, encabezada por un director general y nueve secretarías que apoyan la actividad académica y administrativa; se imparten clases en los turnos matutino y vespertino. El CCH atiende a una población estudiantil de más de 56 mil alumnos, con una planta docente superior a 3 mil profesores, persistiendo el objetivo de impulsar la transformación académica de la propia Universidad con una nueva perspectiva curricular y nuevos métodos de enseñanza (CCH, s.f.(a)).

Como resalta Porfirio Carrillo, en la creación del Colegio de Ciencias y Humanidades en 1971 se conjuntaron factores de carácter educativo, económico y político en una época en que el mundo

experimentó intensos cambios socioculturales y, sobre todo, la irrupción ante ellos de los jóvenes (Gaceta CCH, s.f.(a)).

1.7.2.1 Programa de Estudios.

El programa de estudios del CCH se basa en un plan realizado en el año 1996, sin embargo, los contenidos son actualizados constantemente. De acuerdo con información obtenida en la Dirección General de Incorporación y Revalidación de Estudios (DGIRE) la última actualización se realizó en el año 2016 (DGIRE, s.f.(a)).

Para obtener el grado de bachillerato, esta institución requiere el cumplimiento de 236 créditos obligatorios y 96 optativos. Química I y II son materias obligatorias mientras que Química III y IV son optativas (CCH, 2016).

El enfoque disciplinar de los programas de estudio es de carácter integral: abarca conceptos, habilidades, actitudes.

En este programa se clasifican los aprendizajes de acuerdo con los siguientes niveles cognitivos:

- Nivel 1. Habilidades memorísticas. El alumno demuestra su capacidad para recordar hechos, conceptos, procedimientos, al evocar, repetir, identificar. Se incluye el subnivel de reconocer.
- Nivel 2. Habilidades de comprensión. Elaboración de conceptos y organización del conocimiento específico. El alumno muestra capacidad para comprender los contenidos escolares, elaborar conceptos; caracterizar, expresar funciones, hacer deducciones.
- Nivel 3. Habilidades de indagación y resolución de problemas, pensamiento crítico y creativo. El alumno muestra su capacidad para analizar datos, resultados, gráficas, patrones, elabora planes de trabajo para probar hipótesis, elabora conclusiones, propone

mejoras, analiza y organiza resultados, distingue hipótesis de teorías, conclusiones de resultados, resuelve problemas, analiza críticamente.

Dicha clasificación fue el resultado de la constitución de grupos de trabajo que se abocaron al campo de la evaluación, por lo cual se estableció una línea de trabajo definida como Rubro 4, dedicado a la evaluación de los aprendizajes. Resultando el Seminario del Área de Ciencias Experimentales, Rubro 4; Evaluación del Aprendizaje, con participación de profesores de Biología, Física y Química (Hernández, S., López, M., 2021).

En el programa de estudios de cada materia, los propósitos de cada unidad se describen en términos de lo que el alumno será capaz de hacer o reconocer como resultado de los conocimientos adquiridos y su relación con el contexto. Cada temática va acompañada de aprendizajes que pueden ser conocimiento (C), habilidad (H), actitud (A) y valor (V).

1.7.2.2 Modelo Educativo.

Los fundamentos pedagógicos y los principios filosóficos que dieron origen al CCH se encuentran en la Gaceta UNAM del 1 de febrero de 1971, conocida como Gaceta amarilla que, junto con los señalamientos institucionales y declaraciones registradas en números posteriores de la Gaceta UNAM de ese primer año, reúnen un conjunto de orientaciones académicas que dieron estructura a la institución.

Estas orientaciones incluyen la crítica al enciclopedismo como tendencia educativa dominante en ese momento, la apuesta por las materias básicas, el impulso a un plan de estudios que proponía formar un tipo de cultura que privilegia el aprender a aprender y la concepción del maestro como orientador en el proceso de aprendizaje, promotor de una enseñanza activa, guía y compañero (Gaceta UNAM, 1971).

En concordancia con lo anterior, Reyes (2016) destaca que el modelo educativo del colegio se sustenta en un paradigma ajeno a una educación tradicional, memorística y enciclopédica con exceso de contenidos de aprendizaje, centrada en el profesor y con un alumno altamente dependiente.

En el Colegio se reconoce que la educación del estudiante tiene una doble finalidad: personal y social. Ambas orientadas al desarrollo armónico del alumno y al mejoramiento de la sociedad en la que se desenvuelve. Para Ruiz (2007) en este tipo de orientación, las instituciones educativas deben asumir una responsabilidad académica diferente a la tradicional y construir un proyecto novedoso que incluya el desarrollo teórico, la integración de las funciones sustantivas, los planteamientos curriculares, el énfasis en la formación docente y los aspectos didácticos.

Si bien, no se dice de forma explícita el modelo del colegio en los documentos citados, las características que describen coinciden con el modelo constructivista pues consideran al alumno como constructor del propio conocimiento y al profesor como guía. Desde mi perspectiva, y considerando la misión, la filosofía y las estrategias sugeridas en el programa de estudios, no se podría encasillar a un único tipo de constructivismo, ya que tiene elementos que coinciden con el constructivismo cognitivo de David Ausubel y otros que coinciden con el constructivismo sociocultural de Lev Vygotsky.

Finalmente, es sustancial señalar la filosofía del colegio, cuyas orientaciones del quehacer educativo del se sintetizan en:

- Aprender a aprender: el alumno será capaz de adquirir nuevos conocimientos por propia cuenta, es decir, se apropia de una autonomía congruente a su edad.
- Aprender a hacer: el alumno desarrollará habilidades que le permitirán poner en práctica lo aprendido en el aula y en el laboratorio. Supone conocimientos, elementos de métodos diversos, enfoques de enseñanza y procedimientos de trabajo en clase.
- Aprender a ser: el alumno desarrollará, además de los conocimientos científicos e intelectuales, valores humanos, cívicos y particularmente éticos (CCH, s.f.(b)).

1.7.2.3 Plantel Naucalpan.

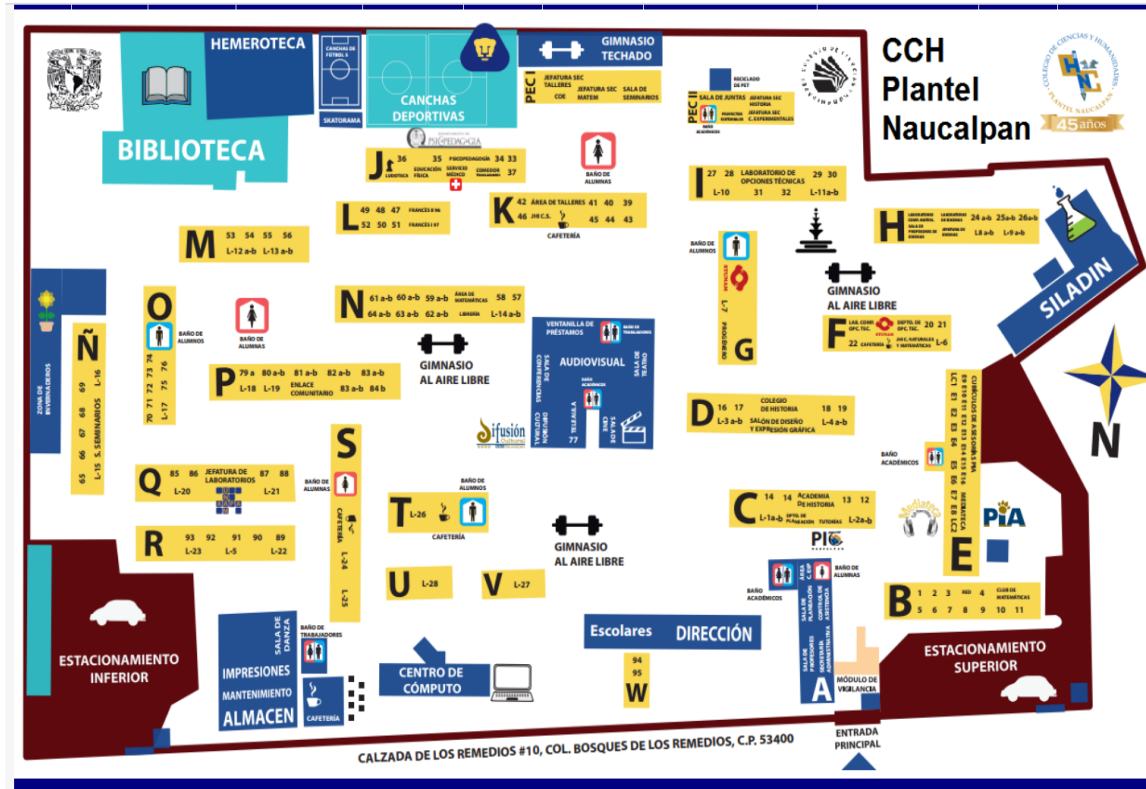
El plantel en el que se aplicó el recurso didáctico en la primera etapa es el plantel Naucalpan, ubicado en Avenida De los Remedios No. 10, Los Remedios, Naucalpan, C.P. 53400, Estado de México. Con clave del sistema nacional de información de escuelas: 15UBH0106Z y clave DGAE: 32.

Naucalpan de Juárez es una ciudad y uno de los 125 municipios que integran el estado de México. Limita al este con las alcaldías Miguel Hidalgo y Azcapotzalco, al sur con el municipio de Huixquilucan y la alcaldía de Cuajimalpa de Morelos, al norte con Tlalnepantla de Baz y Atizapán de Zaragoza y al oeste con Jilotzingo.

El plantel Naucalpan del CCH cuenta con diversas áreas cuya ubicación se muestra en la Figura 6. Además de los salones, los alumnos pueden acceder a una sala audiovisual, biblioteca, hemeroteca, mediateca, centro de cómputo, centro de impresiones, centro de difusión cultural, instalaciones deportivas diversas, departamento de psicopedagogía, servicio médico y oficina jurídica.

En relación con un tema de especial interés para este trabajo, el plantel Naucalpan cuenta con un sistema de laboratorios de desarrollo e investigación y cuenta con laboratorios de cómputo, química, física, biología y robótica (Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Naucalpan, 2019).

Figura 6. Croquis del plantel Naucalpan del CCH.



Nota. Tomado de Portal de Colegio de Ciencias y Humanidades, plantel Naucalpan. <http://www.cch-naucalpan.unam.mx/v2018/croquis.php>

El Departamento de Laboratorios está integrado por un jefe de departamento y laboratoristas encargados de apoyo a la docencia de más de 6 mil 725 alumnos cada día, atención a 3 mil 481 prácticas de física, química y biología, realizadas en los laboratorios tan solo en el 2017, en 27 laboratorios (Colegio de Ciencias y Humanidades, plantel Naucalpan, 2019).

Capítulo 2. Metodología

2.1 Diseño de la Investigación

Para cumplir con los objetivos específicos del presente trabajo se realizaron las siguientes actividades.

1. Se diseñó el material didáctico audiovisual que se describe en extenso en el Apartado 2.2.
2. Se diseñaron los instrumentos de evaluación diagnóstica (pre-test), formativa (Hoja de trabajo) y sumativa (post-test) en torno a 2 tipos de investigación:
 - a) Semi experimental: Donde se compararon conocimientos de química, específicamente sobre rapidez de reacción y factores que la modifican. Se presenta información que compara los resultados obtenidos por la muestra perteneciente a CCH y la muestra perteneciente a ENP.
 - b) No experimental: Donde se comparó la autopercepción del conocimiento mediante un instrumento (KPSI), y se analizó la aplicación del contenido en ejercicios relacionados con el contexto cotidiano, la argumentación y los modelos realizados por los estudiantes durante la intervención didáctica.
3. La intervención didáctica. En donde se pudo aplicar el material didáctico propuesto y comparar los resultados entre los estudiantes de las dos instituciones.

2.2 Propuesta de Material Didáctico

2.2.1 Desarrollo del Material Didáctico

La primera etapa en el desarrollo del material didáctico consistió en revisar diversos manuales y recursos de divulgación con prácticas de laboratorio o propuestas experimentales disponibles para nivel medio superior y superior para identificar aquellas cuyo eje central fuese la cinética química y,

específicamente, el análisis de los factores que pueden modificar la rapidez de reacción. Los manuales consultados a modo de bibliografía se enlistan a continuación:

- Academia de Química. (2019). *Manual de prácticas de laboratorio Química II*. Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos Narciso Bassols. Instituto Politécnico Nacional.
- Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos Lázaro Cárdenas del Río. (Semestre 2017- 2018 “A”). *Manual de prácticas del laboratorio Química I*. Instituto Politécnico Nacional.
- Departamento de Preparatoria Agrícola. (Ciclo escolar 2019-2020). *Manual de laboratorio de introducción a la química agrícola y ambiental*. Nivel propedéutico. Área de química. Universidad Autónoma Chapingo.
- Departamento de Preparatoria Agrícola. (Ciclo escolar 2020-2021). *Manual de prácticas de laboratorio virtuales de introducción a la química agrícola y ambiental*. Nivel propedéutico. Área de química. Universidad Autónoma Chapingo.
- Departamento de Química Orgánica. (Curso 2015-2016). *Prácticas de química aplicada a la biología*. Primer curso grado en biología. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Complutense de Madrid.

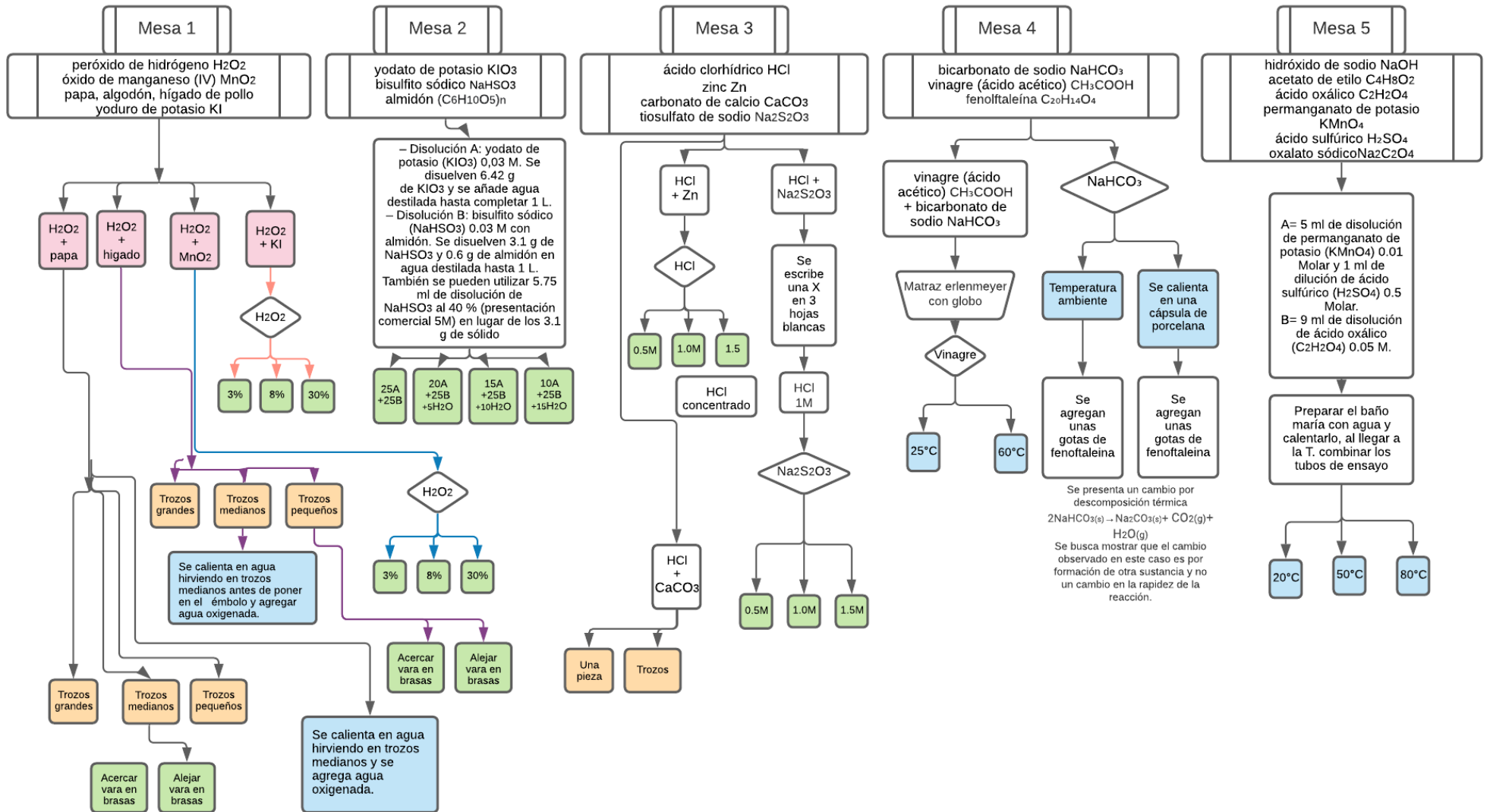
Los manuales de laboratorio o artículos de investigación que sirven como referencia a las actividades experimentales planteadas se enlistan a continuación:

- Aguilar M., Fernández M., Durán C. (2011). Experiencias curiosas para enseñar química en el aula. *Educación Química EduQ, número 8*, 23-24. DOI: 10.2436/20.2003.02.59
- Aguilar M., Fernández M., Durán C. (2011). Química recreativa con agua oxigenada. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias. Núm. Extraordinario*, 446–453.
- Área de Ciencias Experimentales. (Colección 2014-1). *Estrategias experimentales para el Bachillerato Química III y IV*. Paquete didáctico. Colegio de Ciencias y Humanidades. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Departamento de Ciencias Químicas. (2013). Cinética química aplicando los principios de la química verde. *Actividades experimentales para química industrial*. Sección de fisicoquímica Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Universidad Nacional Autónoma de México.

- Departamento de Preparatoria Agrícola. (2019). *Manual de prácticas de laboratorio Química III*. Comisión de Química III. Área de Química. Universidad Autónoma Chapingo.
- Garde J., Uriz F., *Prácticas de química para educación secundaria*. Recursos didácticos. Gobierno de Navarra. Departamento de Educación y Cultura.

A partir de esta revisión bibliográfica se plantean inicialmente 14 actividades experimentales que se dividen en 5 mesas de laboratorio y de las que, en algunos casos, se desprenden distintas experiencias al modificar variables. Posteriormente se reducen a 11 actividades experimentales eliminando 3 opciones por no ser adecuadas para el formato audiovisual ya que la reacción es imperceptible a la vista. En la Figura 7 se despliegan las actividades experimentales seleccionadas y las ramificaciones consecuentes con la modificación de variables.

Figura 7. Diagrama de flujo de experimentos.



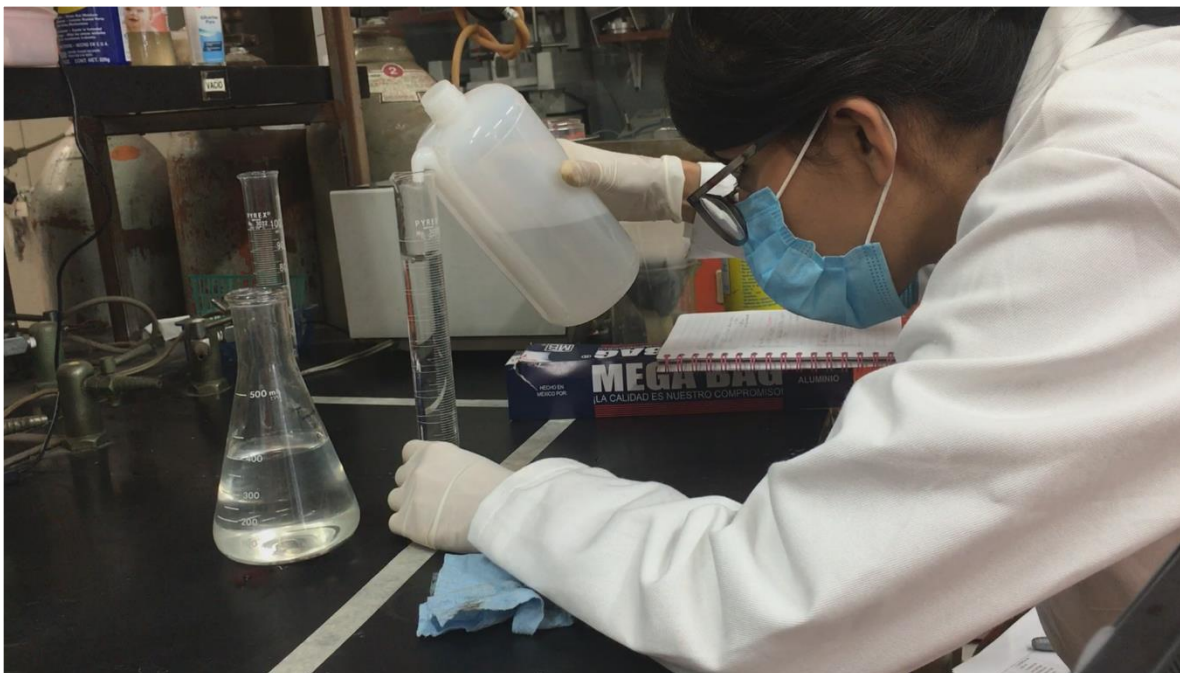
Simbología=

- Material (rectángulo)
- Reactivo que se modifica (rombo)
- Superficie de contacto (rectángulo naranja)
- Concentración (rectángulo verde)
- Catalizador (rectángulo rosa)
- Temperatura (rectángulo azul)

Nota. Diagrama de elaboración propia, flujo de experimentos.

Posteriormente se realizaron los experimentos en el laboratorio 204, a cargo del Doctor Carlos Antonio Rius Alonso, en el departamento de Química Orgánica, posgrado del edificio B, en la Facultad de Química de la UNAM los días 19, 20, 26 y 27 de agosto 2021 como se observa en la Figura 8.

Figura 8. Grabación de experimentos en el laboratorio 204 de química orgánica.



Nota. En la imagen se observa la preparación de reactivos para la experimentación.

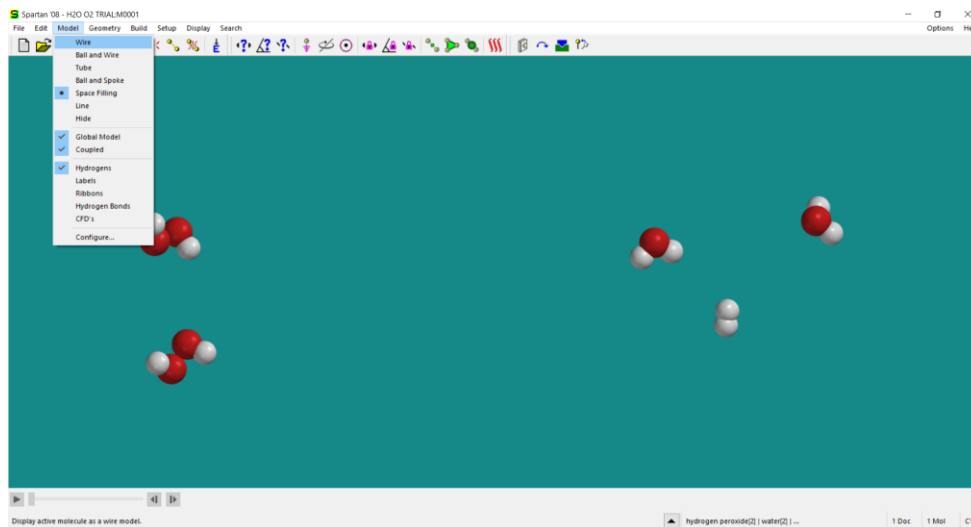
Se grabaron los experimentos en dos tomas, una superior y otra lateral, con iluminación LED y utilizando las cámaras de dos equipos celulares.

A continuación, se realizó la edición básica de los 176 archivos de video obtenidos, lo que consistió en eliminar cortes, eliminar el audio, colocar las secuencias de forma cronológica y combinar las dos tomas disponibles. Posteriormente se realizó una edición intermedia; se agregaron letreros, cortinillas de entrada y de salida, ecuaciones químicas de las reacciones y efectos de sonido para los experimentos.

Todo proceso de edición de video se realizó en el editor de video *Filmora X*, desarrollado por Wondershare Technology Co.

Para las simulaciones que atienden el nivel nanoscópico se consideraron inicialmente dos programas de modelado molecular. En primer lugar, *HyperChem*, un software de modelado molecular químico desarrollado por *Hypercube Inc.* En segundo lugar, *Spartan* una aplicación de modelado molecular y química computacional desarrollado por *Wavefunction Inc.* Después de aprender lo básico de los dos programas se eligió *Spartan* en su octava edición, para continuar el trabajo, debido a que su kit de modelado de moléculas orgánicas, inorgánicas, péptidos, nucleótidos y sustituyentes resultó suficiente para las reacciones que se llevaron a cabo en los experimentos, además de tener distintas opciones de visualización de las moléculas y de presentar una interfaz agradable al usuario, la cual se puede observar en la Figura 9.

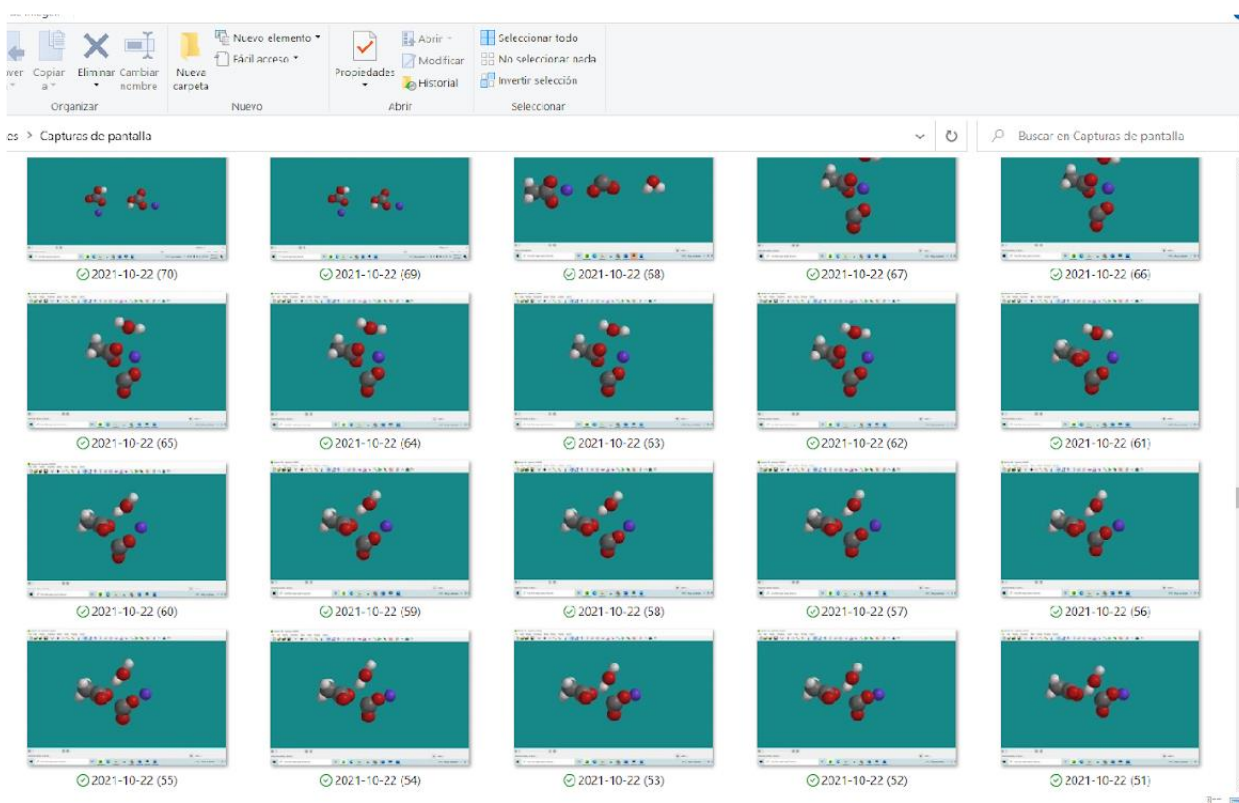
Figura 9. Interfaz del programa de modelado molecular "Spartan"



Nota. Captura de pantalla del programa *Spartan* de modelado molecular. Se observa el tipo de representación molecular y el menú de los modelos, además de 2 moléculas de peróxido de hidrógeno del lado izquierdo y dos de agua y una molécula de oxígeno diatómico de lado derecho.

Las simulaciones de las reacciones químicas se realizaron utilizando las moléculas generadas con el programa *Spartan* en combinación con la técnica *stop motion* una técnica de animación que Luengo (2012) señala, consiste en aparentar el movimiento de objetos estáticos por medio de una serie de imágenes fijas sucesivas. Esta técnica se realizó utilizando capturas de pantalla de las moléculas cuadro por cuadro, como se puede observar en la Figura 10, para representar su acercamiento, colisión y posteriormente la formación de los productos. La animación final se realizó con la aplicación para Windows 10 *Zoetrope* desarrollada por Michael S. Scherotter.

Figura 10. Moléculas cuadro por cuadro para la técnica *stop motion*.



Nota. Captura de pantalla de las moléculas siendo movidas ligeramente cuadro por cuadro para simular el movimiento con la técnica de *Stop motion*.

La etapa final de edición consistió en agregar las simulaciones, el acompañamiento de voz en cada uno de los videos, la música de fondo e instrucciones para los estudiantes en relación con la hoja de trabajo.

De forma paralela, se trabajó en el desarrollo de la página web la cual se creó utilizando la plataforma de creación de páginas web y tiendas en línea de nombre Jimdo la cual cuenta con un propio sistema de gestión de contenido que funciona como un editor. Esta plataforma permite crear y personalizar en línea páginas web utilizando la tecnología WYSIWYG (*What you see is what you get* en español “lo que ves es lo que obtienes”), la cual permite al desarrollador ver el resultado final mientras se crea la interfaz o el propio documento.

Las páginas web creadas con esta herramienta son alojadas en los servidores de la empresa y la dirección URL de los sitios son un subdominio de jimdo.com; el nombre de la página web específica del proyecto es <https://experienciainteractiva.jimdofree.com/>.

La interfaz de Jimdo está basada en un sistema de módulos que se pueden añadir, desplazar y eliminar de forma flexible. De esta manera se pueden insertar textos, imágenes propias o de plataformas externas como *Flickr*, videos de *YouTube*, widgets y otros elementos. Esta característica permite agregar los videos desde una carpeta de drive en la que están almacenados, personalizar los textos disponibles y agregar ventanas para descargar hojas de trabajo, documentos para docentes, enlaces a las evaluaciones, y sección de dudas y comentarios que se reciben por correo electrónico.

Se diseñaron imágenes con los reactivos disponibles para cada mesa y se realizó la redacción de un texto de presentación que invite a los estudiantes a acceder a los experimentos de esa mesa o sección.

Por último, se añadieron dos personajes que representan a alumnos del nivel medio superior: “Gaby” y “Mateo”. Su función es invitar a los estudiantes a cada video disponible dentro de la mesa,

realizar una pregunta clave o contextualizar la información del video. El diseño e ilustración de los personajes fue realizado por la licenciada en diseño industrial Daniela Fernández Martínez.

2.2.2 Descripción del Material Didáctico

2.2.2.1 Página Web.

Se puede acceder al recurso en el siguiente enlace: <https://experienciainteractiva.jimdofree.com/>

El título de la página web es *Fastlab: Experimentos de rapidez de reacción*. En la ventana principal, el primer texto refiere “¿Cómo usar este recurso didáctico?”. Al dar clic se reproduce un tutorial para el uso de la página web (Figura 11).

Figura 11. Acceso al tutorial para el uso del material didáctico



Nota. Captura de pantalla de la página de inicio del recurso didáctico. <https://experienciainteractiva.jimdofree.com/>

Al bajar en esta misma ventana principal, encontramos las mesas de laboratorio y las opciones de experimentos disponibles en cada una de ellas. Al colocar el cursor sobre la siguiente pestaña (Figura 12) se despliegan las mesas en forma de lista con los reactivos principales en cada caso.

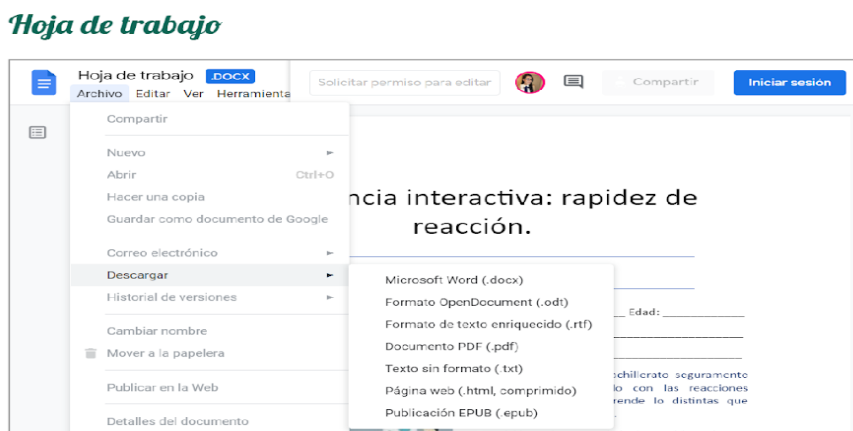
Figura 12. Mesas en forma de lista.



Nota. Captura de pantalla del menú “mesas” del recurso didáctico.

Al dar clic en esta pestaña, se despliega una ventana con las mesas. El objetivo es facilitar la búsqueda en caso de que el docente haya solicitado a los alumnos ver experimentos específicos. En la siguiente ventana (Figura 13) se encuentra la hoja de trabajo, la cual se puede descargar en diversos formatos.

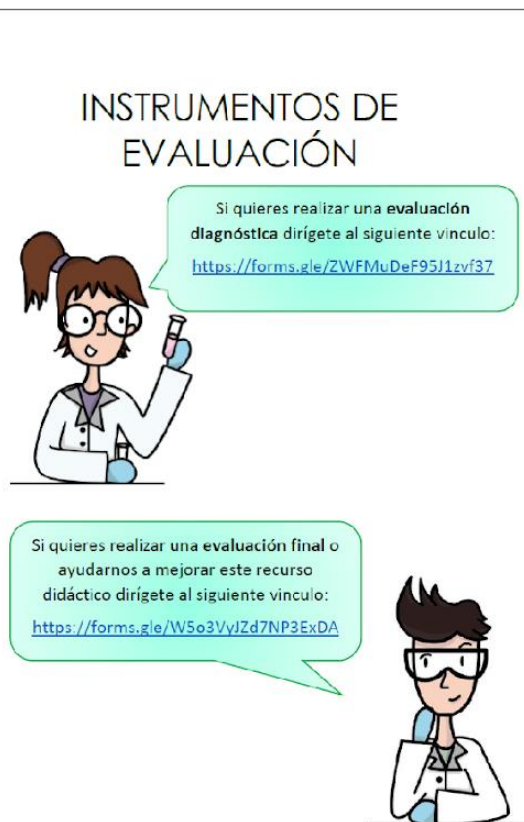
Figura 13. Ventana para descargar hoja de trabajo



Nota. Captura de pantalla de la ventana secundaria “Hoja de trabajo” <https://experienciainteractiva.iimdofree.com/hoja-de-trabajo/>

En la siguiente ventana (Figura 14) se encuentran los personajes Gaby y Mateo con nubes de diálogo y enlaces a dos cuestionarios de *Google Forms*; el primero corresponde a la evaluación diagnóstica y el segundo a la evaluación final. Por la naturaleza del recurso didáctico, la evaluación formativa recae en el docente a cargo, sin embargo, se recomienda utilizar la hoja de trabajo como guía.

Figura 14. Instrumentos de evaluación



Nota. Captura de pantalla de la ventana secundaria "Instrumento de evaluación" <https://experienciainteractiva.iimdofree.com/instrumento-de-evaluaci%C3%B3n/>

En la ventana que dice "Docentes", que se presenta en la Figura 15, se encuentran tres documentos. El primero es el "Manual de usuario". El segundo es el "Manual de laboratorio" que contiene los experimentos que se encuentran en los videos, a modo de práctica de laboratorio; en ese documento también se encuentran los reactivos y materiales utilizados, el procedimiento sugerido y algunas consideraciones de seguridad. El tercer documento es una presentación de PowerPoint que se propone

para que el docente pueda dirigir la socialización de los aprendizajes con el grupo, utilizada en esta investigación y que se presenta en la sección de Anexos (Anexo 3).

Figura 15. Ventana de recursos para docentes.

Fastlab:
Experimentos de rapidez de reacción

Inicio Mesas Hoja de trabajo Instrumento de evaluación **Docentes** Contacto

Recursos para el docente

Manual de uso del recurso didáctico

En este documento encontrarás los objetivos didácticos, cognitivos, procedimentales y actitudinales del recurso didáctico, así como los conceptos abordados, el tiempo de duración de cada material audiovisual y datos adicionales que pueden servir para el diseño de una secuencia pedagógica que incluya el uso de este material. Este documento también contiene orientación sobre el uso de la presente página web.

Manual de laboratorio

¿Te gustaría realizar alguno de los experimentos de este recurso didáctico con tus alumnos?

Enriquece tus experiencias presenciales con este recurso didáctico virtual.

En este documento encontrarás los reactivos y materiales utilizados, el procedimiento sugerido y algunas consideraciones de seguridad.

Recurso didáctico
FASTLAB: EXPERIMENTOS DE RAPIDEZ DE REACCIÓN.

Manual de experiencias prácticas presentadas en los videos del recurso didáctico
Fastlab Experimentos de rapidez de reacción

Mesa	#	Reactivos e Materiales	Reacción	Procedimiento	Consideraciones de seguridad
Mesa 1	1	HCl y agua	Cloruro	En toda experiencia de laboratorio se debe utilizar el material de protección personal.	Evitar el contacto con los ojos y la piel.
Reacción de la mesa	2	HCl y agua	$HCl(aq) + H_2O(l) \rightarrow H_3O^+(aq) + Cl^-(aq)$	La Próbata graduada. Superficie de contacto: 2 probetas graduadas de 200 ml, se agrega la misma cantidad (cantidad en gramos) de agua, en un frasco grande (recipiente neutro).	Evitar el contacto con los ojos y la piel.

Nota. Captura de pantalla de la ventana secundaria "Docentes" <https://experienciainteractiva.iimdofree.com/docentes/>

En la ventana final se despliega un espacio para que los usuarios de la página web puedan escribir comentarios, los cuales serán enviados de forma automática al correo electrónico seleccionado para dicho fin. Como único requisito se pide su nombre, correo electrónico y algún carácter en el cuadro de mensaje.

La información descrita sobre la página web en este apartado se puede encontrar a modo de Manual de uso en el Anexo 1 con título "Guía de uso del material didáctico".

2.2.2.2 Mesas de Laboratorio.

En la Tabla 4 se muestran las imágenes representativas de cada mesa y el texto que las acompaña.

La función de cada narración es brindar al alumno información sobre los reactivos utilizados, ayudarle a contextualizar los experimentos o bien invitarlo a trabajar en esa sección.

Tabla 4. Textos de invitación a las actividades experimentales por mesa

MESA 1	
<p>Quando nos lastimamos y queremos desinfectar la herida o nos aclaramos el cabello, utilizamos agua oxigenada (peróxido de hidrógeno). Mientras que en el primer proceso se da el contacto directo con la piel, en el segundo tenemos que utilizar guantes para evitarlo. ¿Qué diferencia hay entre las dos presentaciones de esta sustancia? ¿Por qué burbujea el agua oxigenada? ¡Explora los experimentos de esta mesa!</p>	 <p>Peróxido de hidrógeno</p> <p>Hígado de pollo</p> <p>Yoduro de potasio</p> <p>Óxido de manganeso</p> <p>Papa</p>
<p>Todo aquello que podemos observar a simple vista, o bien, a través de instrumentos como la lupa y el microscopio se encuentra en el nivel macroscópico. Aquí, la química puede darnos experiencias muy parecidas a la magia, pero ¿qué estará ocurriendo con los átomos, moléculas, iones, electrones, etcétera, es decir, en el nivel nanoscópico...? ¡Explora el experimento de esta mesa!</p>	 <p>Bisulfito sódico</p> <p>Yodato de potasio</p> <p>Almidón</p>
MESA 3	

De lo incoloro a lo colorido, burbujeo repentino y aparición de sustancias que antes no estaban ahí. Las reacciones químicas son la transformación de una o más sustancias (reactivos) en otra u otras (productos), mediante la ruptura y formación de enlaces químicos. Estas se presentan de muchas maneras distintas. ¡Explora los experimentos de esta mesa!



MESA 4

Los alimentos duran más en el refrigerador y se cocinan más rápido cuando el horno está más caliente. Desde incendios repentinos en días calurosos hasta animales extintos que se conservan congelados miles de años. ¡Explora los experimentos de esta mesa y descubre como un factor tan sencillo resuelve los más grandes misterios!



MESA 5

La industria química es un factor clave en el desarrollo y economía de los países y, en esta industria, pocas cosas son tan importantes como el tiempo y energía requeridos. Por esto, es muy importante buscar sustancias que reduzcan estos factores creando rutas alternativas para romper y formar nuevos enlaces entre átomos... y, ¿en qué se ocupa la energía que se le suministra a las reacciones químicas? ¡Explora el experimento de esta mesa!



2.2.2.3 Videos de las Actividades Experimentales.

En esta sección se describen las actividades experimentales disponibles en cada mesa (nivel macroscópico), las ecuaciones químicas (nivel simbólico) y los modelos moleculares y simulaciones de las reacciones químicas que los acompañan (nivel nanoscópico). Aunado a lo anterior, se describen los conceptos principales que se abordan en los videos y el, o los factores, que modifican la rapidez de reacción en cada experimento.

Es importante recalcar que, retomando su carácter constructivista, el material didáctico tiene como objetivo que el alumno realice su propia construcción de los conceptos con base en: a) la información que se presenta, b) lo que puede observar en los experimentos, c) la organización de sus observaciones en la hoja de trabajo y d) la posterior socialización de la información con sus pares y el docente. Estos conceptos no se definen textualmente, solamente se mencionan en el contexto del video.

La información de cada video es complementaria y con distintos niveles de profundidad.

Mesa 1.

En la mesa 1 se despliegan 4 botones con 4 posibilidades de reactivos: papa, hígado de pollo, óxido de manganeso y yoduro de potasio, los cuales se utilizarán como catalizadores del peróxido de hidrógeno. En estos videos la reacción química que se estudia es $2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$.

El primer botón “papa” abre una ventana que contiene 3 videos donde los experimentos se realizan con agua oxigenada y papa (Figura 15). El primero de estos se enfoca en la superficie de contacto como factor que modifica la rapidez de reacción. Se nombra por primera vez el concepto de enzima al mencionar la presencia de la catalasa. El segundo video se enfoca en el factor de la concentración; se describe la catalasa como una enzima que disminuye la energía requerida para llevar a cabo la reacción. En el tercer y último video en que se utiliza la papa el factor es el catalizador. Se señala que todas las

enzimas son proteínas; se provoca una desnaturalización térmica de la catalasa para mostrar que, en ausencia de ésta, la reacción no se lleva a cabo con una rapidez perceptible a simple vista.

Figura 16. Experimentos mesa 1, papa



Nota. Capturas de pantalla de los videos del reactivo "papa" en la mesa 1.

El segundo botón "hígado" abre una ventana que contiene 3 videos en los que los experimentos se realizan con agua oxigenada e hígado de pollo (Figura 16). El primero de estos se enfoca en la superficie de contacto como factor que modifica la rapidez de reacción. Nuevamente, se menciona desde el comienzo la enzima catalasa y su función como catalizador de la reacción, además, se aclara que la reacción podría ocurrir sin su presencia, únicamente se requeriría más tiempo.

En el segundo video se señala que la enzima catalasa también es llamada peróxido de hidrógeno oxidoreductasa, la cual tiene presencia en el cuerpo humano, especialmente en el hígado y los riñones, y que su función es descomponer el peróxido de hidrógeno generado durante el metabolismo celular; esto permite al alumno contextualizar la información. Este video retoma los factores de concentración y catalizador, el primero de estos, en una reacción secundaria, la combustión del oxígeno, lo que además permite al alumno visualizar un producto de otro modo invisible de la reacción. Adicionalmente, se hace hincapié en que el catalizador no forma parte de los reactivos o de los productos de una reacción.

En el tercer y último video en que se utiliza el hígado, el factor es el catalizador que, como en el caso de la papa, se elimina al provocar una desnaturalización térmica de la catalasa. Las proteínas se

desnaturalizan cuando pierden su estructura tridimensional y así el característico plegamiento de su estructura (Badui, 2006).

Figura 17. Experimentos mesa 1, hígado

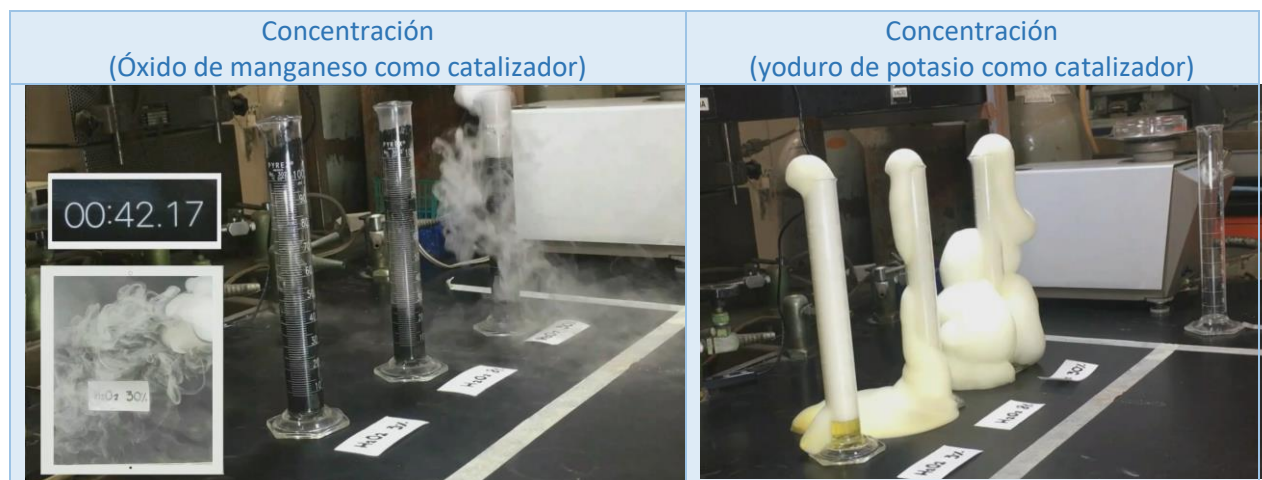


Nota. Captura de pantalla videos experimentos mesa 1.

El tercer botón “Óxido de manganeso” abre una ventana con un único experimento en el que el catalizador de la reacción de descomposición del agua oxigenada es el óxido de manganeso. El factor que modifica la rapidez de reacción en este experimento es la concentración del agua oxigenada que es de 3%, 8% y 30% respectivamente en cada probeta (Figura 17, izquierda).

El cuarto botón “Yoduro de potasio” abre una ventana en la que el yoduro de potasio es el catalizador de la reacción. Este experimento se conoce popularmente como “pasta de dientes de elefante” por la espuma que se libera y que se acomoda de forma semejante a la pasta de dientes que sale de un tubo (Figura 17, derecha). La variable del experimento es nuevamente la concentración utilizando agua oxigenada con 3%, 8% y 30% de concentración.

Figura 18. Experimentos mesa 1, óxido de manganeso y yoduro de potasio



Nota. Capturas de pantalla de los videos del reactivo "óxido de manganeso" en la mesa 1.

Mesa 2.

En la mesa 2 se encuentra el botón "yodato de potasio" que abre una ventana al experimento conocido como reloj de yodo. En este experimento se utiliza yodato de potasio (KIO_3), bisulfito sódico (NaHSO_3) y harina de almidón de maíz (coloquialmente conocida como maicena) y se estudia una reacción que ocurre en dos etapas.

En la primera etapa los iones hidrosulfito (HSO_3^-) reducen los iones yodato (IO_3^-) a iones yoduro (I^-) según la reacción: $\text{IO}_3^-(\text{aq}) + 3 \text{HSO}_3^-(\text{aq}) \rightarrow \text{I}^-(\text{aq}) + 3 \text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) + 3 \text{H}^+(\text{aq})$

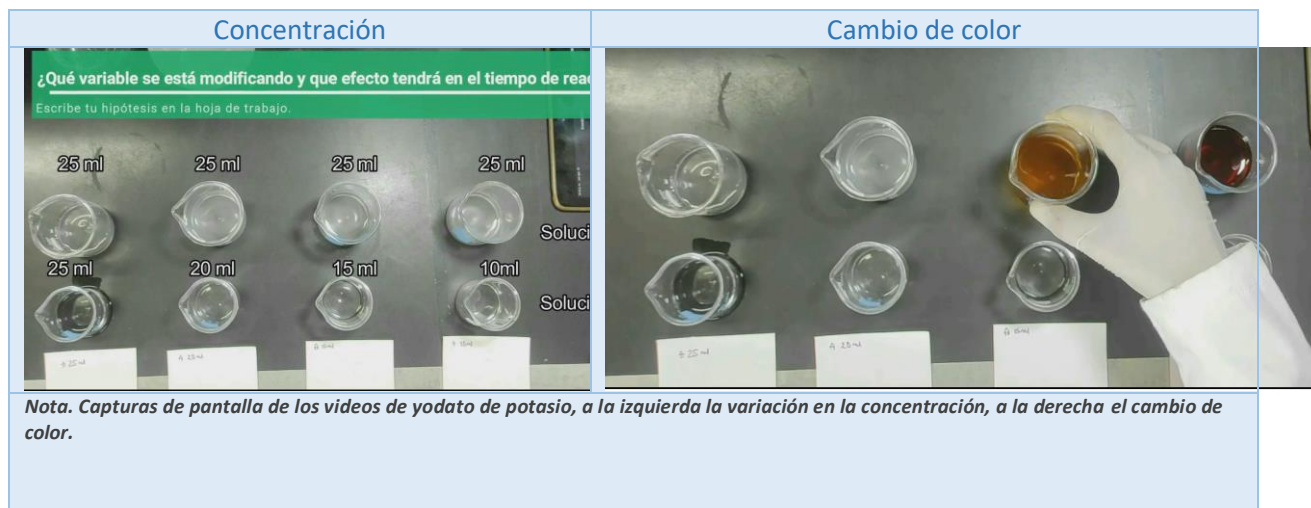
En la segunda etapa los iones yoduro producidos en la etapa primera reaccionan con los iones yodato en exceso produciendo yodo (I_2): $5\text{I}^-(\text{aq}) + \text{IO}_3^-(\text{aq}) + 6\text{H}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{I}_2(\text{aq}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{l})$.

Esta segunda etapa es muy rápida y el I_2 producido reacciona con el almidón para producir un complejo almidón pentayoduro que presenta un color azul oscuro casi negro (Aguilar y Durán, 2011).

En este video se incluye la preparación de las disoluciones y se estudia el factor de la concentración al utilizar cuatro muestras, cada una con una mayor cantidad de la disolución de yodato de potasio, y medir el tiempo en el que ocurre un cambio de color al combinarse con la disolución de bisulfito

sódico y almidón (Figura 18). En este experimento se ofrece el primer acercamiento a la teoría de colisiones al mencionar que, para que ocurra la reacción, es necesario que las partículas colisionen entre sí con un mínimo de energía (energía de activación) y en la orientación adecuada.

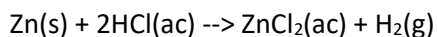
Figura 19. Experimento mesa 2, yodato de potasio



Mesa 3.

En la mesa 3 se despliegan tres botones con los siguientes posibles reactivos: zinc, carbonato de calcio y tiosulfato de sodio (Figura 19).

El primer botón “zinc” muestra una ventana en la que el personaje Mateo ayuda al alumno a identificar un contexto en el cual está presente el reactivo del experimento con el siguiente diálogo: “el zinc es necesario para el sistema inmunológico, la cicatrización de las heridas, la coagulación de la sangre y mucho más... ¡Incluso para hacer experimentos en el laboratorio!”. En este video se estudia la reacción:



Y el factor que modifica la rapidez de reacción es la concentración, lo cual se demuestra al utilizar ácido clorhídrico 0.5M, 1M, 1.5M y ácido clorhídrico concentrado (12 M) respectivamente en cada uno de los vasos de precipitados.

En este video nuevamente se utiliza la teoría de colisiones para explicar por qué ocurre la reacción y se presenta al alumno la interrogante de qué efecto considera que tendrá aumentar la cantidad de partículas de ácido clorhídrico, es decir, aumentar la concentración, y su efecto en la probabilidad de que colisionen con los átomos de zinc.

El segundo botón “carbonato de calcio” abre una ventana en la que Gaby comunica al alumno que en este experimento se realiza una reacción ácido-base o neutralización y describe que el CaCO_3 es una base y el HCl un ácido.

Se utilizan dos muestras de carbonato de calcio; en el primer vaso de precipitados se coloca un trozo pequeño y en el segundo varias partículas más pequeñas con el objetivo de ejemplificar el efecto de la superficie de contacto en la reacción: $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$.

En este video, además de utilizar la teoría de colisiones para explicar la reacción química, se utiliza por primera vez el término de choques efectivos. En la parte final, al colocar la muestra de carbonato de calcio en un vaso de precipitados con ácido clorhídrico concentrado (12 M) se agrega al experimento la variable de concentración, con la instrucción previa para que el alumno escriba su hipótesis ante este cambio en la hoja de trabajo.

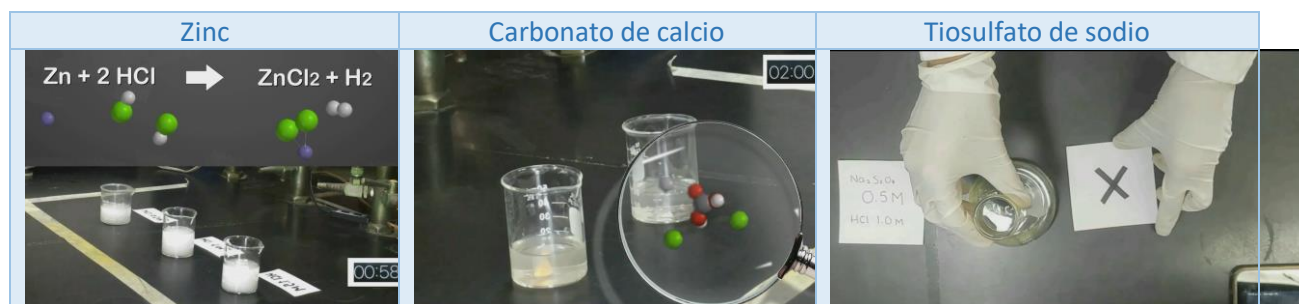
En este caso, se define la concentración molar o molaridad como una medida de la concentración de soluto en una disolución que indica la cantidad de mol presente de soluto por cada litro de disolución. Se enuncia que un mol equivale a 602,200 trillones de átomos, moléculas, iones o cualquier otra partícula, o bien 6.022×10^{23} moléculas de ácido clorhídrico en este caso.

Nuevamente, se le solicita al alumno escribir en la hoja de trabajo una hipótesis del efecto que considera tendría aumentar el número de partículas en los choques necesarios para que ocurra la reacción.

El tercer botón “tiosulfato de sodio” abre una ventana con el experimento que corresponde a la reacción: $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 (\text{aq}) + 2 \text{HCl} (\text{aq}) \rightarrow 2\text{NaCl} (\text{aq}) + \text{H}_2\text{O} (\text{l}) + \text{S} (\downarrow) + \text{SO}_2 (\text{g})$

En este experimento se hace reaccionar 15 ml de tiosulfato de sodio, 0.5M, 1M y 1.5M respectivamente, con 5ml de ácido clorhídrico 1M. En cada caso, se coloca debajo del matraz un papel blanco con una “x” dibujada de color negro. Se le solicita al alumno que escriba en su hoja de trabajo la concentración del tiosulfato de sodio junto con el tiempo en el que ya no le es posible ver la “x” que se encuentra debajo del matraz; este cambio de color facilita determinar el tiempo en el que ocurre la reacción. En la segunda parte de este video se habla del número de partículas presentes en la disolución y el efecto que esto tiene en la concentración; por su parte, se aborda por primera vez el concepto de ecuación química, forma resumida de expresar, mediante símbolos y fórmulas, lo que ocurre en una reacción química que, además, indica las proporciones de las moléculas de reactivos y productos.

Figura 20. Experimentos de la mesa 3



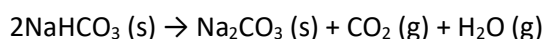
Nota. Capturas de pantalla de los videos pertenecientes a la mesa 3.

Mesa 4.

En la mesa 4 se despliegan dos botones, vinagre y fenolftaleína, en ambos experimentos se utiliza bicarbonato de sodio.

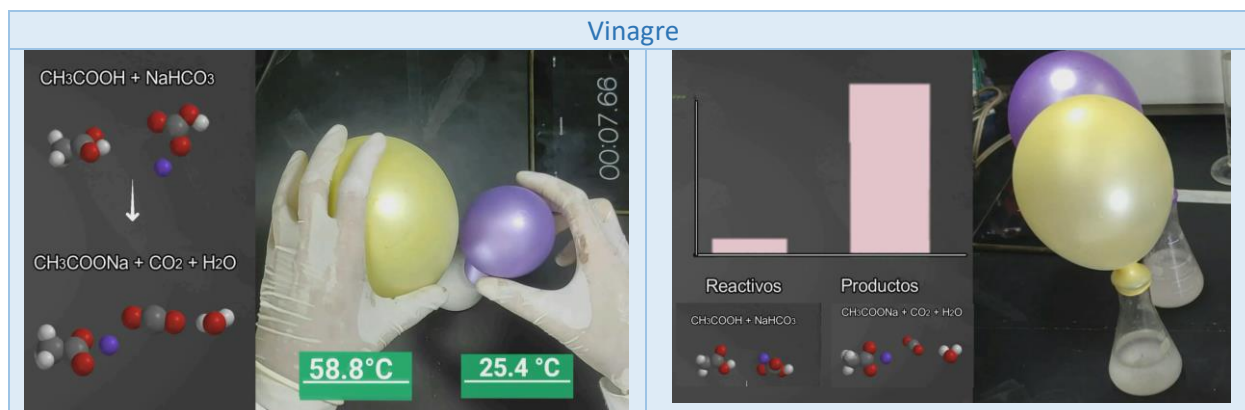
El primer botón “vinagre” dirige al usuario a una ventana en la que el experimento se puede realizar con elementos que todos tenemos en el hogar: bicarbonato de sodio, globos y vinagre que, de acuerdo con la etiqueta, contiene del 3% al 5% de ácido acético.

Se estudia la reacción de descomposición del bicarbonato de sodio:



El factor que modifica la rapidez de reacción, en este caso, es la temperatura; se hace evidente al calentar el vinagre que se utiliza en uno de los matraces, mientras que en el otro se utiliza a temperatura ambiente. Para hacer más visible el aumento de la concentración de uno de los productos (el dióxido de carbono) se coloca el bicarbonato de sodio en cantidades iguales en dos globos que se acomodan en la boca de los matraces y posteriormente se vierten al mismo tiempo permitiendo que los globos atrapen el producto de la reacción. El resultado es que uno de los globos se infla en menos tiempo que el otro, como se observa en la Figura 20 (bastante llamativo a la vista).

Figura 21. Experimento con vinagre, mesa 4



Nota. Capturas de pantalla del primer video de la mesa 4.

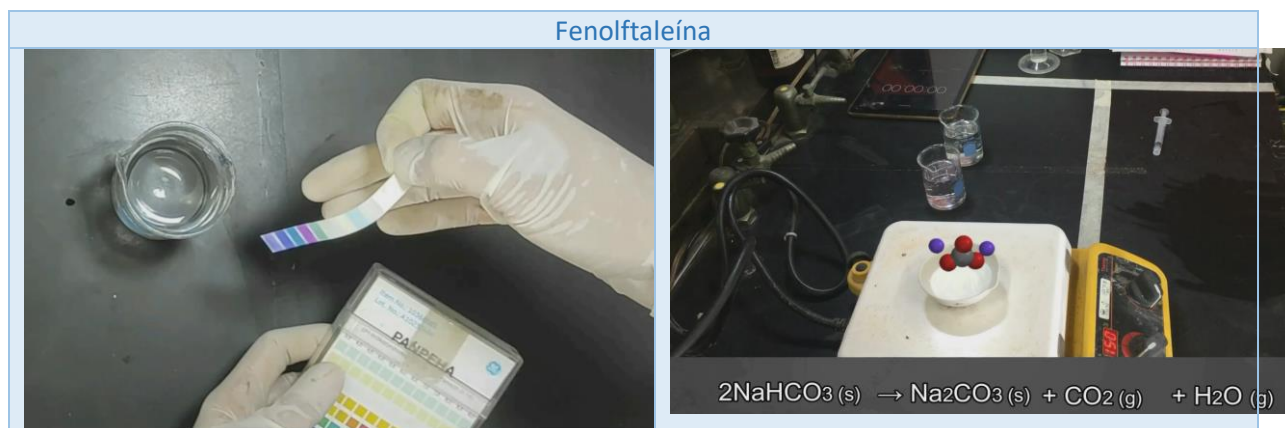
El segundo botón “fenolftaleína” dirige al usuario a un experimento en el que una muestra de bicarbonato de sodio se disuelve en agua destilada, se mide el pH de la disolución con tiras medidoras y se agregan unas gotas de fenolftaleína, pero esta solución no es lo suficientemente alcalina para producir un vire.

Posteriormente, se calienta el bicarbonato de sodio en una parrilla de calentamiento para repetir la disolución, la medición del pH y la prueba con las gotas de fenolftaleína que, en esta ocasión, sí producen el vire (Figura 21).

Como describe la doctora Svenja Lohner (2017), el bicarbonato de sodio NaHCO_3 es una sustancia química que puede sufrir una reacción de descomposición al ser calentada. A temperaturas superiores a 80° Celsius, el bicarbonato de sodio comienza a descomponerse en 3 compuestos: carbonato de sodio Na_2CO_3 , agua H_2O y dióxido de carbono CO_2 . Entre mayor sea la temperatura, más rápida será su descomposición.

Otra cuestión interesante es que el carbonato de sodio es el único producto que permanecerá en estado sólido, ya que el agua y el dióxido de carbono son gases en las temperaturas alcanzadas —esto quiere decir que se dispersarán en el aire— por lo que otra actividad interesante para el alumno, de forma presencial, es pesar la muestra antes y después del calentamiento.

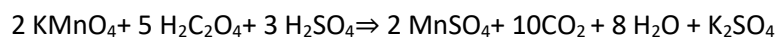
Figura 22. Experimento fenolftaleína, mesa 4



Nota. Capturas de pantalla del segundo video de la mesa 4.

Mesa 5.

En la mesa 5, el botón “ácido oxálico” abre una ventana en la que “Mateo” advierte que no todas las reacciones químicas son rápidas y cuestiona al alumno si alguna vez ha visto un clavo oxidarse, o bien, el cemento fraguar. La reacción que se estudia en este experimento es la siguiente:



El factor que modifica su rapidez es la temperatura. En el primer vaso de precipitados se utilizan los reactivos a temperatura ambiente, y el cambio de color, que indica que ha ocurrido la reacción, requiere alrededor de 35 minutos. En el segundo ejemplo los reactivos se combinan una vez alcanzados los 36.8 °C, y el cambio de color en este caso se comienza a percibir alrededor del minuto 8. Finalmente, la última combinación de reactivos se realiza hasta que han alcanzado una temperatura de 47.3 °C produciendo un cambio de color alrededor del minuto 3.

Se utiliza la teoría de colisiones y la energía cinética para explicar el aumento en la probabilidad de colisiones efectivas.

El video del experimento es acelerado para evitar una duración excesiva provocada únicamente por los tiempos de espera. Para evitar una mala interpretación, persiste en pantalla la presencia de los

cronómetros, además, se informa al alumno mediante un globo de texto y símbolo que el video se ha acelerado.

Es importante recalcar que los videos tienen tiempos de silencio adecuados para permitir que los estudiantes construyan sus propias observaciones y conclusiones de los puntos clave de la experimentación, independientes de las observaciones narradas en el material o de los comentarios que agregará el docente desde su punto de vista de experto.

De acuerdo con Borsese (2000), para evitar que la comunicación sea dialógica se necesita que la calidad de los contenidos propuestos y el nivel de transferencia sean proporcionales a los instrumentos lógicos y cognitivos de los que disponen los estudiantes del curso.

2.2.2.4 Hoja de Trabajo

La hoja de trabajo (Anexo 2) sirve como instrumento guía durante la experiencia del alumno en la página web. Le servirá para plasmar de forma ordenada sus descubrimientos y, así, poderlos compartir con su grupo y con su profesor.

En la sección 1 de la hoja de trabajo, se presenta una tabla para que el alumno escriba información referente a el número de mesa, los reactivos, la descripción del experimento, la reacción química presentada, hipótesis o predicciones y observaciones o dudas.

En la sección 2, se presenta una lista de cambios en las condiciones y se solicita al alumno indicar si esto aumenta o disminuye la rapidez de reacción utilizando las palabras “partículas” y “colisiones” para explicar por qué. Es decir, se propone un ejercicio de argumentación.

Posteriormente, se presentan algunas preguntas clave sobre energía de activación, catalizadores y agitación.

Además, se le solicita al alumno que realice un dibujo en el que represente las moléculas en distintas condiciones tomando en cuenta la teoría de colisiones y retomando los factores que modifican la rapidez de reacción que recuperó de la experiencia interactiva. Es decir, se propone que el alumno realice modelos.

2.3 Institución Sede de la Intervención Didáctica

La Universidad Nacional Autónoma de México ofrece tres sistemas en educación nivel media superior: El Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH), la Escuela Nacional Preparatoria (ENP) y B@UNAM (bachillerato a distancia). El material didáctico se desarrolló principalmente para el CCH, contemplando su programa de estudios y objetivos de aprendizaje, pero se probó también en la ENP con el objetivo de determinar su utilidad y pertinencia en otros sistemas educativos.

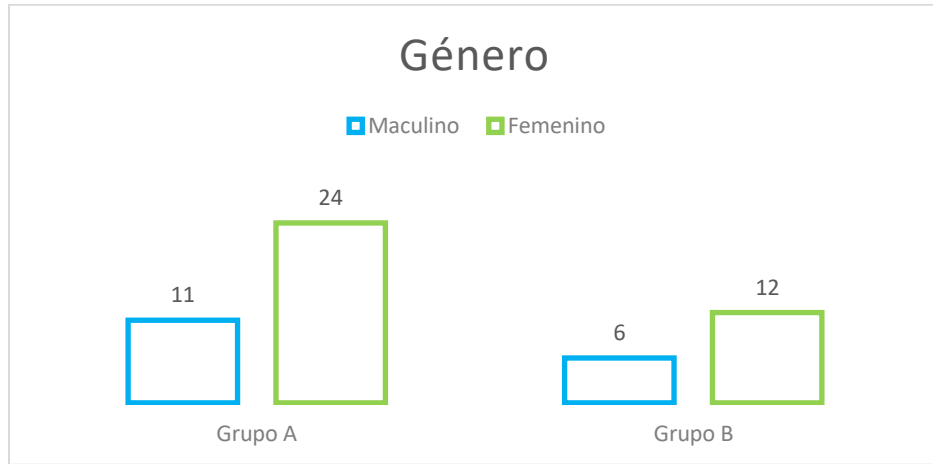
2.4 Descripción de la Población

Se trabajó con una muestra total de 53 alumnos: 18 pertenecen al Colegio de Ciencias y Humanidades, plantel Naucalpan; 12 mujeres y 6 hombres que pertenecen al grupo 13 del Programa de Apoyo al Egreso (PAE) y cursan la materia de química III, y 35 alumnos pertenecen a la Escuela Nacional Preparatoria 5 "José Vasconcelos", 24 mujeres y 11 hombres quienes la materia de química IV que pertenece al Área 2.

El género de esta población se presenta en la Gráfica 1.

Gráfica 1.

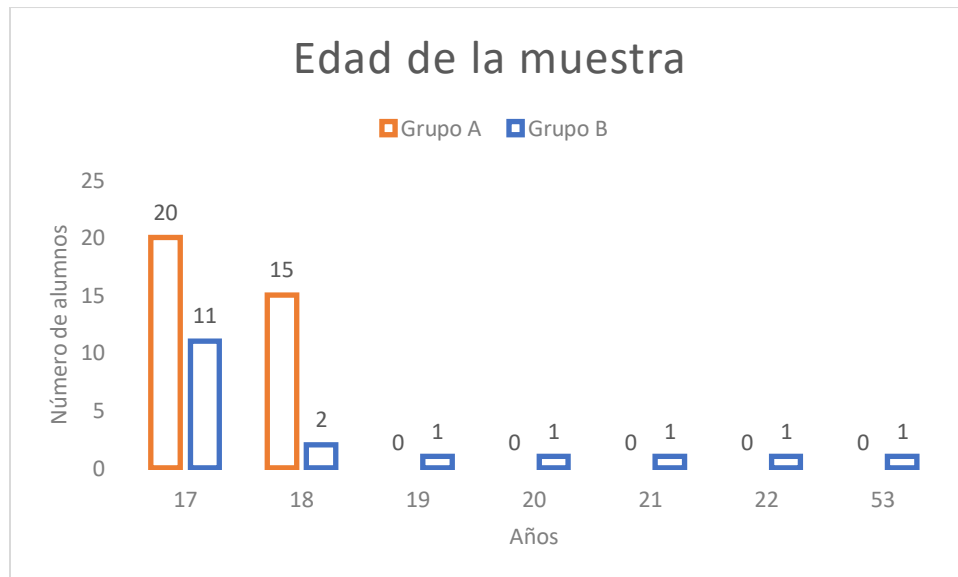
Gráfico de género de la muestra de población



En la Gráfica 2 se presenta el rango de edad de los estudiantes que participaron en la investigación. En el caso de la ENP, todos los estudiantes están en entre 17 y 18 años, pero en el caso de CCH hay, además, estudiantes de 19, 20, 21, 22 y una alumna de 53 años, esto por pertenecer al Programa de Apoyo al Egreso que permite a estudiantes de generaciones anteriores concluir su educación media superior.

Gráfica 2.

Edad de la muestra



2.5 Intervención Didáctica y Aplicación del Material Didáctico

2.5.1 *Secuencia didáctica*

La secuencia didáctica surge de la necesidad por el aprendizaje significativo de la rapidez de reacción en los estudiantes de nivel medio superior, debido a la importancia de este concepto para el alcance de conocimientos posteriores y sus múltiples aplicaciones en la vida cotidiana. Puede agregarse que esta secuencia fue diseñada teniendo en cuenta el objetivo de evaluar el potencial para propiciar aprendizajes significativos del material didáctico objeto de esta tesis, por lo tanto, es un recurso planteado para que cada docente decida la mejor forma de insertarlo dentro de la secuencia didáctica que él o ella propone para cumplir objetivos específicos, teniendo en cuenta el contexto de su grupo.

Se presenta una secuencia didáctica corta con el objetivo de no añadir actividades ni recursos extras al material didáctico que se pretende evaluar, ya que claramente influyen en los aprendizajes. Por consiguiente, se realiza considerando los tiempos disponibles en el plan de estudios de química III del CCH que son ocho horas para los siguientes tres aprendizajes:

Aprendizaje 1. Reconoce las dificultades de rendimiento de la reacción que tuvo en sus inicios la producción de amoníaco y otros productos estratégicos al analizar información y elaborar un proyecto relacionado con la industria de los fertilizantes.

Aprendizaje 2. Comprende que las reacciones se llevan a cabo con diferente rapidez de acuerdo con la naturaleza de los reactivos y las condiciones de reacción al experimentar o analizar información.

Aprendizaje 3. Explica con base en la Teoría de Colisiones, el efecto que tienen la superficie de contacto, el catalizador, la temperatura, la presión y la concentración sobre la rapidez de las reacciones químicas a partir de la elaboración de argumentos.

El material didáctico únicamente se enfoca en los aprendizajes 2 y 3, que de forma proporcional le corresponden 5 horas con 20 min.

SECCIÓN 1. FASE DE APERTURA

Primer acercamiento

Tiempo: 50 min.

Materiales: Se requiere un equipo de cómputo, tableta o celular inteligente y conexión a internet.

Tipo de actividades: En línea, de forma sincrónica.

Objetivos:

Generar interés a través de preguntas generadoras

Reconocer los saberes previos de los estudiantes

Parte 1. Presentación del material.

Tiempo: 30 min.

Se inicia planteando a los estudiantes las siguientes preguntas generadoras:

¿Todas las reacciones son iguales?

¿En qué difieren?

¿Qué factores pueden modificarlas?

¿En qué puedo aplicar estos aprendizajes?

Los estudiantes comparten sus opiniones de estos cuestionamientos utilizando el chat o el micrófono de la herramienta de *zoom*.

En la primera sesión, se dedican 30 minutos de la clase regular a cargo del docente del grupo, para presentar los objetivos y la página web del material didáctico. Se les otorga el enlace a los estudiantes para acceder al recurso y se les muestra la ubicación del video tutorial.

Parte 2. Evaluación diagnóstica.

Tiempo: 20 min.

De forma sincrónica, pero individual, con la presencia del docente únicamente para atender dudas relacionadas con el acceso o redacción de las preguntas, se les brinda a los estudiantes el enlace para acceder a la evaluación diagnóstica, instrumento Pretest, disponible en el Anexo 1, utilizando la herramienta Google Forms.

SECCIÓN 2. FASE DE DESARROLLO

Parte 1. Uso del material didáctico

Tiempo: Depende de cada alumno.

Materiales: Se requiere un equipo de cómputo, tableta o celular inteligente y conexión a internet.

Tipo de actividades: En línea, sincrónica.

Objetivos

Cognitivos

- Que los estudiantes comprendan que las reacciones se llevan a cabo con diferente rapidez de acuerdo con la naturaleza de los reactivos y las condiciones de reacción al analizar información de experimentos.

- Que los estudiantes sean capaces de explicar con base en la Teoría de Colisiones, el efecto que tienen la superficie de contacto, el catalizador, la temperatura y la concentración sobre la rapidez de las reacciones químicas.

Procedimentales

- Que los estudiantes recolecten y organicen información del material audiovisual.
- Que los estudiantes identifiquen las condiciones de experimentación, observen e interpreten los cambios.

Actitudinales

- Que los estudiantes tengan una actitud científica para la formación de conocimiento.
- Que los estudiantes reconozcan el valor del conocimiento científico y su aplicación en su vida

Cada alumno accede al material didáctico disponible en <https://experienciainteractiva.jimdofree.com/> donde en un primer momento observa el video tutorial y descarga la hoja de trabajo, posteriormente cada alumno escoge un mínimo de cuatro reactivos disponibles en 5 mesas de laboratorio, escoge entre: papa, hígado de pollo, óxido de manganeso, yoduro de potasio, yodato de potasio, cinc, carbonato de calcio, tiosulfato de sodio, vinagre, fenolftaleína y ácido oxálico.

Observan los videos de los reactivos elegidos, a la par que utilizan la hoja de trabajo (Anexo 2) para plasmar sus observaciones, que son retomadas más adelante en la sesión de socialización.

Los estudiantes tienen ocho días para realizar la actividad de forma asincrónica.

Parte 2. Sesión de socialización

Tiempo: 2 horas

Materiales: Se requiere un equipo de cómputo o celular inteligente y conexión a internet.

Tipo de actividades: En línea, asincrónica.

Objetivo general: Socialización de los resultados.

Objetivos específicos:

Socializar las observaciones y reflexiones de los estudiantes.

Confrontar o reafirmar de las construcciones realizadas por los estudiantes.

Que los estudiantes propongan analogías para los factores que modifican la rapidez de reacción y su explicación con base en la teoría de colisiones.


Se trabaja en plenaria con una presentación interactiva (Anexo 3).

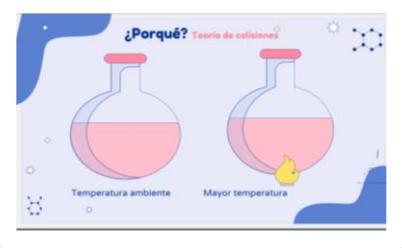
En un primer momento se retoman las preguntas generadoras, únicamente se mencionan al inicio de la actividad para enfocar a los estudiantes al contenido que se tratará en la sesión haciendo énfasis en sus ideas previas.

Parte 1: Preguntas y justificaciones. Tiempo: 90 min.

La sesión de socialización se caracteriza por plantear preguntas a los estudiantes con el fin de promover el diálogo, pueden compartir su respuesta **a)** a través de la herramienta de chat **b)** a través de las posibilidades de interacción de cada diapositiva de la presentación interactiva "Pear deck" o **c)** utilizando su micrófono para comunicarse mediante su voz con el grupo. Las preguntas realizadas se resumen en la Tabla 5.

Tabla 5. Preguntas planteadas en la sesión de socialización.

#	Pregunta o planteamiento	Modalidades de respuesta
1	¿En qué piensas al escuchar la palabra choque o colisión?	Micrófono o chat
2	¿Qué reactivos elegiste?	Micrófono, chat o dibujar en la diapositiva
3	¿Qué ocurre con los reactivos en una reacción?	Micrófono, chat, cuadro de texto de la diapositiva
4	¿Qué ocurre con los productos en una reacción?	
5	¿Qué SI se conserva en una reacción química?	
6	¿Qué NO se conserva en una reacción química?	
7	¿Cómo le explicarías a un niño qué es la rapidez de reacción?	
8	Completa el texto: De acuerdo con la teoría de colisiones para que una reacción química ocurra, las moléculas deben _____ con suficiente _____ y además _____ para romper enlaces de los reactivos y formar enlaces nuevos en los productos.	Micrófono, chat, cuadro de texto de la diapositiva
9	Se les plantea una analogía con respecto a las colisiones necesarias para que ocurra una reacción química: dos estudiantes de preparatoria, de una película estadounidense caminan distraídos por el pasillo cuando chocan levemente, ambos ríen un poco y continúan su camino. ¿Ocurrió una reacción? ¿Qué hizo falta para que ocurriera una reacción?	Micrófono, chat
10	¿Qué sucede si aumenta la temperatura de los reactivos? (Aparece una escala que del lado izquierdo indica menor rapidez de reacción y del lado derecho mayor rapidez de reacción).	El alumno puede mover un triángulo que aparece en pantalla para indicar que sucede en la escala.
		
11	¿Qué sucede si coloco los matraces de los reactivos en hielo antes de la reacción?	El alumno puede mover un triángulo que aparece en pantalla para indicar que sucede en la escala.
12	¿Por qué? (Teoría de colisiones) Se presentan dos matraces, uno indica tener menor temperatura el otro mayor.	Los estudiantes pueden dibujar sobre la diapositiva o bien mover un cursor en forma de

		círculo, es decir tienen la posibilidad de modelar de forma individual o grupal.
13	<p>Se retoma la analogía inicial, 2 estudiantes de preparatoria caminan tranquilamente por el pasillo, en sentidos opuestos, cuando suena el timbre y comienzan a correr para llegar a tiempo a sus clases. Chocan con la fuerza suficiente para que tiren sus libros y se agachen a recogerlos, al levantar la mirada ocurre el flechazo.</p> <p>Ocurrió una reacción</p> <p>¿Qué factores son distintos con respecto a la situación planteada previamente?</p> <p>¿Cómo se relacionan estos factores con la temperatura?</p> <p>¿Qué otras analogías servirían para explicar este efecto?</p>	Micrófono, chat
14	<p>¿Qué sucede si aumenta la concentración de los reactivos?</p> <p>(Aparece una escala que del lado izquierdo indica menor rapidez de reacción y del lado derecho mayor rapidez de reacción).</p>	El alumno puede mover un triángulo que aparece en pantalla para indicar que sucede en la escala; menor o mayor rapidez de reacción y abrir el micrófono o utilizar el chat para justificar.
15	<p>¿Qué sucede al diluir la disolución de los reactivos? ¿Por qué?</p> <p>(Aparece una escala que del lado izquierdo indica menor rapidez de reacción y del lado derecho mayor rapidez de reacción).</p>	
16	¿Qué sucede si aumenta la superficie de contacto de los reactivos?	
17	¿Qué sucede si agito los matraces de los reactivos? ¿Por qué?	
18	¿Qué sucede con la presión si disminuye el tamaño de los matraces? ¿Por qué?	
19	¿Qué sucede si disminuye el tamaño de los matraces o bien aumenta la presión de los reactivos? ¿Por qué?	
20	¿Qué sucede si añado un catalizador?	
21	¿Qué sucede si añado una enzima?	

Parte 2: Construcción de analogías. Tiempo: 30 min.

En esta sección se invita a los estudiantes a proponer distintas analogías que unifiquen la teoría de colisiones, su efecto en la rapidez de reacción y alguna situación de la vida cotidiana.

Las analogías que los estudiantes propongan son impredecibles y dependerá del docente guiarlos para que sea útil para el aprendizaje del contenido. Como ejemplo se proponen la analogía de conseguir una cita o enamorarse en una película juvenil estadounidense: Chocar con alguien, que se tiren los libros y al levantar la mirada sentir el flechazo, un choque con menor intensidad desencadenaría una disculpa y que ambos siguieran su camino. Este choque hace referencia a que las partículas requieren colisionar con suficiente energía.

Para aumentar las probabilidades de choques efectivos (chocar con la persona correcta y hacer clic) se pueden modificar variables. Por ejemplo, aumentar la cantidad de personas en los pasillos, a mayor concentración, mayor probabilidad de chocar, otra opción es recortar el tiempo que los alumnos tienen para llegar de un salón a otro, si vas corriendo es más probable que choques con la intensidad suficiente, otra variable consiste en evitar que viajes en grupos por los pasillos, apología a aumentar la superficie de contacto. Es poco probable que choques con la persona adecuada si siempre vas rodeado de tus amigos. Se puede reducir el tamaño de los pasillos (reducir el volumen del matraz) o conseguir a un amigo que la haga de cupido (catalizador).

SECCIÓN 3. FASE DE CIERRE

Parte 1. Aplicación de los conocimientos en la solución de problemas

Tiempo: 30 min.

Materiales: Se requiere un equipo de cómputo, tableta o celular inteligente y conexión a internet.

Tipo de actividades: En línea, sincrónica.

Objetivos

Objetivo general

Que los estudiantes utilicen los conocimientos adquiridos sobre los factores que modifican la rapidez de reacción para resolver preguntas o problemas de contextos reales y de importancia para la vida cotidiana, la salud y la industria farmacéutica.

Se plantearon, mediante diapositivas, diversas preguntas planteadas que se presentan en la Tabla 6:

Tabla 6. Planteamientos para la aplicación de los conocimientos.

#	Pregunta o planteamiento
1	<p>En la cocina ocurren muchas reacciones químicas como por ejemplo la reacción de Maillard, la desnaturalización de proteínas, la caramelización, la fermentación etc.</p> <p>Este año se decidió que la cena de año nuevo la prepararía Mariana, pero se le hizo tarde arreglándose y empezó a cocinar más tarde el pavo.</p> <p>¿Qué factores puede modificar para que las reacciones ocurran más rápido?</p>
2	<p>Después de los tamales del 2 de febrero, el tío David tiene una enorme indigestión por comer demasiado, la paciencia no es su fuerte así que pide algún remedio que le haga efecto rápidamente. La tía Vale le ofrece dos antiácidos, uno es un polvo en un sobre y el otro está en tabletas, ambos tienen la misma cantidad de principio activo ¿Cuál debe escoger el tío David para sentirse mejor más rápido?</p>
3	<p>Es de suma importancia respetar el horario de los medicamentos, ya que los fármacos deben administrarse en un intervalo determinado debido al tiempo que persisten en el organismo tras su toma.</p> <p>Si lo tomas antes de la hora indicada no se traduce en un aumento de los efectos beneficiosos, sino que podrían aparecer reacciones adversas. Si lo tomas demasiado tiempo después se corre el riesgo de que, durante el intervalo entre las dosis, los niveles que el fármaco alcanza en la sangre y en los tejidos sean inferiores a aquellos en los que ejerce su efecto beneficioso.</p> <p>¿Con cuál de los factores que modifican la rapidez de reacción tiene que ver con lo anterior?</p>
4	<p>Algunos medicamentos se solubilizan en agua para ingerirse de esa forma, ¿Qué factores del agua podrían influir en la solubilidad del medicamento?</p> <p>¿Podríamos hacer que se solubilice más rápido?</p>
5	<p>Para derrotar la pandemia de COVID-19 es imprescindible llevar a cabo un esfuerzo de vacunación masiva en todo el mundo, pero la logística para conseguirlo es increíblemente compleja. Dos de los factores más complicados son el almacenamiento y el transporte.</p> <p>La distribución de las dosis de vacunas es mucho más complicada que simplemente introducir los viales en cajas y cargarlos en un camión. Desde el momento en que una vacuna sale del fabricante hasta el momento en que se administra a un paciente debe mantenerse en condiciones ideales y muy específicas. Por ejemplo, la vacuna contra la</p>

	COVID-19 de Pfizer debe mantenerse a una temperatura de -70 °C. Por eso, el éxito de las campañas de inmunización a gran escala depende de una cadena de frío fiable: un sistema para almacenar y transportar las vacunas de forma segura a las temperaturas recomendadas. ¿Cómo se relaciona esta información con lo trabajado en los videos? ¿Qué podría ocurrir si se rompen las cadenas de frío?
6	El medicamento “Beano” contiene la enzima Alfa-galactosidasa, se recomienda cuando el cuerpo no la tiene en niveles suficientes de manera natural, esta enzima sirve para digerir los azúcares de los granos, cereales y muchos vegetales y en su ausencia se producen gases ¿Qué factor modifica la rapidez de las reacciones necesarias para la digestión en este ejemplo?
7	¿Por qué consideras que algunos medicamentos o sustancias químicas son guardadas en frascos oscuros?
8	<p>La Anhidrasa carbónica es una enzima que cataliza la reacción $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{CO}_3\text{H}_2$. La reacción se puede inhibir farmacológicamente con productos llamados inhibidores de la anhidrasa carbónica. Participa en la transformación y transporte del dióxido de carbono por la sangre.</p> <p>Los inhibidores de la anhidrasa carbónica como la acetazolamida causan una acidosis metabólica leve y pueden estimular la respiración. Algunos pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) grave desarrollan una insuficiencia respiratoria crónica. En teoría, se pueden beneficiar con el uso de estos fármacos por una reducción en el nivel de dióxido de carbono arterial (PCO_2) y un aumento en el oxígeno arterial (PO_2).</p> <p>¿Qué es la anhidrasa carbónica?</p> <p>¿Qué efecto tendría un inhibidor en el tiempo de una reacción?</p>

Parte 2. Evaluación

Tiempo: 45 min.

Materiales: Se requiere un equipo de cómputo, tableta o celular inteligente y conexión a internet.

Tipo de actividades: En línea, asincrónica.

Objetivo

Evaluar los conocimientos adquiridos por los estudiantes a partir del uso del material didáctico.

Se les otorgó a los estudiantes el enlace a la evaluación final, identificada como instrumento post test a través de Google Forms, el cual contestaron de forma individual y asincrónica. Nuevamente, es importante proveer a los estudiantes de aplicaciones del mundo real en las que influya la rapidez de

reacción, siendo esto una forma poderosa de involucrarlos, por lo que se utilizaron ejercicios relacionados con la preparación y consumo de alimentos que pertenece a un contexto general y problemas sobre salud e industria farmacéutica como contextos especializados. Esta se puede encontrar en el Anexo Evaluación.

En último término se puede observar que los tiempos disponibles en ambos grupos son equivalentes con la diferencia de que en el grupo de CCH la socialización de los aprendizajes se realizó en una sola sesión mientras que en la ENP se realizó en dos, esto para adaptarnos a los horarios normales de trabajo de ambos grupos.

2.5.2 Grupo A

En el periodo comprendido entre el 1 y el 15 de febrero de 2022 se trabajó con el grupo de ENP. Todas las sesiones se realizaron en línea utilizando la plataforma *Zoom*.

En la primera sesión, se tomaron 30 minutos de la clase regular a cargo del docente del grupo para presentar los objetivos y la página web del material didáctico. Se les otorgó el enlace a los estudiantes para poder acceder y se les mostró la ubicación del video tutorial.

De forma sincrónica, únicamente para atender dudas relacionadas con el acceso, se les brindó a los estudiantes el enlace para acceder a la evaluación diagnóstica (instrumento pre-test) utilizando la herramienta *Google Forms*; para ello tuvieron 20 minutos.

Posteriormente, se les dieron indicaciones para las actividades asincrónicas: escoger un mínimo de cuatro reactivos y observar los videos correspondientes utilizando la hoja de trabajo como recurso de apoyo.

Los estudiantes tuvieron 8 días para realizar la actividad asincrónica. Después, se trabajó la segunda sesión sincrónica con el grupo el 9 de febrero de 2022 en un horario de 10:20 a 11:10 am con la presentación interactiva (Anexo 3).

En una tercera sesión sincrónica, el 15 de febrero de 2022, se continuó con la presentación interactiva y la resolución de los problemas de aplicación en un horario de 7:00 a 7:50 am. Por lo tanto, en total se dedicaron 2 horas y 10 minutos aproximadamente a la socialización de los aprendizajes.

Finalmente, se les otorgó a los estudiantes el enlace a la evaluación final, identificada como instrumento post-test a través de *Google Forms*, el cual contestaron de forma individual y asincrónica.

Es importante proveer a los estudiantes de aplicaciones del mundo real en las que influya la rapidez de reacción, siendo esto una forma poderosa de involucrarlos. Se utilizaron ejercicios relacionados con la preparación y consumo de alimentos, los cuales pertenecen a un contexto general, y problemas sobre salud e industria farmacéutica.

Como se puede observar, los tiempos disponibles en ambos grupos son prácticamente equivalentes exceptuando al grupo de CCH, cuya socialización de los aprendizajes se realizó en una sola sesión (mientras que en la ENP se realizó en dos) con el fin de adaptarse a los horarios normales de trabajo de ambos grupos.

2.5.3 Grupo B

En el caso del grupo PAE de Colegio de Ciencias y Humanidades las sesiones fueron los sábados y el horario está propuesto en el rango de 8 a 12 del día.

El grupo utiliza un cuaderno de trabajo PAE de Química III desarrollado por el área de Ciencias Experimentales del Plantel Naucalpan con base en el Programa de Estudios 2016.

En el contexto de su programa de estudios, las aplicaciones de la cinética química son críticas en muchas áreas; en este caso los alumnos están familiarizados con el proceso de Haber y cómo la manipulación de factores puede optimizar rendimientos.

Todas las sesiones se realizaron en línea, utilizando la plataforma *Zoom*.

La intervención didáctica comenzó el sábado 19 de febrero del 2022, fecha en la que los alumnos realizan la evaluación diagnóstica (pre-test) para lo cual se les otorgaron 20 minutos. Esta actividad se realizó dentro del marco del inicio de la Unidad 3 de su programa de estudios que lleva por título: “Control de los procesos industriales en la fabricación de productos estratégicos para el país”, cuyo propósito es que los alumnos comprendan cómo la industria química controla con eficiencia los procesos de elaboración de productos estratégicos, a través del análisis de las actividades químicas industriales y del estudio de los conceptos de rapidez de reacción y equilibrio químico, para reconocer la importancia de los conocimientos químicos (CCH, 2016).

En esta sesión se dieron las instrucciones de las actividades asincrónicas que fueron las siguientes:

La actividad de tarea de esta semana es entrar a la página de un recurso didáctico. Deberás ingresar al recurso didáctico <https://experienciainteractiva.jimdofree.com/>. Una vez ahí, deberás: a) Descargar la hoja de trabajo, b) ver el video tutorial, c) seleccionar un mínimo de 4 reactivos (distintos videos) verlos y utilizar la hoja de trabajo para organizar su información.

Los alumnos tuvieron 8 días para realizar la actividad asincrónica y posteriormente se trabajó la segunda sesión sincrónica con el grupo del sábado 26 de febrero de 2022. En esta sesión se trabajó mediante una presentación interactiva (Anexo 3) para la socialización y aplicación de los aprendizajes en un horario de 8 a 11 am con un descanso intermedio de 20 minutos por lo que, en total, se dedicaron 2 horas y media aproximadamente.

Los atributos estéticos de dicha presentación se realizaron con la plataforma *SlidesGo* y la característica interactiva se habilitó con el complemento *PearDeck* que permite a los alumnos dibujar, contestar en forma de texto, mover elementos específicos y contestar preguntas de opción múltiple de forma inmediata, mientras que al docente le permite compartir con el grupo sus participaciones de forma anónima.

Esta presentación, que se enfoca en el alumno, resulta esencial para el proceso de promover la argumentación y la modelación realizada por los alumnos, e incluso generar modelos de forma grupal, por ejemplo, al posicionarse cada uno como una partícula de un sistema. Además, funge como una guía para retomar la información que plantearon en la Hoja de trabajo y realizar la evaluación formativa.

En la presentación se invita a los alumnos a generar analogías sobre los factores que modifican la rapidez de reacción y su explicación con base en la teoría de colisiones. Se espera que los alumnos propongan diversos ejemplos, para ello se propone una analogía con la forma de conseguir citas en las películas románticas estadounidenses.

Es importante preguntar verbalmente además de solicitar que contesten la hoja de trabajo, ya que, de acuerdo con Dorothy Warren (2021), esto aumenta de forma importante la carga cognitiva, lo que se realiza en la sesión sincrónica de socialización.

Finalmente, se les otorgó a los alumnos el enlace a la evaluación final, identificada como instrumento post-test, a través de *Google Forms*, el cual contestaron de forma individual y asincrónica.

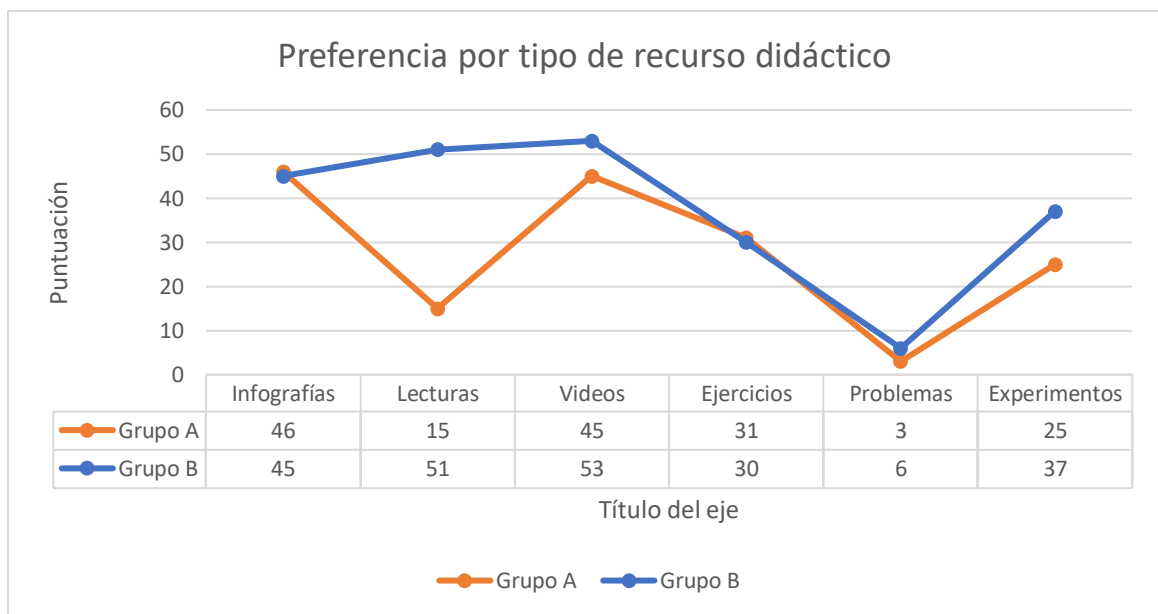
Capítulo 3. Resultados y Análisis de Resultados

3.1 Sobre los Factores Actitudinales

Para comenzar, se solicitó a los participantes evaluar en orden de preferencia distintos tipos de recursos didácticos. Los alumnos del Grupo A dieron preferencia a infografías, videos y ejercicios, en ese orden; por su lado, los alumnos del Grupo B prefieren los videos, seguido de las lecturas y las infografías. Esta información es relevante dado que en ambos grupos existe una actitud favorable para trabajar con material didáctico audiovisual, información que se presenta en la Gráfica 3.

Gráfica 3.

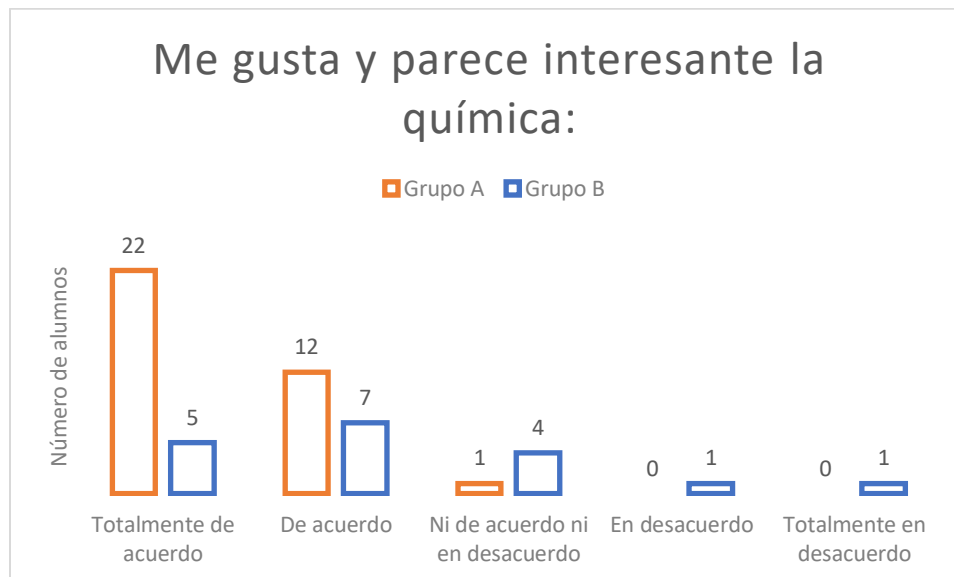
Preferencia expresada por los estudiantes según el tipo de recurso didáctico



Atendiendo a la actitud de los estudiantes hacia la química, en la Gráfica 4 se muestra que 22 estudiantes del Grupo A y 5 del Grupo B están totalmente de acuerdo con que la química les gusta y parece interesante, mientras que 12 y 7 estudiantes respectivamente mostraron estar de acuerdo. Se puede observar que en el Grupo A ningún alumno se expresa en desacuerdo con la afirmación y sólo uno se ubica en la neutralidad, mientras que, en el Grupo B, 4 estudiantes se mantienen neutrales y 2 expresan que la química no les gusta ni les parece interesante.

Gráfica 4.

Interés hacia la química



Sumando a lo anterior, en la Gráfica 5 se presentan los resultados de cuestionar al alumnado si la materia de química les parece complicada y poco accesible, es decir, si existe una dificultad inherente percibida, que puede ser independiente de su gusto por la misma.

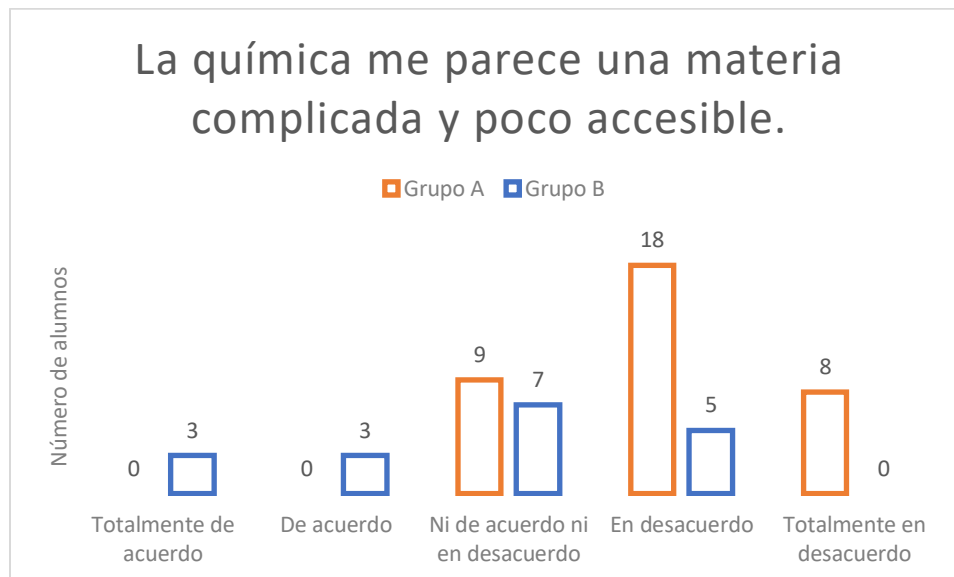
Así, algunos estudiantes pueden opinar que la química es complicada pero aun así encontrarla de su agrado, o bien, encontrarla fácil y accesible pero no interesante.

De los participantes, 6 estudiantes del Grupo B están de acuerdo con que es complicada y poco accesible mientras que ningún alumno del Grupo A expresó estar de acuerdo.

Considero relevante recordar que el Grupo B es un grupo PAE, es decir, que han reprobado la materia previamente, o bien, que han dejado de estudiar por un lapso considerable de tiempo, mientras que los estudiantes del Grupo A se encuentran cursando Química IV, una materia que se ofrece sólo a los estudiantes inscritos en el Área 2, Ciencias Biológicas y de la Salud, es decir, son estudiantes que ya han definido que estudiarán una carrera en la que continuarán teniendo química. Ambos factores podrían influir en sus respuestas.

Gráfica 5.

Dificultad percibida por los estudiantes hacia la materia



3.2 Sobre el Material Didáctico

En esta sección se describe la opinión de los estudiantes participantes sobre su experiencia al utilizar el material didáctico. Se presentan de forma general, es decir, no se realiza una clasificación por grupo puesto que se pretende que el recurso sea utilizado por estudiantes de nivel medio superior de diversas instituciones y, por ende, distintos contextos y poblaciones.

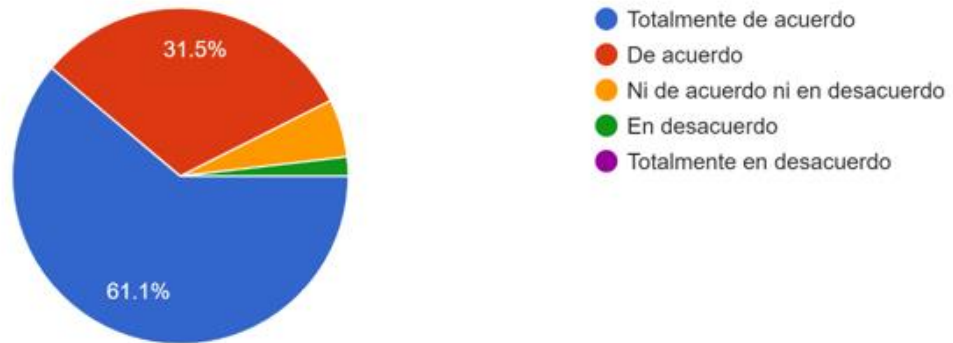
Las respuestas de esta sección son de carácter totalmente subjetivo y reflejan las opiniones individuales de los usuarios participantes de la investigación.

En la Gráfica 6 se observa que el 61.1% de los estudiantes está totalmente de acuerdo con que el recurso les ayudó a comprender el contenido de rapidez de reacción, mientras que el 31.5% se mostró de acuerdo.

Gráfica 6.

Utilidad percibida

- Considero que el recurso me ayudó a comprender el contenido de rapidez de reacción.

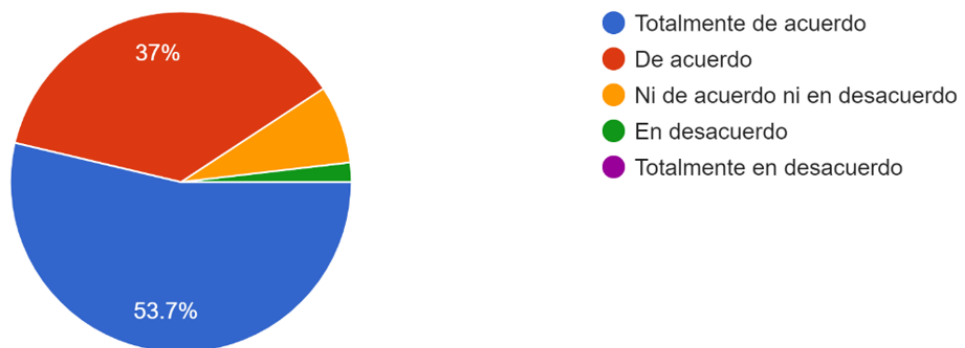


En las gráficas 7 y 8 se presenta la opinión de los usuarios con respecto a la interfaz de la página web. En suma, el 90.7% de los usuarios considera que la interfaz es agradable a la vista (Gráfica 7) y el 88.9% de la población considera que la navegación es intuitiva y sencilla (Gráfica 8).

Gráfica 7.

Estética percibida

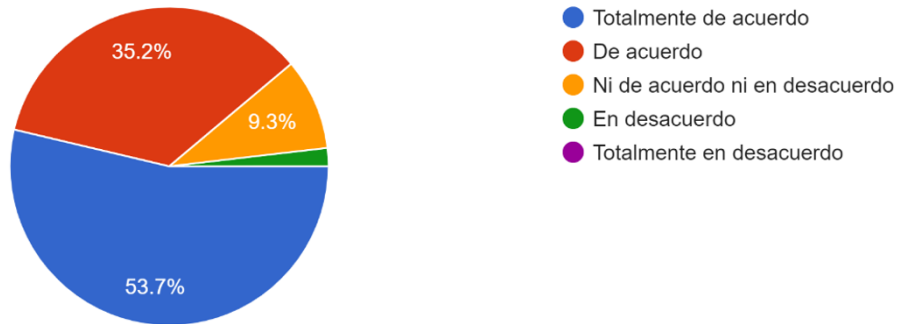
- La página web en la que se encuentran los videos es agradable a la vista.



Gráfica 8.

Usabilidad percibida

- La navegación por la página web me resulta intuitiva y sencilla.

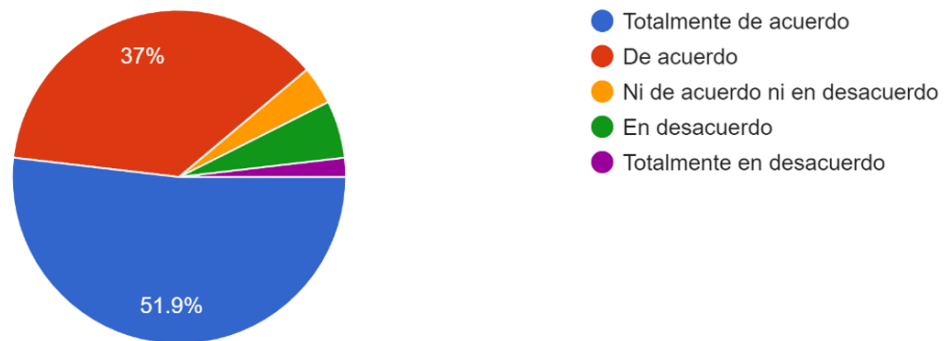


Por otro lado, un factor determinante para el éxito del material didáctico radica en la capacidad para captar la atención del usuario. En este caso, el 51.9% de los estudiantes expresaron estar totalmente de acuerdo con que les fue sencillo prestar atención a los videos con los que trabajaron, mientras que el 37% expresaron estar de acuerdo como se puede observar en la Gráfica 9.

Gráfica 9.

Retención de la atención

- Me fue sencillo prestar atención a los videos.

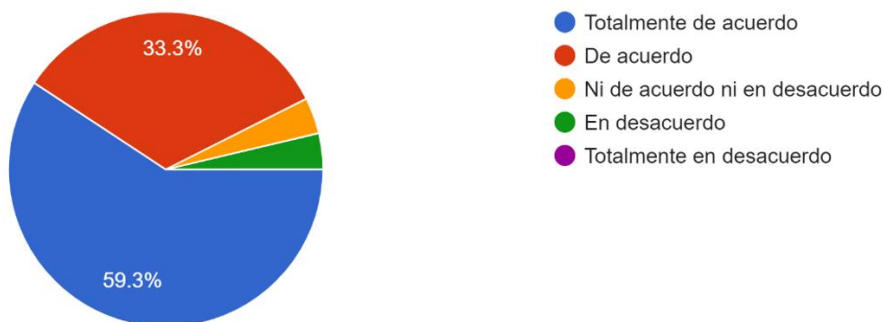


Como parte del andamiaje, se utilizaron cuadros de texto y audio con el objetivo de ayudar al estudiante a enfocar su atención en la información relevante para los objetivos del recurso, lo que para Johnstone se considera “señal” y evitar que se depositara en lo que el autor denomina el “ruido”. La Gráfica 10 reporta que el 59.3% de los estudiantes están totalmente de acuerdo en que les ayuda a cumplir este objetivo mientras que el 33.3% de los estudiantes están de acuerdo.

Gráfica 10.

Utilidad de los cuadros de texto y audio

- Los cuadros de texto y el acompañamiento con voz me ayudaron a saber en que debía prestar atención.

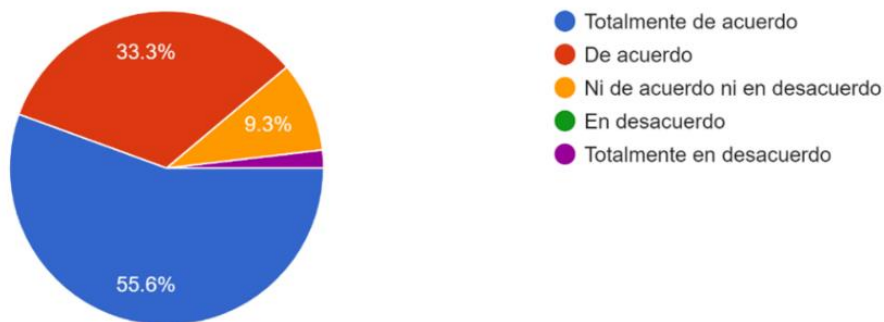


Con respecto a las simulaciones (modelos moleculares) y las reacciones (ecuaciones químicas), el 55.6% de los usuarios reportó estar totalmente de acuerdo en que le resultaron de utilidad para comprender los fenómenos observados, otro 33.3% se mostró de acuerdo, mientras que el 9.3% de los estudiantes reportó no estar en de acuerdo ni en desacuerdo (Gráfica 11).

Gráfica 11.

Utilidad percibida de modelos moleculares y ecuaciones químicas.

- Considero que las simulaciones de las moléculas y reacciones me ayudaron a comprender los fenómenos observados en los experimentos.

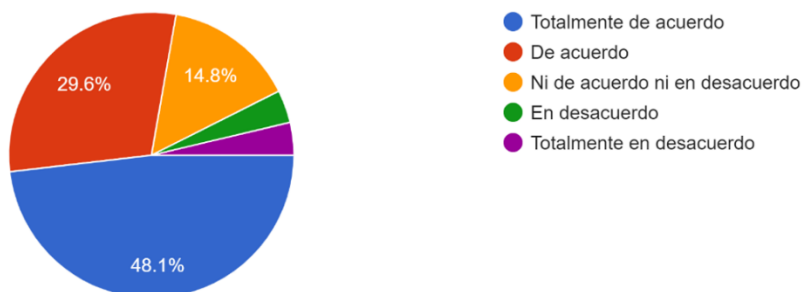


Sobre las instrucciones del material didáctico y la hoja de trabajo, el 48.1% de los estudiantes están totalmente de acuerdo con que fueron útiles en su proceso de aprendizaje mientras que el 29.6% de los estudiantes considera estar de acuerdo. En este caso, como se puede observar en la Gráfica 12, un 14.8% de la población no está de acuerdo ni en desacuerdo con la utilidad de este material extra, es decir, no identifican que efecto tuvo la utilización de este material en su proceso de aprendizaje.

Gráfica 12.

Utilidad percibida de la hoja de trabajo.

- Las instrucciones y la hoja de trabajo fueron un apoyo útil para lograr el aprendizaje.

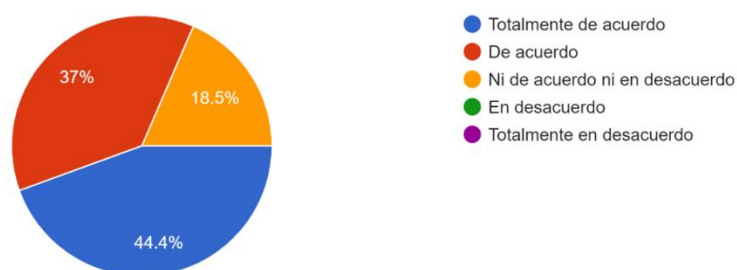


En la Gráfica 13 se presenta la percepción que tienen los estudiantes acerca de si este recurso les ayudó a comprender otros contenidos de química. El 44.4% se mostró totalmente de acuerdo con lo anterior, mientras que el 37% se dijo de acuerdo y el 18.5% se posicionó ni de acuerdo ni en desacuerdo.

Gráfica 13.

Utilidad percibida con respecto a otros contenidos de la química.

- Considero que este recurso me ayudó a comprender otros contenidos de química además de rapidez de reacción.



Al cuestionar, en caso de haber tenido una respuesta afirmativa, cuáles fueron los contenidos en los que consideran mejoró su comprensión después del uso del material didáctico, los estudiantes expresaron las respuestas que se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7. Transcripción de las respuestas de los estudiantes: aprendizaje percibido sobre otros contenidos.

Contenidos no relacionados en los que los estudiantes consideran que fue útil el material didáctico.	
Grupo	Transcripción de las respuestas en extenso de los estudiantes
A	<ul style="list-style-type: none"> • “El tema de la Molaridad y el número de Avogadro, porque son temas que vi recientemente con mi profesor de química y me ayudó a complementar y relacionarlo con las reacciones químicas”. • “En realidad no sabía cuáles, pero en general sí me ayudó” • “Sí, moléculas, partículas, colisiones, gracias al recurso fue más fácil”. • “Cambios de temperatura”. • “La teoría de las colisiones, nunca había escuchado ese nombre”. • “Algunos conceptos como presión, catalizador y temperatura”. • “Ya que el material hace que puedas retomar algunas y entenderlo con claridad”. • “Catálisis, moléculas, elementos y compuestos”.

-
- “Aprendí la función de catalizadores y teoría de colisiones”
 - “La energía cinética, conceptos de molaridad, conceptos de disolución conservación de la masa, teoría de colisiones”.
 - “Me fue útil para identificar todos los elementos que me pedía la hoja de trabajo, así como para verificar ciertos temas expuestos en ellos”.
 - “Soy un poco más visual a la hora de aprender, por lo que ver los videos me ayudó bastante”.
 - “En general me ayudó a razonar los movimientos de las partículas, las colisiones, las cosas que se necesitan para llevar a cabo una reacción y que los reactivos disminuyen y los productos aumentan”.
 - “Comprendí cómo es que funciona una reacción, qué se necesita, cómo se identifica, qué es un catalizador y sobre la teoría de colisiones. Al observar cómo hacía los experimentos incluso pude aprender algo sobre la experimentación en el laboratorio”.
 - “En general sobre algunos reactivos y los experimentos que puedo replicar en casa”.
 - “Pues entendí al 100% lo de la reacción, los videos fueron muy buenos y se explicó perfectamente todo, como que sucede en cada caso de reacción”.
 - “Si fue útil también para aprender otros conceptos como la presión o que es un catalizador que también intervienen en la rapidez de reacción”.
 - “Principalmente porque aborda temas previos y básicos de la química que uno mismo conoce los conceptos, pero no los ve en práctica como este recurso con los videos.
 - Lo que más me gustó fue la presentación en PowerPoint presentada por la maestra debido a que era interactiva y participabas y analizabas lo aprendido”.
 - “Me facilitó entender varios temas, como son los iones, la función de un catalizador, enzimas, electronegatividad, formación de sales y el procedimiento Bosch, al igual que la química industrial. Porque en verdad que la forma de explicar los recursos didácticos (Página web, y presentación interactiva) son fáciles de entender”.
 - “Tenía poca noción sobre las enzimas, pero ahora ya conozco bastante mejor del tema”.
 - “Comprendí la rapidez de reacción, los catalizadores, los inhibidores, lo que pasa a nivel atómico y celular y aprendí a hacer un par de experimentos para cuando esté aburrido”.
 - “Me gusta ver videos y con eso se me facilita saber cómo pasan las reacciones, además de que se me hace entretenido”.
 - “El uso del material de laboratorio”.
 - “Me ayudó a comprender lo de la industria en México y los sectores en los que se divide, la fuerza de colisión, que es una mezcla, un compuesto y eso... en estos
-

B

últimos dos de repente me confundo... pero con otro poco que le estudie más lo domino”.

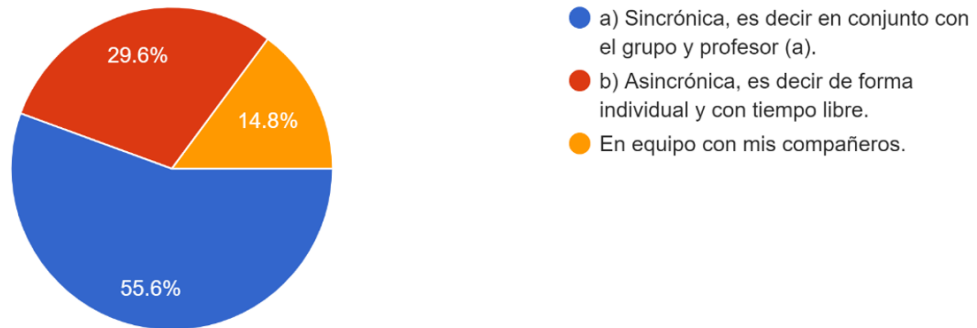
- “Los videos siempre ayudan en la comprensión y que sean cortos también les da un plus ya que no te desconcentras tanto y es más didáctico”.
 - “Aplicaciones prácticas de la química (fertilizantes y reacciones en el cuerpo humano)”.
 - “Fertilizantes y Minerales”.
 - “En cómo se producen las reacciones, creo que con los textos que viene a mí me ayudó a entender más”.
 - “Me ayudó con la superficie de contacto y la introducción al modelo de colisiones principalmente porque lo modelan en el video, y por el incentivo que dio a investigar, aunque a pesar de ello, no alcance a entender cómo funcionan los catalizadores desde una vista molecular”.
 - “Me ayudó a comprender el impacto ambiental y económico que tiene que ver la con la química”.
 - “Me ayudó mucho a poder distinguir entre un reactivo, producto, elementos, mezcla etcétera”.
 - “Me ayudó a completar los conocimientos de energía de activación que anteriormente tenía gracias a biología, lo había mirado desde un punto de vista más que nada biológico y con el recurso, aunque no se menciona directamente, en los experimentos se puede comprender la importancia de esta energía para la realización de una reacción”.
-

Con respecto a la preferencia en cuanto modalidad de uso, el 55.6% expresó que preferiría utilizar este recurso de forma sincrónica, junto con el grupo y el profesor, mientras que el 29.6% expresó su preferencia hacia el uso asincrónico del material. Además, como se observa en la Gráfica 14, el 14.8% expresó que habría preferido utilizar el material en equipos.

Gráfica 14.

Preferencia de uso del material didáctico

Preferiría utilizar este recurso de forma:

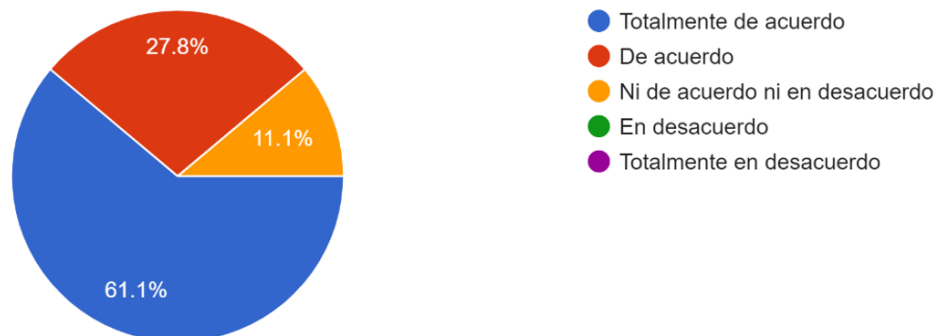


Finalmente, en la Gráfica 15 se presenta que el 61.1% de los estudiantes se mostró totalmente de acuerdo con que el material didáctico resultó de su agrado, asimismo, el 27.8% se mostró de acuerdo. El 11.1% se mostró en una posición neutral mientras que ningún alumno expresó un desagrado hacia el material didáctico.

Gráfica 15.

Opinión general del material didáctico

- Me agradó el recurso didáctico presentado.



3.3 Auto percepción del Conocimiento (KPSI)

En esta sección se presentan las gráficas con los resultados de la autoevaluación del conocimiento percibido que reportan los estudiantes de forma previa y posterior al uso del material didáctico. Si bien esta auto percepción es subjetiva, es relevante para la regulación del proceso de aprendizaje. Además, considera las estructuras preexistentes percibidas, esenciales en el aprendizaje significativo.

Se cuestionó a los estudiantes acerca de su conocimiento sobre reacciones químicas, ley de la conservación de la materia, molaridad, factores que modifican las reacciones químicas, factores que modifican la rapidez de las reacciones químicas y teoría de colisiones. Se utilizó la siguiente escala:

1. No lo sé/ no lo comprendo
2. Lo conozco un poco
3. Lo comprendo parcialmente
4. Lo comprendo bien
5. Lo puedo explicar a un compañero

En cada gráfica de esta sección se presenta la autoevaluación en el pre-test en tono claro contra la autoevaluación post-test en tono oscuro. Es importante mencionar que en todos los casos el conocimiento percibido inicial es inferior en el Grupo B (azul) que en el Grupo A (naranja).

En la Gráfica 16 perteneciente al Grupo A, se presenta la auto percepción acerca del manejo del contenido de reacciones químicas. En ella un alumno expresó no comprender el tema, 3 conocerlo poco, 9 comprenderlo parcialmente, 17 comprenderlo bien y 5 se mostraron capaces de explicarle a un compañero de forma previa al uso del material. De forma posterior, un alumno reportó aún no

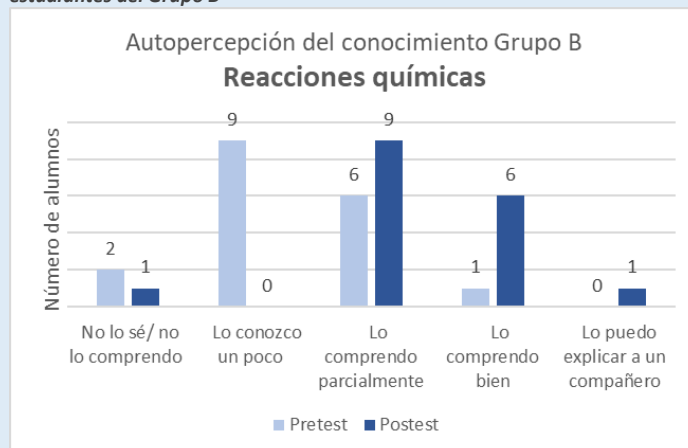
comprender el tema, otro conocerlo un poco, 7 estudiantes dijeron comprenderlo parcialmente, 15 comprenderlo bien y 11 se dijeron capaces de explicárselo a un compañero.

En la Gráfica 17, se presenta la autopercepción acerca del manejo del contenido de reacciones químicas expresada por estudiantes del Grupo B. De forma previa al uso del material 2 estudiantes reportaron no comprenderlo, 9 conocerlo un poco, 6 comprenderlo parcialmente, 1 comprenderlo bien y ninguno se dijo capaz de explicárselo a un compañero. Luego del uso del material, sólo un alumno reportó aún no comprenderlo, ningún alumno reportó conocerlo un poco, 9 estudiantes reportaron comprenderlo parcialmente, 6 comprenderlo bien y un alumno se dijo capaz de explicárselo a un compañero.

Gráfica 16.
Autopercepción del conocimiento sobre reacciones químicas expresada por estudiantes del Grupo A



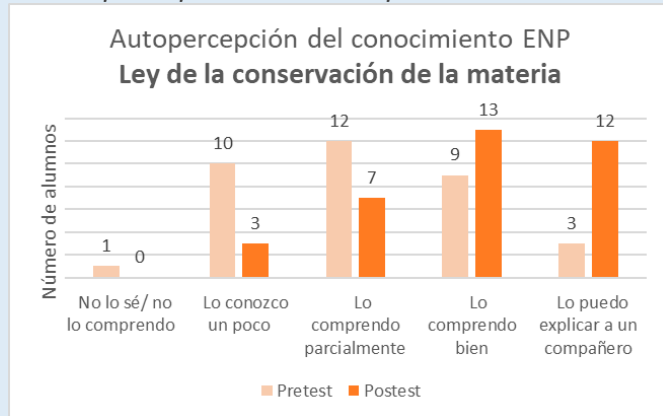
Gráfica 17.
Autopercepción del conocimiento sobre reacciones químicas expresado por estudiantes del Grupo B



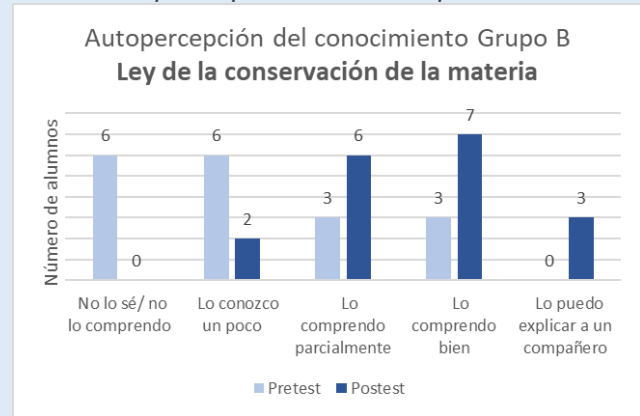
Con respecto a la ley de la conservación de la materia, la Gráfica 18 reporta que, previo al uso del material, un estudiante del Grupo A se identificó con no comprender el tema, 10 con conocerlo un poco, 12 con comprenderlo parcialmente, 9 con comprenderlo bien y 3 con ser capaces de explicárselo a un compañero; mientras que, de forma posterior, ningún alumno expresó no comprenderlo, 3 expresaron conocerlo un poco, 7 comprenderlo parcialmente, 13 comprenderlo bien y 12 ser capaces de explicárselo a un compañero.

En la Gráfica 19, inicialmente en el Grupo B, 6 estudiantes expresan no comprenderlo, 6 conocerlo un poco, 3 conocerlo parcialmente y 3 comprenderlo bien; luego, después del uso del material, ningún alumno considera que no lo comprende, 2 estudiantes consideran que lo conocen un poco, 6 que lo comprenden parcialmente, 7 que lo comprenden bien y 3 que lo pueden explicar a un compañero.

Gráfica 18.
Autopercepción del conocimiento sobre la ley de la conservación o la de la materia expresada por estudiantes del Grupo A



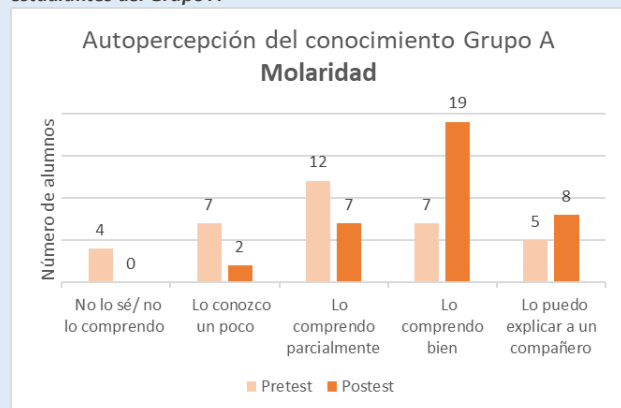
Gráfica 19.
Autopercepción del conocimiento sobre la ley de la conservación o la de la materia expresada por estudiantes del Grupo B



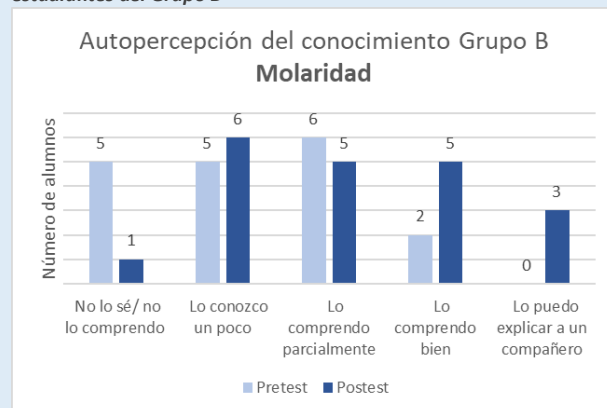
Acerca de la molaridad, antes de la intervención, 4 estudiantes del Grupo A dijeron no comprender el tema, 7 conocerlo un poco, 12 comprenderlo parcialmente, 7 comprenderlo bien y 5 ser capaces de explicárselo a un compañero; después, tras el uso del material didáctico, ninguno reportó no comprenderlo, 2 expresaron conocerlo un poco, 7 comprenderlo parcialmente, 19 comprenderlo bien y 8 se sintieron capaces de explicárselo a un compañero (Gráfica 20).

Por otro lado, el Grupo B (Gráfica 21) los estudiantes se mostraron más dudosos previo al uso del material: 5 estudiantes comentaron no comprender el tema, 5 conocerlo sólo un poco, 6 comprenderlo parcialmente y sólo 2 estudiantes dijeron comprenderlo bien. Después del uso del material, un alumno dijo aún no comprenderlo, 6 conocerlo un poco, 5 comprenderlo parcialmente, 5 comprenderlo bien y 3 estudiantes se consideraron capaces de explicárselo a un compañero.

Gráfica 20.
Autopercepción del conocimiento sobre la molaridad expresada por estudiantes del Grupo A



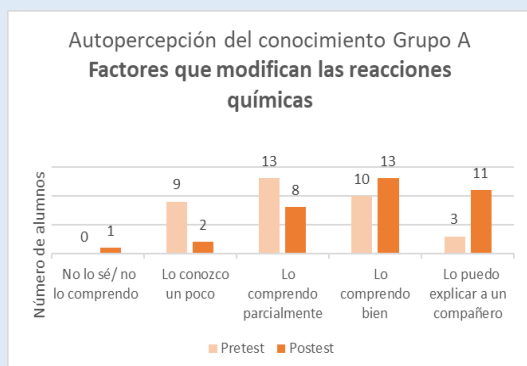
Gráfica 21.
Autopercepción del conocimiento sobre la molaridad expresada por estudiantes del Grupo B



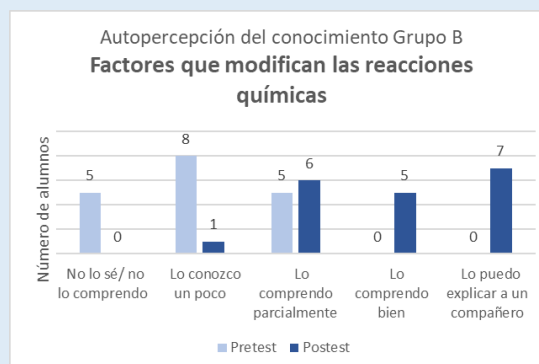
Referente a los factores que modifican las reacciones químicas en la Gráfica 22 podemos encontrar que, de forma inicial, en el Grupo A, 9 estudiantes mencionaron conocer un poco el tema de factores que modifican las reacciones químicas, 13 refirieron comprenderlo parcialmente, 10 comprenderlo bien y 3 ser capaces explicárselo a un compañero; en contraste con la evaluación posterior al uso del material didáctico, un alumno reportó no comprenderlo, 2 conocerlo un poco, 8 comprenderlo parcialmente, 13 comprenderlo bien y 11 reportaron ser capaces de explicárselo a un compañero.

De forma análoga en la Gráfica 23, en el Grupo de B, 5 estudiantes dijeron no comprenderlo, 8 que lo conocen un poco, 5 comprenderlo parcialmente y ninguno reportó comprenderlo bien o ser capaces de explicarlo a otro compañero mientras que, tras el uso del material, ninguno reportó no saberlo, uno refirió conocerlo un poco, 6 comprenderlo parcialmente, 5 comprenderlo bien y 7 ser capaces de explicárselo a un compañero.

Gráfica 22.
Autopercepción del conocimiento de factores que modifican las reacciones químicas expresada por los estudiantes del Grupo A



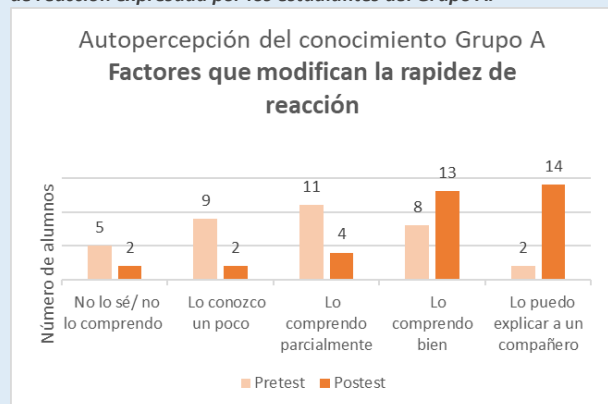
Gráfica 23.
Autopercepción del conocimiento de factores que modifican las reacciones químicas expresada por los estudiantes del Grupo B



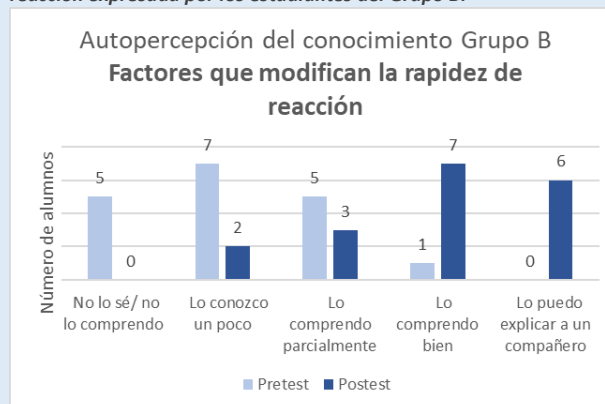
En la Gráfica 24, atendiendo específicamente a los factores que modifican la rapidez de las reacciones químicas, previo a la intervención, 5 estudiantes señalaron no comprender el tema, 9 que lo conocían un poco, 11 que lo comprendían parcialmente, 8 que lo comprendían bien y 2 se mostraron capaces de explicárselo a un compañero; tras la intervención, 2 estudiantes aún reportan no comprenderlo, 2 conocerlo un poco, 4 expresaron comprenderlo parcialmente, 13 estudiantes dijeron comprenderlo bien y 14 de ellos ahora se sienten capaces de explicárselo a un compañero.

De igual forma en la Gráfica 25 se observa un aumento en la comprensión de los factores que modifican la rapidez de las reacciones químicas del Grupo B, de forma previa a la intervención presentó 5 estudiantes que no comprendían el tema, 7 que dijeron conocerlo un poco, 5 que dijeron comprenderlo parcialmente y uno que reportó comprenderlo bien. En comparación, tras la intervención, ningún alumno reportó no comprenderlo, 2 estudiantes mencionaron que lo conocían un poco, 3 que lo comprendían parcialmente, 7 que lo comprenden bien y 6 que son capaces de explicárselo a un compañero.

Gráfica 24.
Autopercepción del conocimiento de factores que modifican la rapidez de reacción expresada por los estudiantes del Grupo A.



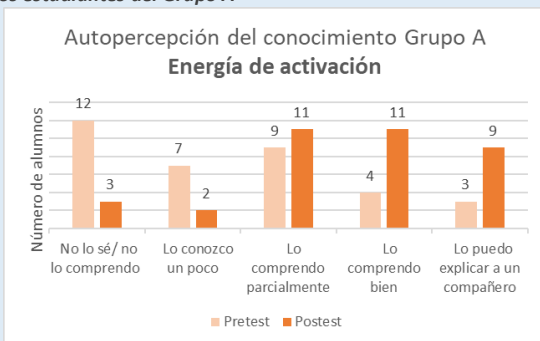
Gráfica 25.
Autopercepción del conocimiento de factores que modifican la rapidez de reacción expresada por los estudiantes del Grupo B.



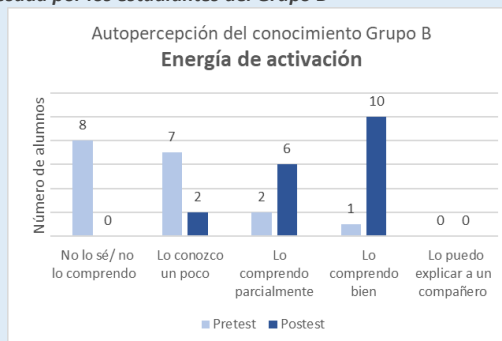
En atención al concepto de energía de activación en la Gráfica 26, se muestra el Grupo A en el cual, previo a la intervención, se identifican 12 estudiantes que refieren no comprender el tema, 7 que dicen conocerlo un poco, 9 comprenderlo parcialmente, 4 comprenderlo bien y 3 se consideran capaces de explicárselo a un compañero; tras el uso del material didáctico, 3 estudiantes refieren aún no comprender el tema, 2 conocerlo un poco, 11 comprenderlo parcialmente, 11 comprenderlo bien y 9 se consideran capaces de explicárselo a un compañero.

Por otro lado, en la Gráfica 27 se muestra la autoevaluación del Grupo B, donde previamente al uso del material didáctico 8 estudiantes refieren no conocer el tema, 7 conocerlo un poco, 2 comprenderlo parcialmente y uno comprenderlo bien, mientras que, tras la intervención, ningún alumno reportó no comprenderlo, 2 estudiantes reportaron conocerlo poco, 6 comprenderlo parcialmente y 10 estudiantes reportaron comprenderlo bien; sin embargo, ningún alumno logró sentirse capaz de explicar este contenido tras el uso del material didáctico.

Gráfica 26.
Autopercepción del conocimiento de energía de activación expresada por los estudiantes del Grupo A



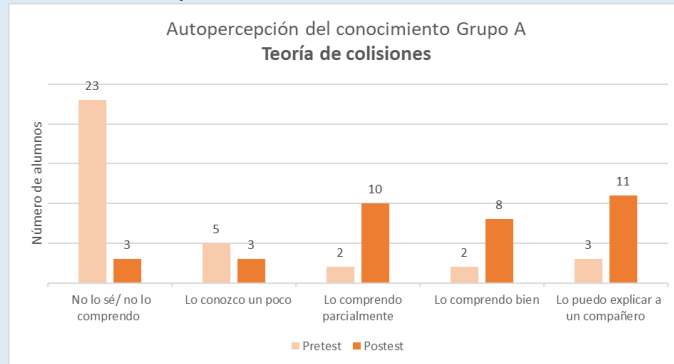
Gráfica 27.
Autopercepción del conocimiento de energía de activación expresada por los estudiantes del Grupo B



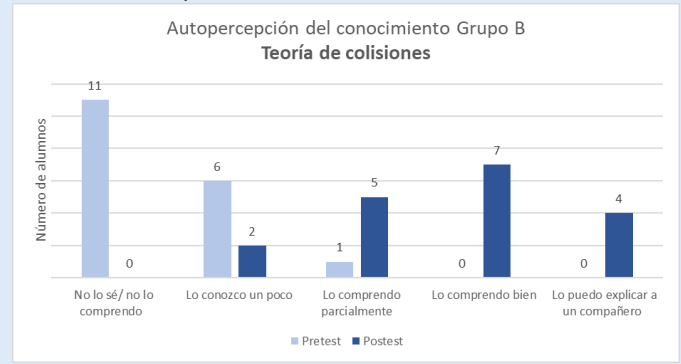
Finalmente, con respecto a la teoría de colisiones, en la Gráfica 28 se presenta que, con respecto a la teoría de colisiones, en el Grupo A 23 estudiantes refieren no conocer el tema, 5 conocerlo un poco, 2 comprenderlo parcialmente, 2 comprenderlo bien y 3 estudiantes refieren ser capaces de explicárselo a un compañero previo al uso del material. De forma posterior, 3 estudiantes refieren no comprenderlo, 3 conocerlo un poco, 10 comprenderlo parcialmente, 8 comprenderlo bien y 11 estudiantes se consideran ahora capaces de explicárselo a un compañero.

De forma análoga en la Gráfica 29 se muestra que, previo al uso del material en el Grupo B, 11 de los estudiantes reportan no conocer el tema, 6 conocerlo un poco y un alumno refiere comprenderlo parcialmente; mientras que, luego del uso del material, 2 estudiantes refieren conocerlo un poco, 5 comprenderlo parcialmente, 7 comprenderlo bien y 4 se consideran capaces de explicárselo a un compañero.

Gráfica 28.
Autopercepción del conocimiento de teoría de colisiones expresada por los estudiantes del Grupo A



Gráfica 29.
Autopercepción del conocimiento de teoría de colisiones expresada por los estudiantes del Grupo B



En todos los casos se puede observar el aumento de la comprensión percibida del contenido en cuestión.

3.4 Sobre el Contenido

El conocimiento individual no es un objeto concreto y directamente observable, sino un conjunto de representaciones mentales construidas a partir de la dinámica interpretativa que el sujeto del conocimiento establece con los objetos del mundo que percibe mundo (Moreira, 2012a; Lemos, 2011).

En suma, desde una posición constructivista, el sujeto posee una organización interna propia. En función de ella, el sujeto crea e internaliza la realidad, proyectando sobre esta los significados que va construyendo (Leiva, 2005). Por lo anterior, todo el análisis de los aprendizajes de los estudiantes se hace categorizando sus respuestas y no mediante una calificación que refiera respuestas correctas o incorrectas.

Se presentan 5 categorías:

Se consideran como “respuestas esperadas” las afirmaciones de los estudiantes que sean congruentes, mas no una copia, de la información aceptada actualmente por la comunidad científica sobre el contenido particular.

Se consideran “respuestas en construcción” cuando se puede identificar que los estudiantes han logrado formar una idea con algunos elementos coherentes con la versión aceptada por la comunidad científica, pero con algunos elementos faltantes o incongruentes. Este tipo de respuesta muestra que el alumno está en proceso de formación del conocimiento y que requiere guía posterior para fortalecer el conocimiento.

En la categoría de “desconoce la respuesta” se encasillan todas las ocasiones en las que los estudiantes, ante un cuestionamiento, expresaron no saber, no recordar, o contestaron con algún signo ortográfico.

En la categoría de “concepciones alternativas” se colocaron las respuestas que son incongruentes con lo aceptado actualmente por la comunidad científica, pero cuya argumentación hace sentido para el alumno que puede formar parte de sus estructuras cognitivas.

Por último, en 2 ocasiones se menciona una categoría de “respuestas inválidas”, en las que se contabilizan respuestas que el alumno consultó alguna de fuente externa al momento de la evaluación ya que el lenguaje no corresponde con lo mostrado anteriormente por el sujeto, además de encontrarse la respuesta textual en buscadores.

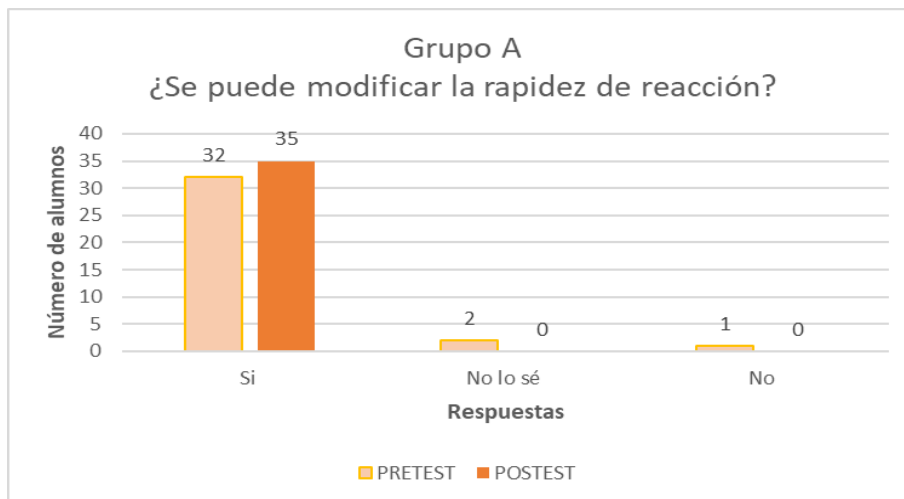
Para cada pregunta se describe a profundidad las características específicas de cada una de estas categorías.

Como primer punto, se cuestionó a los estudiantes si la rapidez de una reacción se puede modificar. De manera previa a la intervención 32 de los 35 estudiantes del Grupo A contestaron que sí, 2 estudiantes contestaron que no lo sabían y 1 que no. Esta información permite identificar un primer conocimiento previo de más del 90% de los estudiantes de este grupo: la rapidez de las reacciones se puede modificar.

Después de la intervención el 100% de los estudiantes lo afirmó (Gráfica 30).

Gráfica 30.

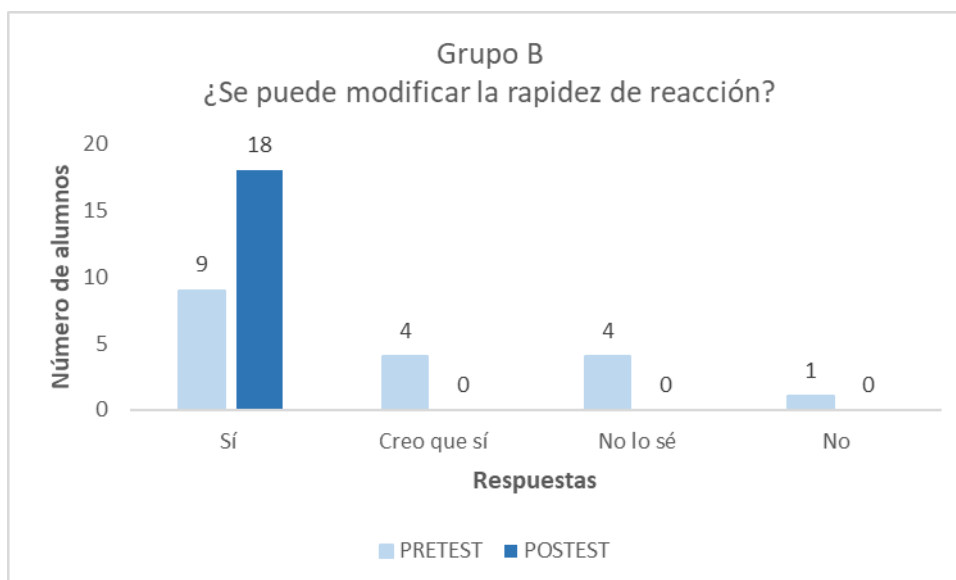
Respuestas del grupo A, rapidez de reacción



Por otro lado, en el Grupo B, previo al uso del material, la mitad de los estudiantes también afirmaron que la rapidez de las reacciones se puede modificar, 4 estudiantes dijeron tener la creencia de que sí, sin estar seguros, otros 4 estudiantes refirieron no saberlo y 1 contestó que no. Posterior a la intervención el 100% de los estudiantes lo afirmó (Gráfica 31).

Gráfica 31.

Respuestas del Grupo B, rapidez de reacción



Atendiendo al nivel macroscópico, se solicitó a los estudiantes que mencionaran formas en las que pueden darse cuenta de que está ocurriendo una reacción química (esperando que la pregunta les dirigiera a mencionar fenómenos perceptibles por los sentidos).

Es importante resaltar que la pregunta fue abierta y únicamente se agruparon respuestas equivalentes en las categorías que se muestran en las Gráficas 32 y 33.

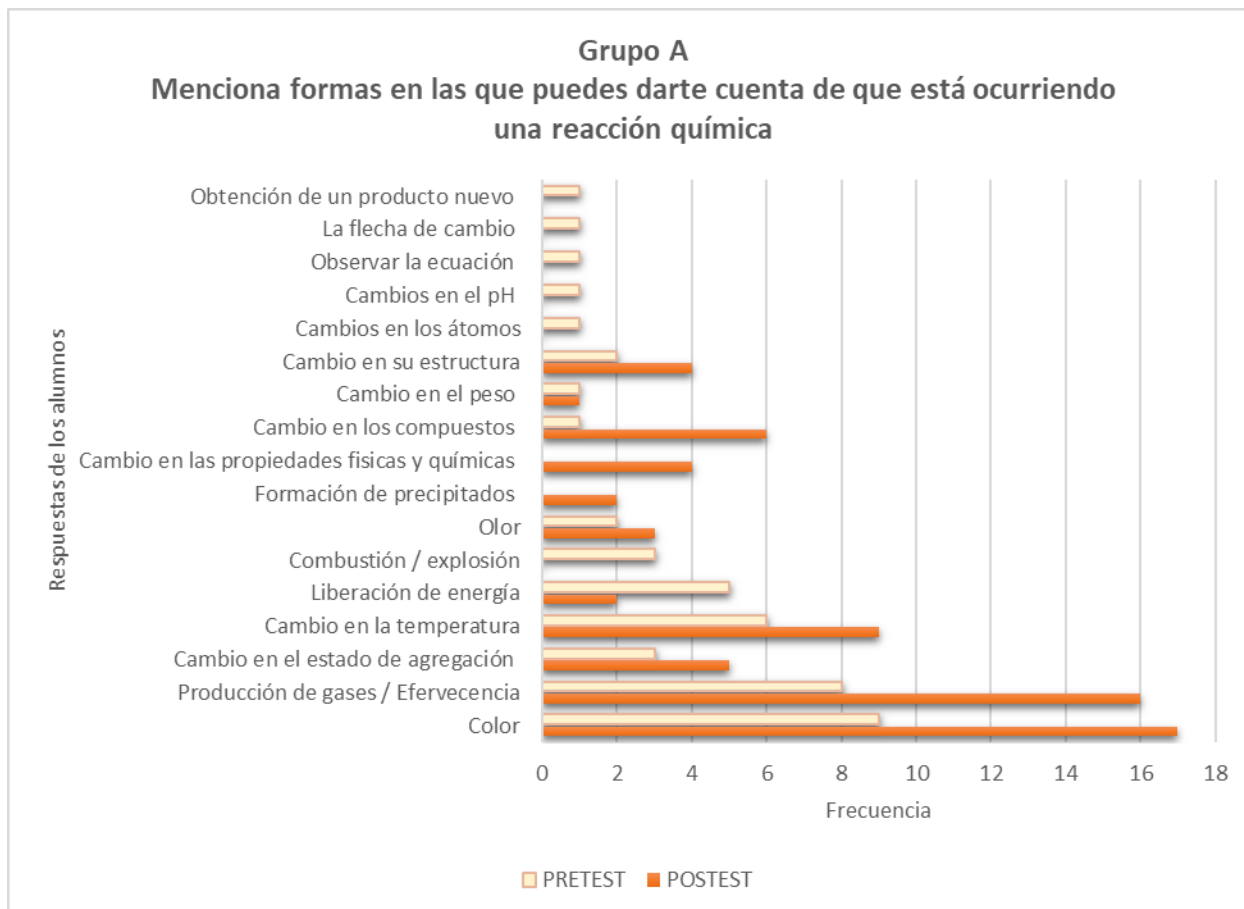
Resulta interesante que en el pretest del Grupo A, algunos estudiantes brindaron ejemplos que corresponden al nivel simbólico como “la flecha de cambio” u “observar la ecuación”, o al nivel nanoscópico, como “cambios en la estructura” o “cambios en los átomos” (Gráfica 32), cuestiones a las que el alumno difícilmente tendría acceso de forma empírica, pero que siguen siendo respuestas válidas porque en el contexto escolar, una ecuación, flecha, o a lo que los docentes mencionamos como cambios en la estructura (sin mucho énfasis en los modelos) es lo que los estudiantes asocian a las reacciones químicas.

Previo al trabajo con el material didáctico, los estudiantes del Grupo A brindaron 45 respuestas, mientras que en el post test dieron 69 respuestas, por lo que hay un aumento del 53.3%.

El grupo identifica que está ocurriendo una reacción química por diversas formas. Las respuestas tendieron a migrar hacia lo macroscópico con ejemplos como el color, el olor, la efervescencia, cambios en el estado de agregación de la materia, cambios en la temperatura o la formación de precipitados. También aumentaron las respuestas que corresponden al nivel nanoscópico como el cambio en los compuestos, las estructuras y las propiedades físicas y químicas de las sustancias.

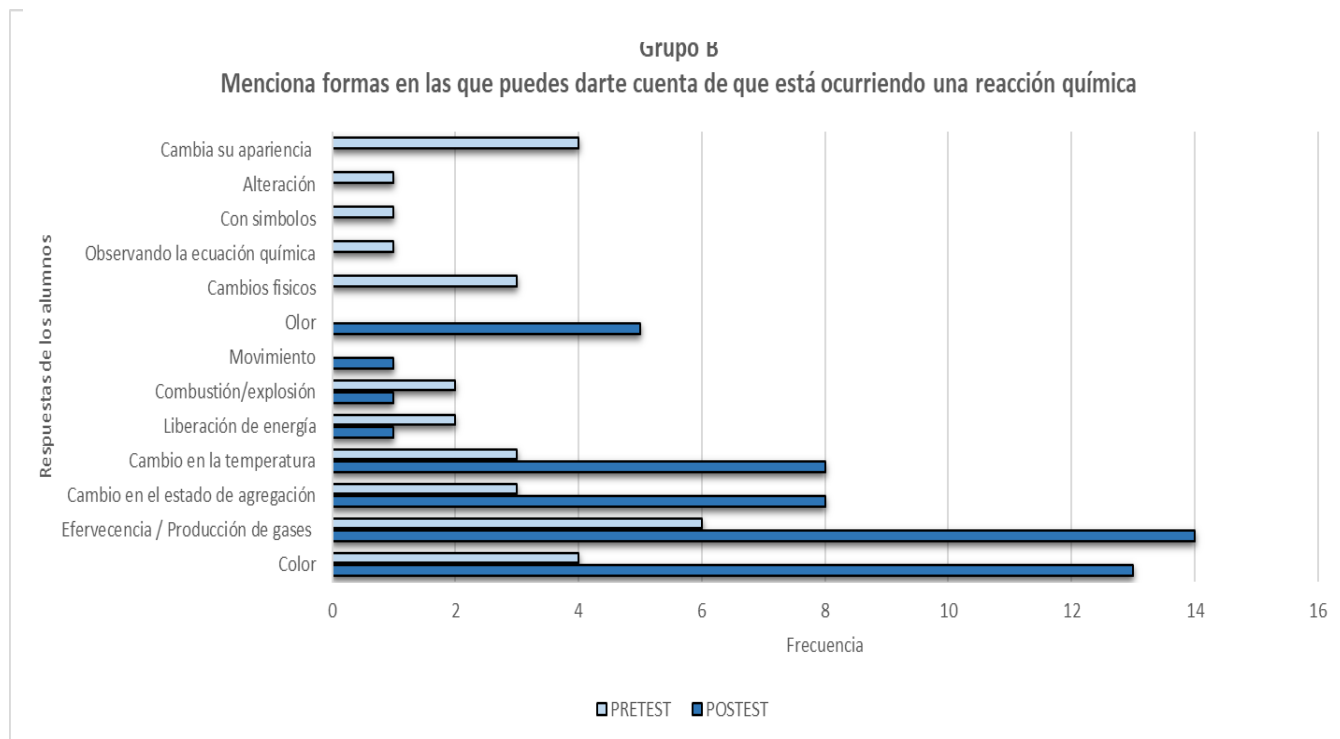
Gráfica 32.

Respuestas del Grupo A, reacciones químicas



Con respecto al Grupo B, en el pre-test se encuentran 8 respuestas que tienden hacia lo general como “cambios físicos”, “cambios en la apariencia” o “con una alteración” y 2 que corresponden al nivel simbólico, “observando la ecuación química” o “con símbolos”, además de 20 menciones de fenómenos perceptibles a simple vista, haciendo un total de 30 respuestas. En el post-test los estudiantes contestan de forma más específica y aumentan un 70% el número de respuestas para llegar a 51 (Gráfica 33).

Gráfica 33.
Respuestas del Grupo B, reacciones químicas.



Sobre el entendimiento de lo que implica una reacción química se realizaron dos preguntas: la primera, que se encuentra en la Tabla 8, se enfoca en las sustancias (nivel macroscópico), mientras que la segunda que se encuentra en la Tabla 9 se enfoca en los átomos (nivel nanoscópico).

Tabla 8. Sustancias en una reacción química.

		Grupo A		Grupo B	
		PRETEST	POSTEST	PRETEST	POSTEST
¿Qué ocurre con las sustancias cuando sucede una reacción química?					
Respuesta esperada	Se considera como respuesta esperada que los estudiantes comuniquen a) que las sustancias se transforman en otras, b) se convierten en productos, c) ocurre una ruptura y formación de nuevos enlaces d) sus moléculas se reacomodan para formar sustancias nuevas.	13	26	8	16

Respuesta en construcción	Se considera como respuesta en construcción que los estudiantes expresen a) que ocurre un cambio, b) se unen, c) cambia su composición, d) cambian sus propiedades, e) alude a la ley de la conservación de la masa.	13	6	3	1
Desconoce la respuesta	El alumno refiere a) no recordar, b) no saber, c) contesta con un guion, puntos suspensivos o una x.	3	0	4	0
Concepción alternativa	Se considera una concepción alternativa cuando los estudiantes responden que a) ocurre una mezcla, b) desaparecen y aparecen otras, c) cambian de color, d) los átomos se rompen.	6	3	3	1

Tabla 9. Átomos en una reacción química

		Grupo A		Grupo B	
		PRETEST	POSTEST	PRETEST	POSTEST
¿Qué ocurre con los átomos de los reactivos durante una reacción?					
Respuesta esperada	Se considera como respuesta esperada que los estudiantes refieran que los átomos a) colisionan y b) se reacomodan, c) se reorganizan, d) forman una nueva estructura, e) comparten electrones, f) forman nuevos enlaces.	12	25	4	16
Respuesta en construcción	Se considera como respuesta en construcción que los estudiantes expresen que los átomos a) chocan o colisionan entre sí, b) se conservan (o hace referencia a la ley de la conservación de la masa), c) interactúan, d) se unen, e) forman nuevas sustancias.	8	6	5	2
Desconoce la respuesta	El alumno refiere a) no recordar, b) no saber, c) contesta con un guion, puntos suspensivos o una x.	8	0	5	0
Concepción alternativa	Se considera una concepción alternativa cuando los estudiantes refieren que los átomos a) aumentan, b) disminuyen, c) se rompen, d) se descomponen, f) se transforman, g) se modifican.	7	4	4	0

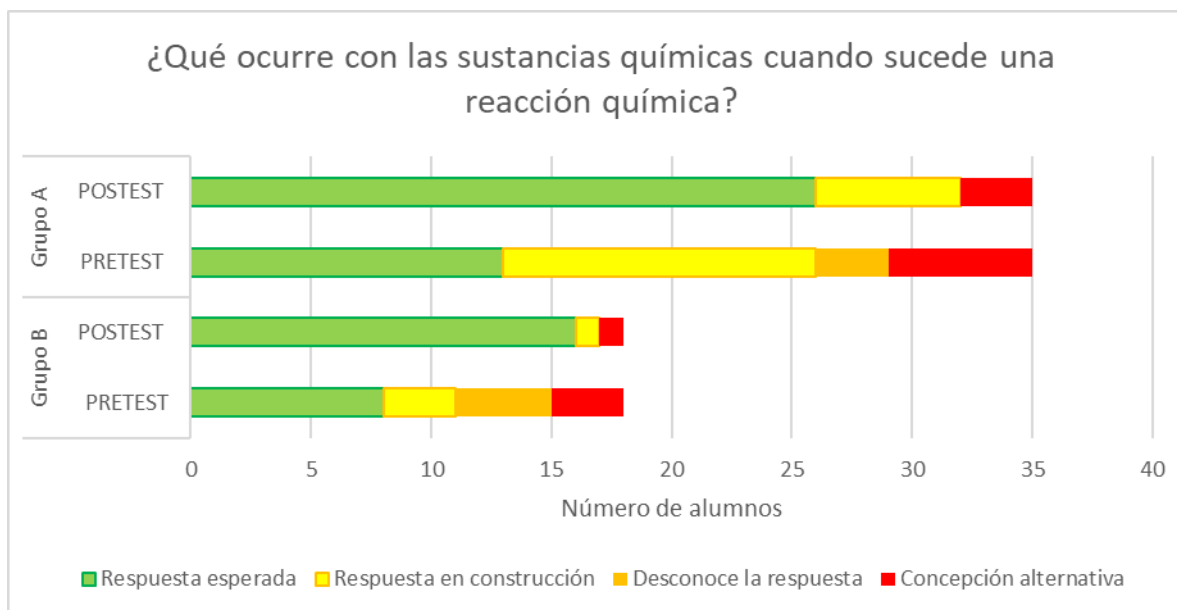
Para facilitar el análisis de las respuestas se presenta de forma gráfica la información de las tablas 8 y 9 en las gráficas 34 y 35.

La selección de colores de estos gráficos hace referencia a los colores de un semáforo: la concepción alternativa se presenta en rojo porque, como afirma Carrascosa (2005), distintos autores denuncian la dificultad para cambiar ciertas ideas alternativas de los estudiantes, incluso cuando se utilizan estrategias de enseñanza orientadas explícitamente al cambio conceptual, lo cual requiere un trabajo más extenso que con la asimilación de información nueva.

En la Gráfica 34 se puede observar que, en ambos grupos, el uso del material didáctico duplicó la cantidad de estudiantes que tienen una respuesta esperada. En el Grupo A las respuestas consideradas concepciones alternativas se redujeron a la mitad y en el B se redujeron a una tercera parte.

Gráfica 34.

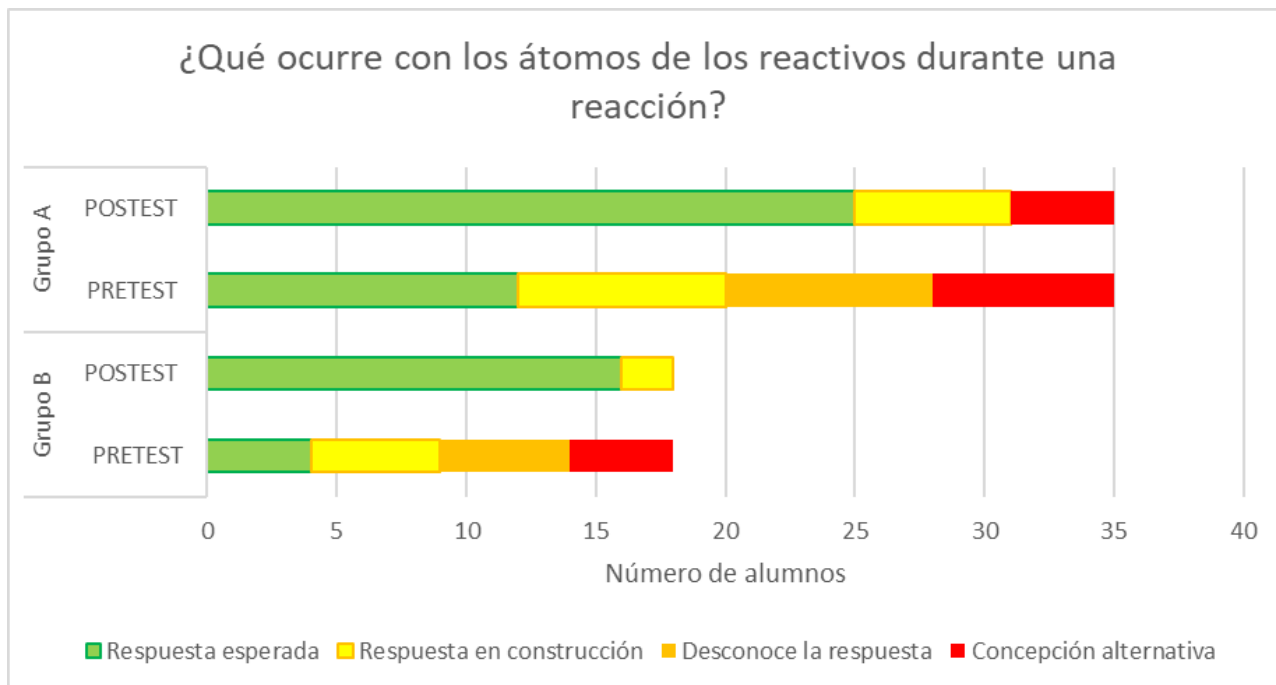
Sustancias en una reacción química



En la Gráfica 35 se muestra que, en lo que respecta al nivel nanoscópico, en el Grupo A se duplicaron las respuestas esperadas, mientras que en el grupo B se cuadruplicaron. Las respuestas clasificadas como concepciones alternativas se redujeron a cero en el Grupo B y pasaron de 7 a 4.

Gráfica 35.

Átomos en una reacción química



En relación con el concepto de rapidez de reacción, en la Tabla 10 se encuentran las respuestas de ambos grupos acerca del concepto de rapidez de reacción. Es importante aclarar que esta pregunta únicamente se encontraba en el instrumento de evaluación final.

Tabla 10. Definición de rapidez de reacción

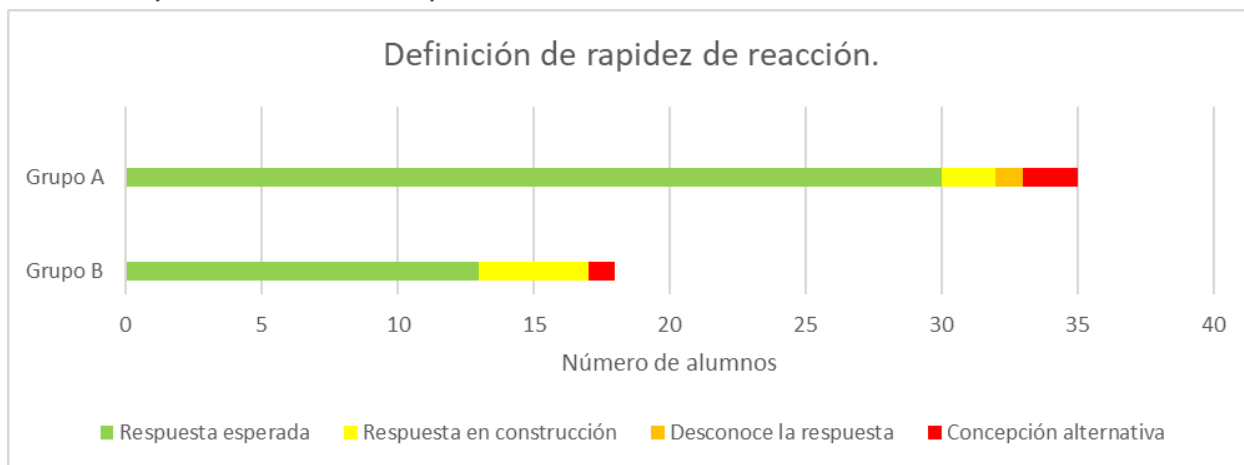
		Grupo A	Grupo B
Un amigo te pregunta sobre tu clase de química de hoy y mientras le cuentas mencionas el término “rapidez de reacción”. “¿Qué es eso?” —pregunta tu amigo. Utiliza tus propias palabras para explicar qué es la rapidez de reacción y cómo se puede medir.			
Respuesta esperada	Se considera como respuesta esperada cuando los estudiantes refieren que la rapidez de reacción es a) la cantidad de sustancia que se transforma en una determinada reacción por unidad de volumen y tiempo, b) es el tiempo en el cual una sustancia se transforma en otra,	30	13

c) que tan rápido se consumen los reactivos presentes para formar productos, d) el tiempo que tardan en reaccionar los reactivos para transformarse en productos.

Respuesta en construcción	Se consideran como respuestas en construcción a) cuando aceleras el proceso por el cual los reactivos reaccionan, b) es la capacidad de aumentar y hacer que el proceso sea más veloz, c) la velocidad con que ocurre un cambio.	2	4
Desconoce la respuesta	El alumno refiere a) no recordar, b) no saber, c) contesta con un guion, puntos suspensivos o una x.	1	0
Concepción alternativa	Se consideraron concepciones alternativas las siguientes tres respuestas: a) es la fuerza con la que reacciona en el menor tiempo, b) es la energía mínima para que se pueda dar una reacción química, c) es la sustancia que se modifica al realizarse una reacción.	2	1

Los resultados de la Tabla 10 también se encuentran ilustrados en la Gráfica 36, donde 30 de los estudiantes del Grupo A y 13 del Grupo B respondieron de la forma esperada, es decir el 85.7% y 72.2% respectivamente.

Gráfica 36.
Clasificación de respuestas de definición de rapidez de reacción



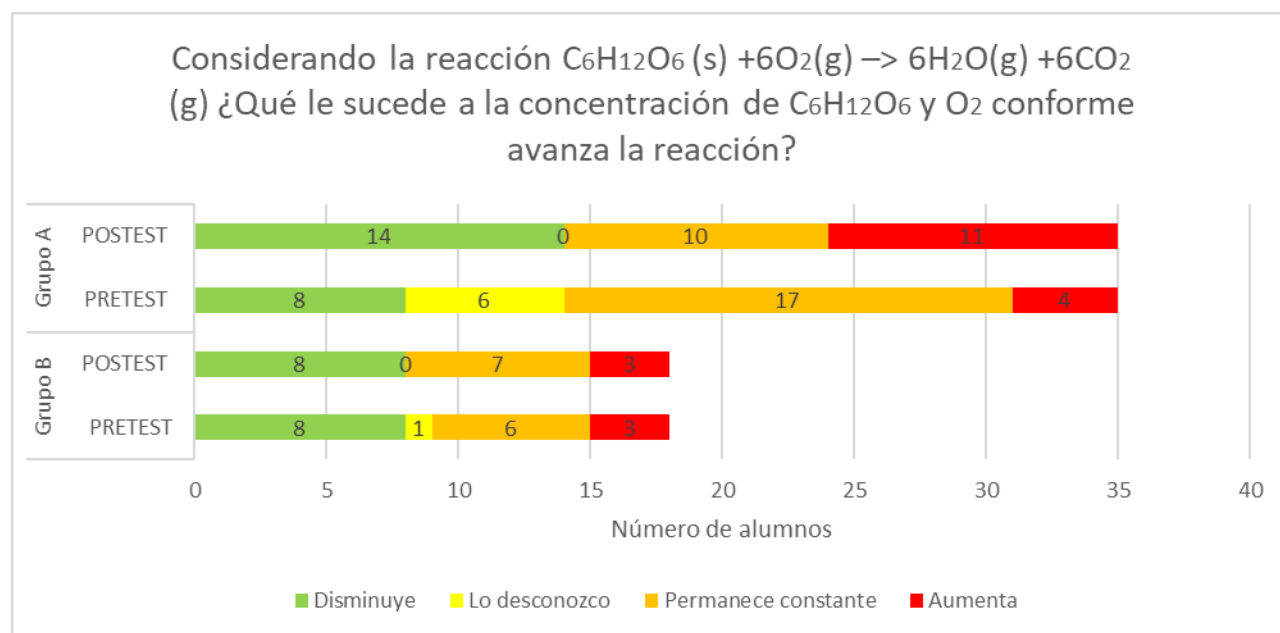
A pesar del éxito en los cuestionamientos anteriores, al preguntar ejemplificando con una ecuación química qué sucede con la concentración de reactivos y productos durante la reacción química una cantidad importante de estudiantes refiere que permanece constante mostrando una clara confusión con la ley de la conservación de la materia.

En la gráfica 37 se muestra que, en el caso del Grupo A, 8 estudiantes antes de hacer uso del material ya refieren que la concentración de los reactivos disminuye y posterior a su uso 14 estudiantes coinciden. También disminuye de 17 a 10 las afirmaciones de que permanece constante, sin embargo, aumenta de 4 a 11 la cantidad de estudiantes que mencionan que aumenta, es decir identifican un cambio, pero no en el sentido correcto.

Con respecto al Grupo B, la cantidad de estudiantes que identifican la disminución en la concentración se mantiene igual, y sólo un alumno pasa de contestar que no lo sabe a contestar que la concentración se mantiene constante.

Gráfica 37.

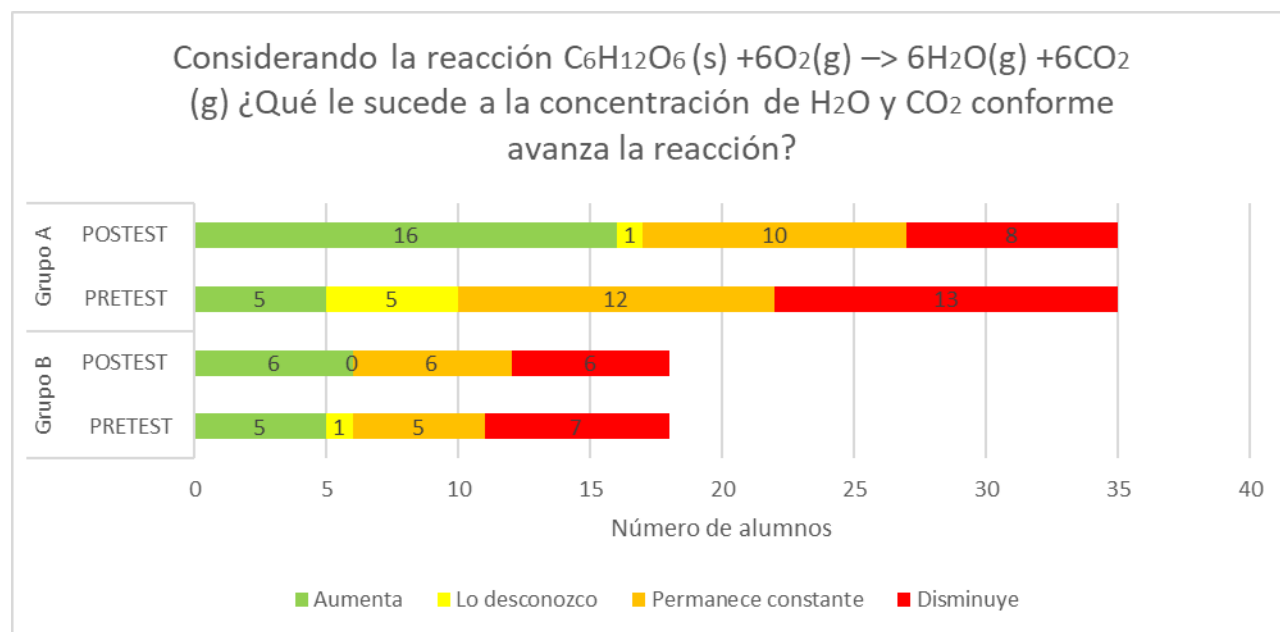
Concentración de los reactivos en una reacción química



Se utiliza la misma ecuación química para, en este caso, preguntar sobre la concentración de los productos. Como se observa en la Gráfica 38, en el Grupo A, tras el uso del material se triplica la respuesta esperada y se reducen de 13 a 8 los que consideran que la concentración de productos disminuye, y de 12 a 10 los que consideran que se mantiene constante. Es de esperarse que en esta segunda pregunta los resultados sean ligeramente mejores dado que, al aparecer continua a la de la Gráfica 37, permite al alumno hacer una segunda reflexión. Con respecto al Grupo B, prácticamente no hay una mejoría en las respuestas. Con base en esta información se requiere hacer un mayor énfasis en este aspecto en el material didáctico, a través del uso de gráficas de la cinética de reacción, reflexión sobre las concentraciones de las sustancias que aparecían como reactivos, las que aparecen como productos y las unidades en las que se mide la rapidez de reacción.

Gráfica 38.

Concentración de los productos en una reacción química



A continuación, en la Tabla 11 se presenta la clasificación de las respuestas de los estudiantes con respecto a la definición de energía de activación, concepto que únicamente se abordó en el experimento de yodato de potasio, bisulfito sódico y almidón de la Mesa 2.

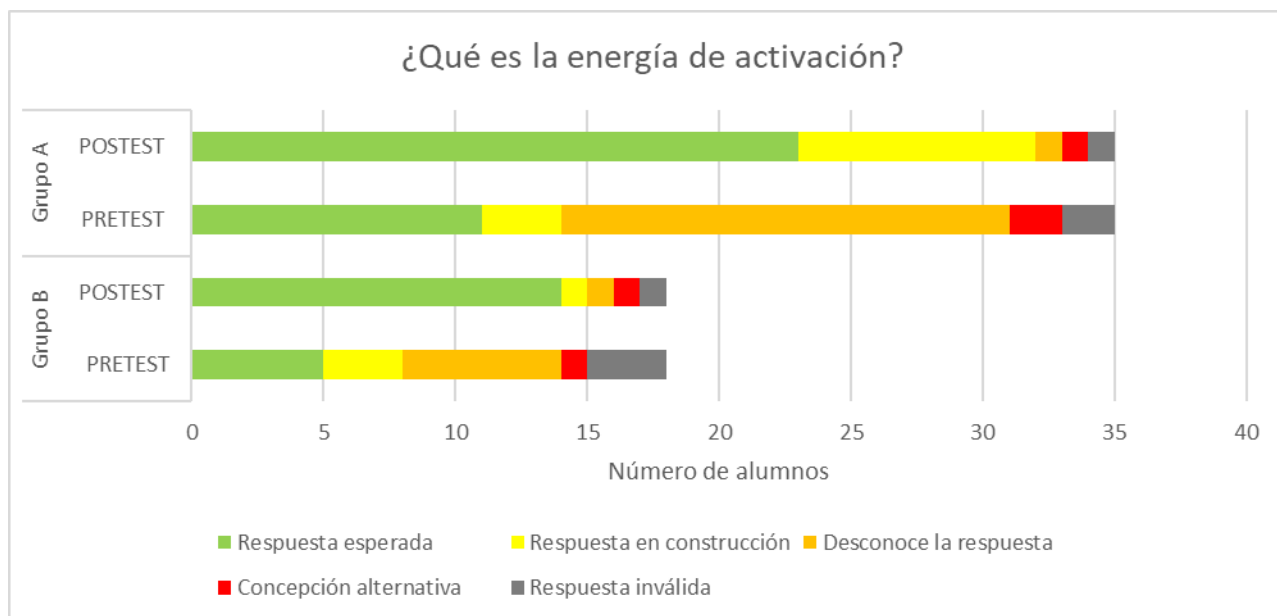
Tabla 11. Energía de activación

		Grupo A		Grupo B	
		PRETEST	POSTEST	PRETEST	POSTEST
¿Qué es la energía de activación?					
Respuesta esperada	Se considera como respuesta esperada que a) la energía de activación es a) la energía mínima necesaria para que ocurra una reacción, b) la energía que impulsa una reacción química, c) energía para poder producir una reacción química.	11	23	5	14
Respuesta en construcción	Se considera como respuesta en construcción que la energía de activación es a) la energía que genera un cambio en los compuestos, b) un tipo de energía que altera una reacción.	3	9	3	1
Desconoce la respuesta	El alumno refiere a) no recordar, b) no saber, c) contesta con un guion, puntos suspensivos o una x.	17	1	6	1
Concepción alternativa	Se considera una concepción alternativa responder que la energía de activación es a) la energía que tiene un elemento para poder reaccionar, b) la rapidez con la que ocurre una reacción química, c) luz, d) el medio en el que ocurre la reacción.	2	1	1	1
Respuesta inválida	Se considera una respuesta inválida cuando hay razones suficientes para considerar que el alumno copió la respuesta por un lenguaje que no corresponde con lo mostrado anteriormente, además de encontrarse la respuesta textual en buscadores.	2	1	3	1

Como se lee en la Tabla 11, y se observa en la Gráfica 39, las respuestas esperadas aumentaron en ambos grupos.

Gráfica 39.

Energía de activación.



Para determinar qué tipo de respuestas sugieren los estudiantes para argumentar por qué los reactivos se convierten en productos, se les preguntó sobre los factores que se deben cumplir para que este proceso ocurra. Que los estudiantes utilicen la teoría de colisiones es un indicativo de que esta información fue agregada a estructuras previas de conocimiento sobre las reacciones químicas, lo cual, como se muestra en la Tabla 12, ocurrió con 13 estudiantes del Grupo A equivalente al 37.2% y 4 del Grupo B que corresponde al 22.2%.

Otras respuestas que junto con la teoría de colisiones se encuentran dentro del nivel nanoscópico refieren a la reorganización de los átomos, mientras que respuestas que aluden a las condiciones de reacción, a los reactivos y/o medios adecuados se encuentran en el nivel macroscópico.

Otras respuestas muestran un conocimiento más general del proceso como al mencionar el requerimiento de un cambio, una reacción química o energía.

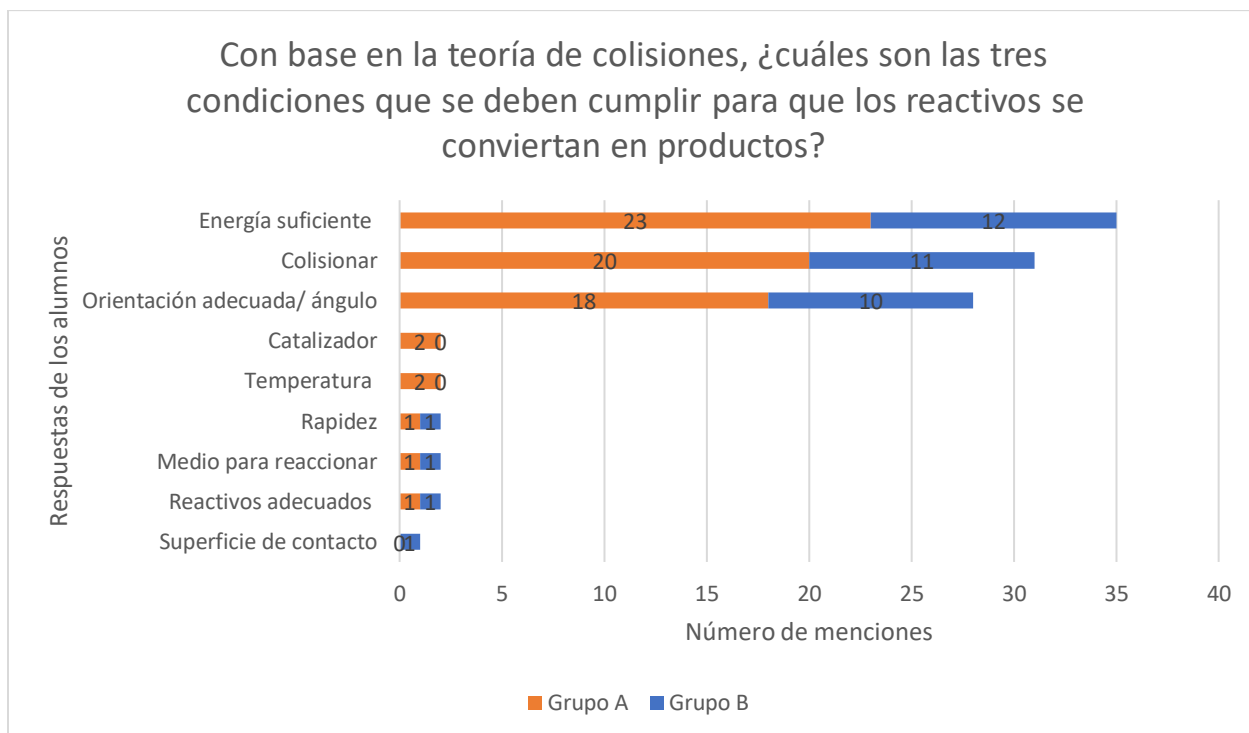
Tabla 12. Factores para que los reactivos se conviertan en productos

		Grupo A		Grupo B	
		PRETEST	POSTEST	PRETEST	POSTEST
¿Qué factores se deben cumplir para que los reactivos se conviertan en productos?					
Teoría de colisiones	Los estudiantes mencionan que los átomos, moléculas o reactivos deben colisionar con suficiente energía, en un ángulo correcto.	0	13	1	4
Reorganización de los átomos	Los estudiantes mencionan que debe haber una reorganización de los átomos.	7	2	1	3
Desconoce la respuesta	Los estudiantes refieren a) no recordar, b) no saber, o bien, c) contestan con un guion, puntos suspensivos o una x.	7	9	8	0
Condiciones de reacción	Los estudiantes refieren los factores que modifican la rapidez de una reacción (Presión, temperatura, concentración, presencia de un catalizador).	4	5	3	9
Reactivos adecuados	Los estudiantes refieren la necesidad de tener reactivos, en cantidad suficiente y que puedan reaccionar entre ellos.	1	2	5	2
Un medio adecuado	Los estudiantes hacen referencia al medio en el que ocurre la reacción.	2	1	0	0
Un cambio	Los estudiantes mencionan que se requiere que ocurra un cambio.	3	1	0	0
Una reacción química	Los estudiantes refieren que se requiere que ocurra una reacción química.	7	0	0	0
Se requiere energía	Los estudiantes refieren que se requiere energía o un impulso externo.	4	2	0	0

Al preguntar a los estudiantes cuáles son los factores que se deben cumplir para que los reactivos se conviertan en productos (pero explicitando que con base en la teoría de colisiones), el 65.71% de los estudiantes del Grupo A y 66.67% del Grupo B mencionaron energía suficiente, el 57.14% del Grupo A y 61.11% del Grupo B mencionaron que es necesaria la colisión, 51.43% del Grupo A y 55.56% del Grupo B el ángulo o la orientación correcta, información que se encuentra en la Gráfica 40.

Gráfica 40.

Factores teoría de colisiones



Un factor importante, estudiado de forma superficial con el material didáctico, pero que modifica la rapidez de reacción son los catalizadores. Se estudia de forma superficial —dado que se observa experimentalmente el efecto que producen en la rapidez de reacción (macro), y se aborda que no modifican la estequiometría de la misma (nanoscópico) y no se escriben en la reacción (simbólico)— por lo que no son parte ni de los reactivos ni de los productos, pero no se estudia el mecanismo por el cual producen este efecto, pues se considera que eso supera los objetivos didácticos del programa de estudios de CCH o en general del nivel medio superior.

En la Tabla 13 se encuentra la clasificación de las respuestas de ambos grupos sobre qué es un catalizador. Cabe resaltar que el 71.43% del Grupo A y el 55.56% del Grupo B de forma previa al uso del material ya tenían conocimientos sobre los catalizadores.

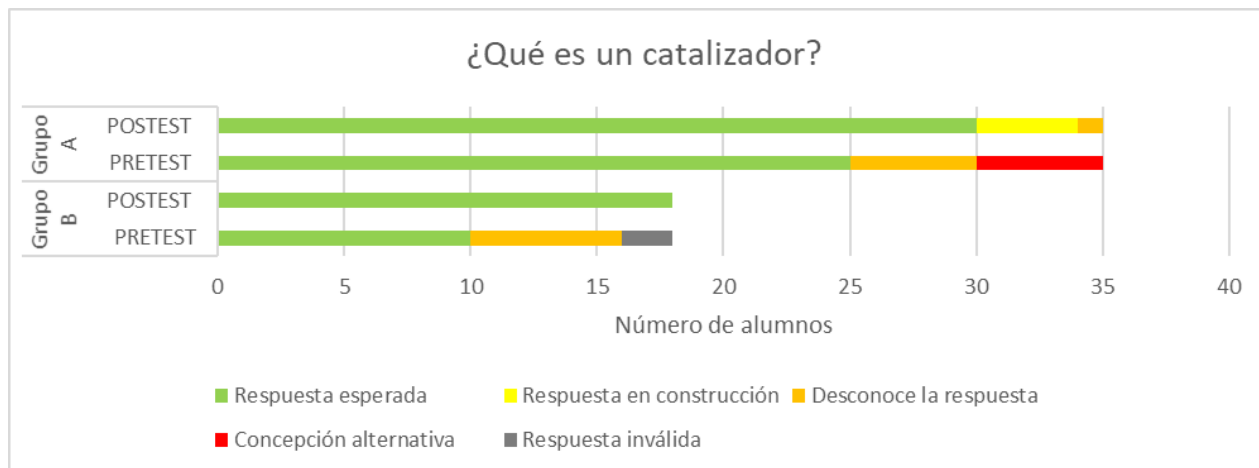
Tabla 13. Catalizadores

¿Qué es un catalizador?		Grupo A		Grupo B	
		PRETEST	POSTEST	PRETEST	POSTEST
Respuesta esperada	Se considera como respuesta esperada que los estudiantes expresen que los catalizadores son sustancias que a) modifican, b) aumentan o disminuyen la rapidez de una reacción.	25	30	10	18
Respuesta en construcción	Se considera como respuesta en construcción cuando el alumno refiere que un catalizador es a) un medio que acelera la reacción, b) un componente que guía la reacción.	0	4	0	0
Desconoce la respuesta	El alumno refiere a) no recordar, b) no saber, c) contesta con un guion, puntos suspensivos o una x.	5	1	6	0
Concepción alternativa	Se considera una concepción alternativa cuando los estudiantes refieren que un catalizador es a) una base, b) una sustancia necesaria para que ocurra una reacción, c) una sustancia que neutraliza la reacción.	5	0	0	0
Respuesta inválida	Se considera una respuesta inválida cuando hay razones suficientes para considerar que el alumno copió la respuesta por un lenguaje que no corresponde con lo mostrado anteriormente, además de encontrarse la respuesta textual en buscadores.	0	0	2	0

La información de la Tabla 13 se ilustra en la Gráfica 41, en la que se puede observar fácilmente que el 100% de los estudiantes del Grupo B obtuvo una respuesta esperada de forma posterior al uso del material didáctico, mientras que, en el Grupo A, se eliminaron las respuestas clasificadas como concepción alternativa.

Gráfica 41.

Catalizadores



Únicamente en el instrumento post-test, y para profundizar sobre las concepciones de los estudiantes acerca de los catalizadores, se les cuestionó explícitamente si estos aumentan la cantidad de productos. Se considera como respuesta esperada que los estudiantes comuniquen que los catalizadores no aumentan la cantidad de productos y a) únicamente modifican el tiempo de reacción, b) no se modifican durante la reacción y c) disminuyen la energía necesaria para que ocurra la reacción.

Se considera como respuesta en construcción cuando el alumno responde que los catalizadores no aumentan la cantidad de reactivos, a) porque el catalizador solo es un elemento o b) no justifica su respuesta.

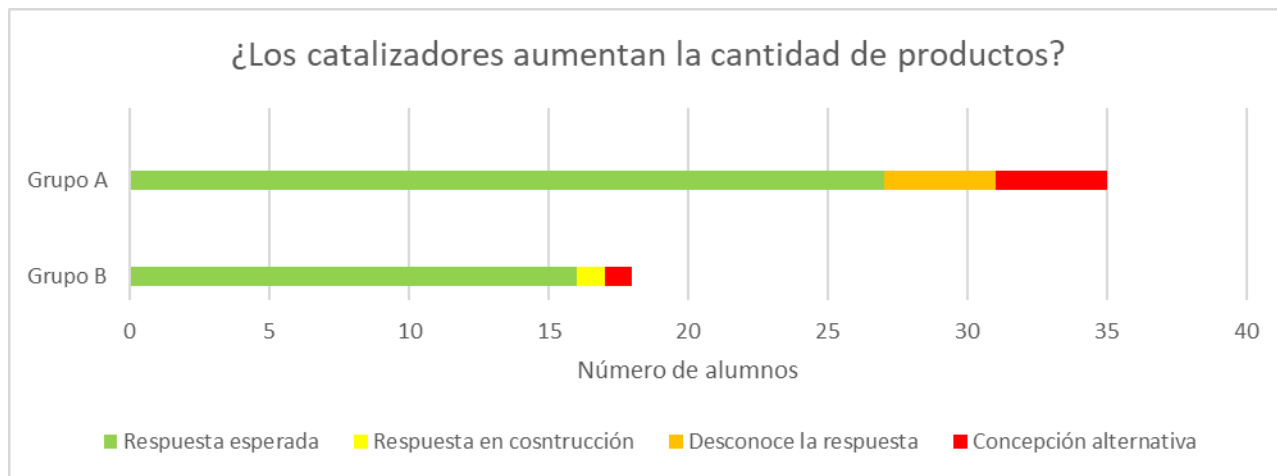
Se considera una concepción alternativa cuando los estudiantes dicen que los catalizadores sí aumentan la cantidad de productos.

Los resultados se presentan en la Gráfica 42, en la que se puede observar que 27 de 35 estudiantes del Grupo A y 16 del Grupo B construyeron una respuesta adecuada. Con respecto a las respuestas en construcción, sólo nos encontramos a un alumno del grupo B. Además, cinco estudiantes del Grupo A contestaron no saber la respuesta y cuatro respuestas en total se consideran concepciones alternativas,

es decir, cuatro estudiantes refirieron que los catalizadores sí aumentan la cantidad de producto obtenido en una reacción química.

Gráfica 42.

Catalizadores y productos de la reacción



3.5 Sobre los Modelos

Además de las actividades de modelado propuestas en la hoja de trabajo, durante la sesión sincrónica se utilizó una presentación interactiva mediante la plataforma *Pear Deck*, en la que cada alumno desde su sesión tuvo la posibilidad de dibujar sobre la pantalla de forma individual. Esto permitió a los estudiantes realizar modelos porque algunos de los factores estudiados —concentración, temperatura, y superficie de contacto— alteran la rapidez de las reacciones con base en la teoría de colisiones. Después, se mostraban los modelos al grupo de manera anónima y se discutían.

En esta sección se muestran y describen los modelos representativos generados por los estudiantes y un modelo a modo de ejemplo, también se informa el número de estudiantes cuyos modelos resultan equivalentes.

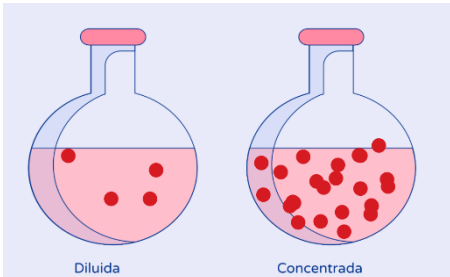
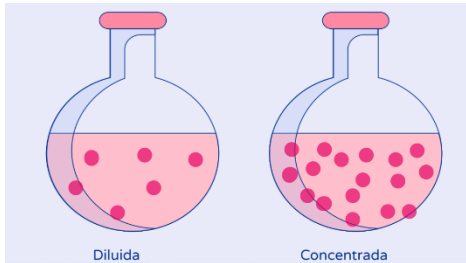
3.5.1 Sobre una Solución Diluida contra una Solución Concentrada

Con respecto al factor de la concentración, se presentan en la Tabla 14 los modelos realizados por los estudiantes en la presentación interactiva y su descripción. Podemos observar que el modelo con mayor representación es el de círculos o esferas que aumentan su cantidad con la concentración (Modelo A). Cabe destacar que sólo 11.43% de los estudiantes del Grupo A y 5.56% del Grupo B utiliza en su modelo moléculas como las observadas en los videos (Modelo B).

Con respecto al Modelo C, los estudiantes utilizan colores distintos en la solución diluida con respecto a la concentrada, por lo que se requiere mayor investigación para determinar si esto indica una concepción alternativa al denotar un cambio en la naturaleza de la sustancia o la representación de dos sustancias.

De igual modo, se requiere investigación posterior para determinar si el Modelo I permite visualizar una concepción alternativa.

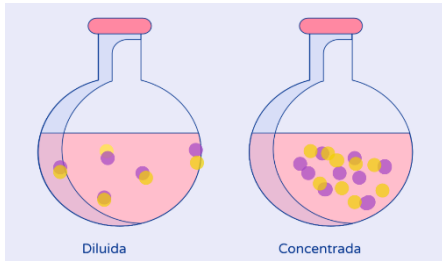
Tabla 14. Modelos de concentración

Modelos de una solución diluida contra una concentrada			
Grupo A		Grupo B	
Ejemplo de modelo	número de estudiantes	Ejemplo de modelo	Número de estudiantes
MODELO A			
	18		8

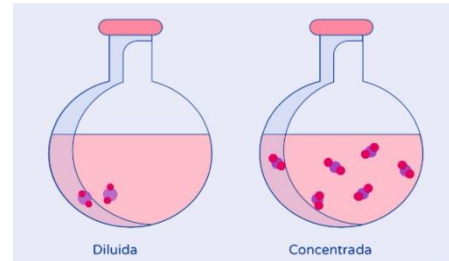
En este tipo de modelo podemos observar que los estudiantes utilizan círculos para representar a las moléculas o átomos de las sustancias y aumentan la cantidad de ellos para

mostrar una mayor concentración. Este tipo de modelo fue el más frecuente, realizado por 26 estudiantes en total.

MODELO B



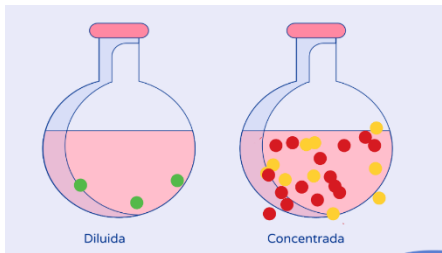
4



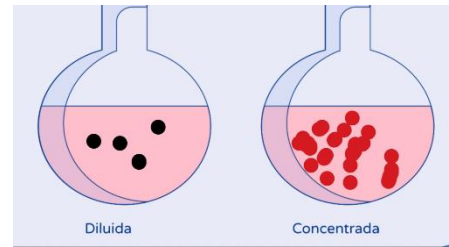
1

En este tipo de modelo los estudiantes realizaron representaciones de moléculas utilizando círculos de diversos colores siempre unidos y nuevamente en mayor cantidad en la solución concentrada.

MODELO C



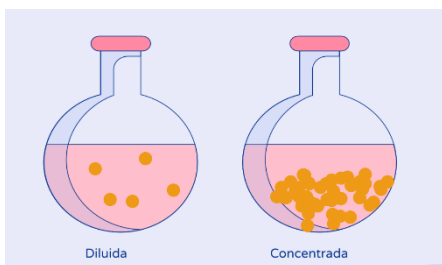
2



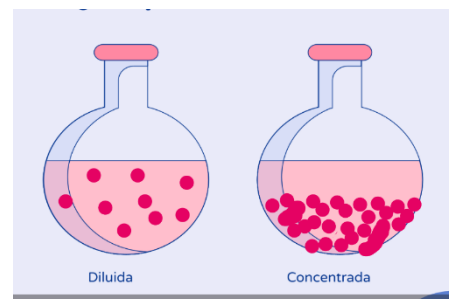
3

En este tipo de modelo los estudiantes utilizaron círculos de colores distintos en las soluciones y aumentaron la cantidad en la de mayor concentración.

MODELO D



2



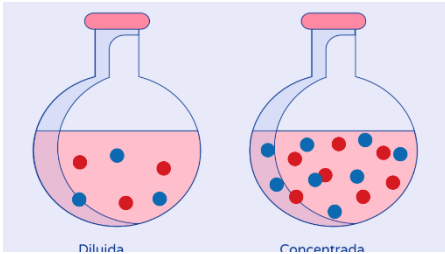
3

En este tipo de modelo los estudiantes colocaron los círculos de la solución concentrada en la parte inferior del matraz representando la formación de precipitados.

MODELO E

5

0

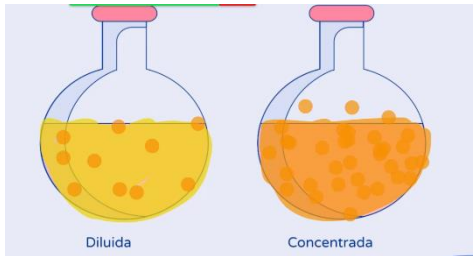
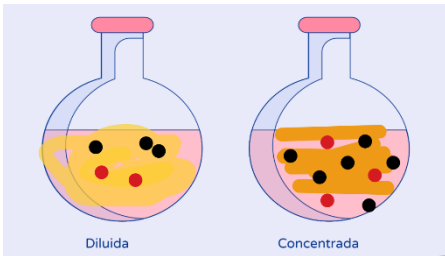


En este tipo de modelos los estudiantes utilizaron círculos de distintos colores para comunicar la presencia de dos sustancias distintas en la solución, a mayor cantidad de círculos mayor concentración.

MODELO F

1

2

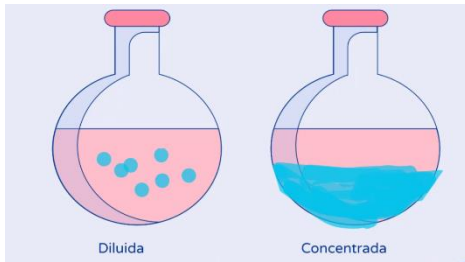
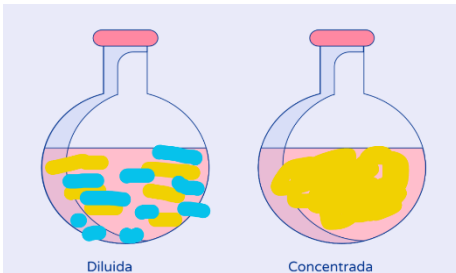


En estos modelos los estudiantes utilizaron los círculos para representar una menor o mayor cantidad de átomos de las sustancias, pero a la vez utilizaron un color más claro o saturado para representar la concentración, lo cual se podría observar a simple vista en algunas experiencias, por lo que este modelo combina los niveles nanoscópico y macroscópico.

MODELO G

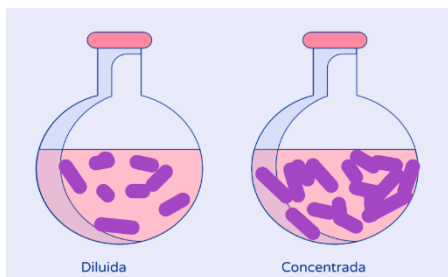
1

1



En estos modelos, realizados por únicamente un alumno de cada grupo, se utilizan círculos o líneas para representar la sustancia en el primer matraz, pero se colorea de forma homogénea en el matraz de la solución concentrada.

MODELO H

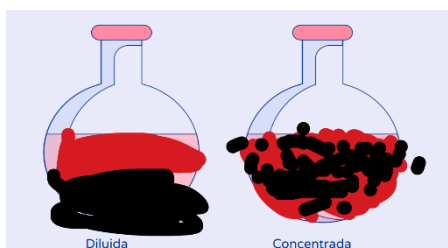


1

0

En este modelo realizado por un alumno del Grupo A, se utilizan líneas para representar la presencia de las sustancias, aumentando su cantidad en la solución concentrada.

MODELO I



1

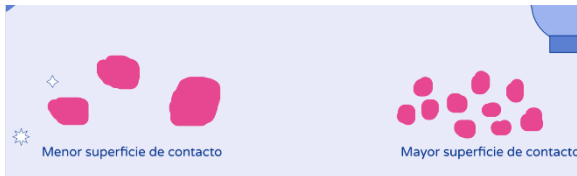
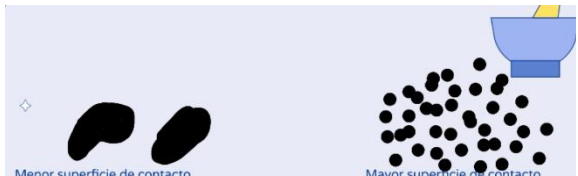
0

En este modelo realizado por un alumno del Grupo A se representan dos sustancias de forma separada y, posteriormente, una mezcla de las sustancias en el matraz de la solución concentrada.



3.5.2 Sobre la Superficie de Contacto

En lo que respecta a la superficie de contacto, aumenta la variedad de modelos realizados por los estudiantes. En la Tabla 15 se presentan los modelos que se encontraron en ambos grupos, de mayor a menor frecuencia, siendo el tercero el único que corresponde a una representación explícita en el nivel nanoscópico.


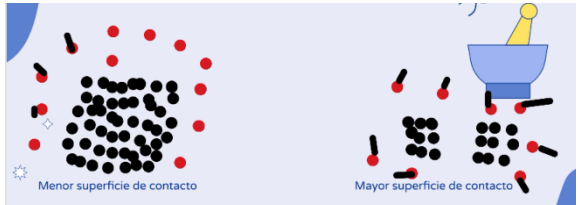
Tabla 15. Modelos de superficie de contacto

Modelos de superficie de contacto			
Grupo A		Grupo B	
Ejemplo de modelo	Número de estudiantes	Ejemplo de modelo	Número de estudiantes
	4		5

El tipo de modelos más frecuente consistió en representar con figuras más grandes la menor superficie de contacto y con figuras más pequeñas la mayor superficie de contacto. En estos casos los modelos atienden a lo macroscópico, dado que los estudiantes manifiestan modificar la presentación de los reactivos cortándolos en pedazos o triturándolos.

	2		3
--	---	---	---

En este tipo de modelos los estudiantes dibujaron una figura pequeña para la menor superficie de contacto y la misma figura más grande para la mayor superficie de contacto, esto indica que están utilizando la idea de superficie con la que suelen trabajar en matemáticas o física, añadiendo círculos al interior de esta como una asociación a las moléculas de la sustancia.

	3		2
---	---	--	---

En estos modelos los estudiantes logran representar que las moléculas están unidas dejando menor superficie de contacto a su alrededor y que, al separarlas, hay más espacios y posibilidades para la interacción con las moléculas de otro reactivo.

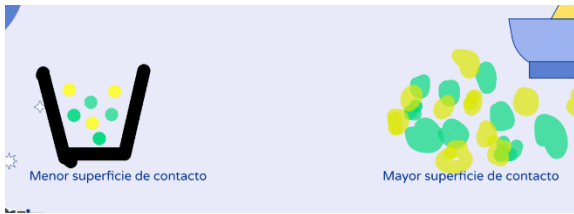


2

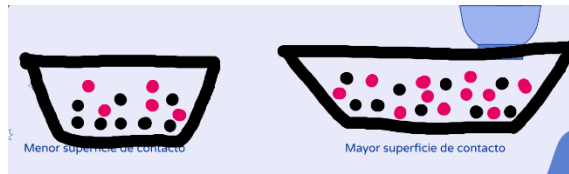


2

En estos modelos los estudiantes realizaron representaciones que pertenecen a nivel macroscópico, dibujando los activos en piezas grandes y pedazos pequeños e, incluso, escribiendo que su dibujo representa la papa en trozos o cubos pequeños en relación con el video de la mesa 1.

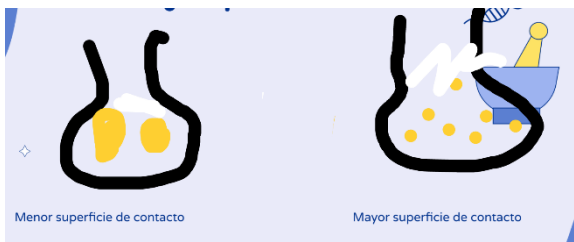


1



3

En estos cuatro casos los estudiantes modificaron el tamaño del contenedor que hace referencia a la mayor superficie de contacto haciéndolo más grande o bien extendiendo los reactivos en una superficie mayor.

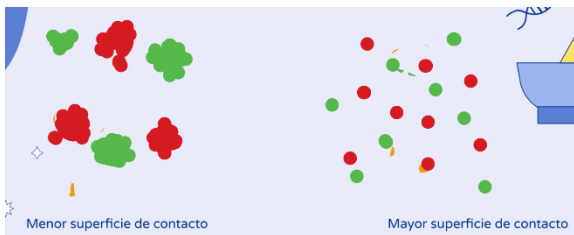


1



1

Estos 2 modelos se podrían considerar de la misma clasificación que los primeros de esta tabla, en los cuales los estudiantes dibujan una porción mayor y después y piezas más pequeñas, con la única variación de hacerlo dentro de un envase.



1



1

En estos 2 modelos se puede observar piezas formadas por la superposición de varios círculos y después los círculos separados en la mayor superficie de contacto.



1




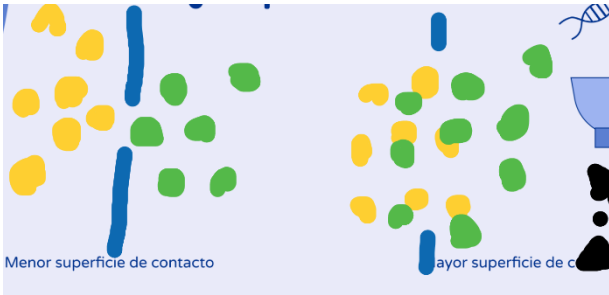

1

En estos 2 modelos los estudiantes hacen evidente la superficie de contacto al dibujar la periferia de las formas representadas.

En la Tabla 16 se despliegan modelos de superficie de contacto que únicamente se presentaron en el Grupo A.

Tabla 16. Modelos de superficie de contacto. Grupo A

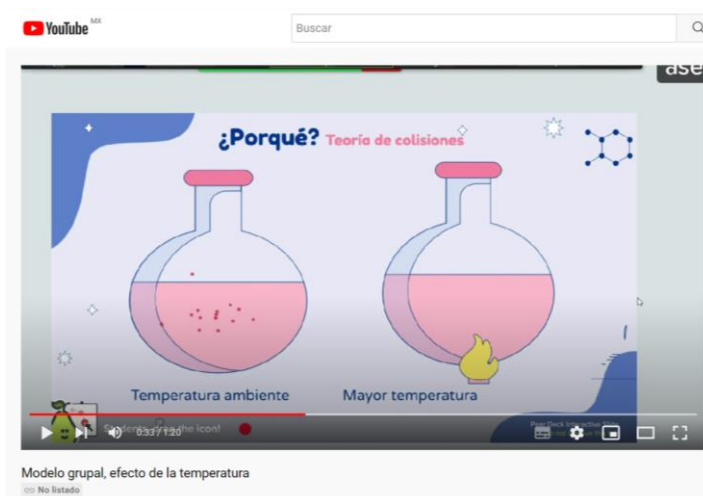
Modelos de superficie de contacto que únicamente se presentaron en el Grupo A.

Ejemplo de modelo	Número de estudiantes	Descripción
	3	<p>En este modelo se representan los átomos o moléculas de 2 sustancias distintas, en el primer caso separados entre sí y en el segundo en contacto. Esto podría inferir que los estudiantes consideran que hay un mayor contacto entre las moléculas que ahora se están tocando, pero aludiendo a la distancia y no al acomodo en grupos que tienen al inicio de los experimentos.</p>
	2	<p>En esta clase de modelos se representa exitosamente una mayor superficie de contacto, pero por una barrera física como una membrana o una cubierta y no por la pulverización por la disminución del tamaño de los trozos de los reactivos.</p>
	1	<p>En este modelo el alumno representa una menor o mayor superficie de contacto, pero con respecto al envase que la contiene no al contacto con otro reactivo a nivel nanoscópico.</p>

3.5.3 Sobre la Temperatura

El modelo para representar el efecto de la temperatura se realizó de forma grupal y dinámica. Cada alumno controlaba un círculo en la presentación interactiva y se configuró la diapositiva de forma que pudieran ver las respuestas de todos traslapadas, con posibilidad de modificar la respuesta en cualquier momento. Esto permitió que los estudiantes pudieran representar el movimiento de las partículas en un matraz a temperatura ambiente contra uno mayor (Figura 23). El video de este modelo dinámico se encuentra en el siguiente enlace <https://youtu.be/0uTtyiCp3nA>.

Figura 23. Modelo grupal del efecto de la temperatura.



3.6 Sobre la Aplicación del Contenido

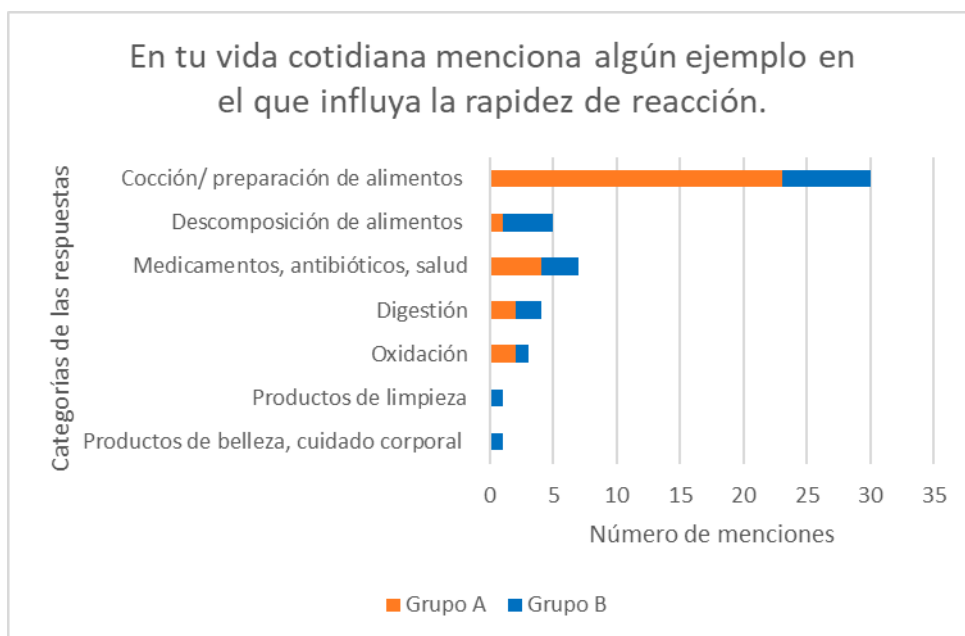
Una de las dimensiones del aprendizaje significativo, según Jonassen (1995) y Grabe (2007), es que sea auténtico, que los estudiantes reconozcan el conocimiento dentro de un contexto y lo puedan aplicar a resolver tareas del mundo real.

Como primer punto de esta sección, se solicitó a los estudiantes ejemplos cotidianos en los que influye la rapidez de reacción. En los resultados en la Gráfica 43, podemos constatar que los estudiantes

relacionan este contenido principalmente con la industria alimentaria, la cocción, preparación y procesos de descomposición de los alimentos, seguido de aplicaciones relacionadas con la farmacéutica y la salud. Además, hubo 3 respuestas que indican que los estudiantes, al ser cuestionados sobre su contexto cotidiano, retoman el significado ajeno al contexto de la química del concepto de rapidez de reacción. Estas fueron: a) “el estrés influye en la rapidez de reacción de las personas”, b) “Cuando juego videojuegos” C) “Que se me haga tarde para ir a mi curso”.

Gráfica 43.

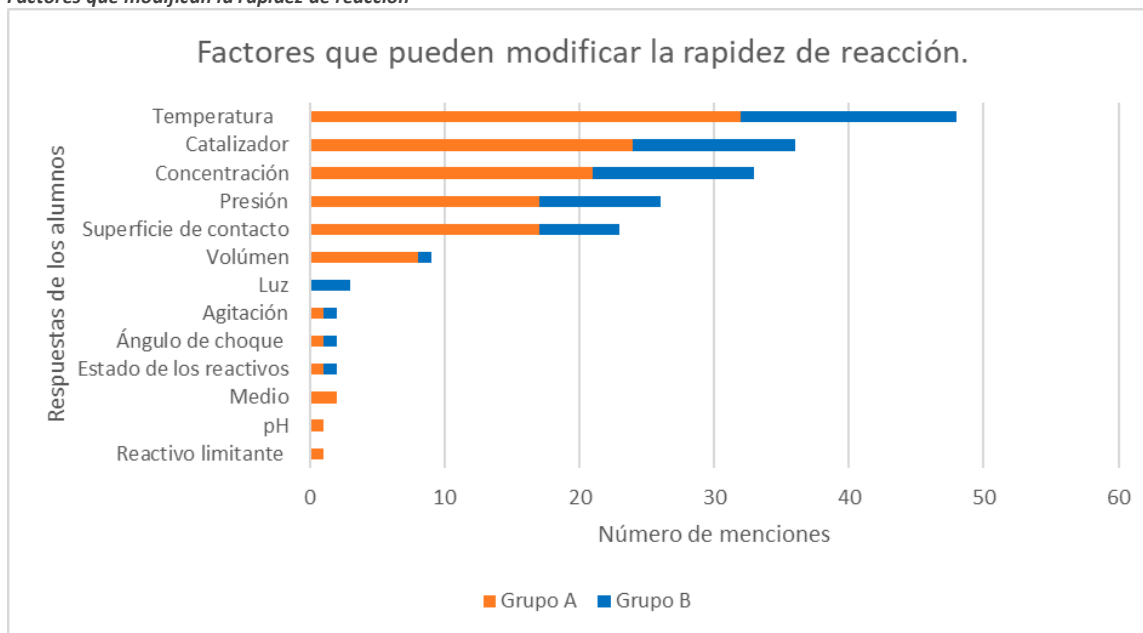
Aplicaciones percibidas por los estudiantes sobre la rapidez de reacción en la vida cotidiana.



Para modificar la rapidez de reacción, los estudiantes identificaron diversos factores que se presentan en la Gráfica 44, siendo el más presente la temperatura. Después utilizaron estos factores para resolver los problemas de aplicación que se encuentran en el Anexo 5.

Gráfica 44.

Factores que modifican la rapidez de reacción



En la Tabla 17, se muestra un ejercicio de identificación de situaciones que llevarían a una mayor rapidez de reacción atendiendo al nivel macroscópico, a excepción de la Imagen 3 que combina un modelo de representación nanoscópico.

Tabla 17.

Ejercicios de identificación de factores que modifican la rapidez de reacción

Ejercicios de identificación de la reacción que tendría una mayor rapidez

IMAGEN 1. Superficie de contacto

Opción 1



Opción 2



No lo sé con seguridad.

IMAGEN 2. Superficie de contacto

Opción 1



Opción 2



No lo sé con seguridad.

IMAGEN 3. Presión

Mayor presión



Menor presión



No lo sé con seguridad.

IMAGEN 4. TEMPERATURA

Opción 1



Opción 2



No lo sé con seguridad

IMAGEN 5. CATALIZADOR

Opción 1



Sin enzima añadida

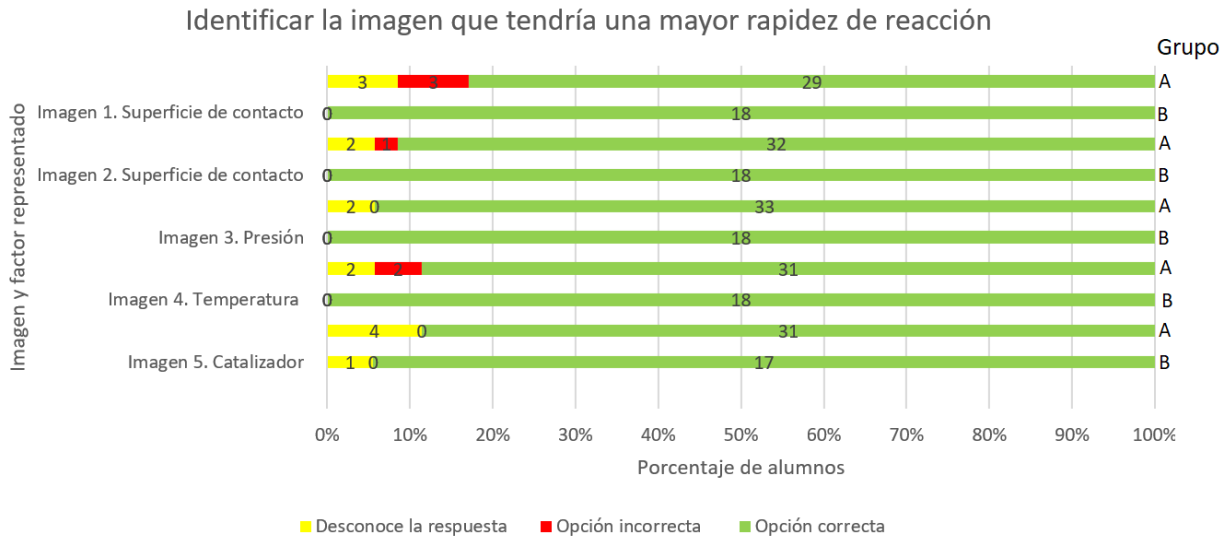


No lo sé con seguridad

Los resultados de este ejercicio se encuentran en la Gráfica 45, en la que se observa que, en todos los casos, más del 80% de los estudiantes identifica de forma adecuada en una imagen la situación que conlleva una mayor rapidez de reacción.

Gráfica 45.

Ejercicios de identificación de factores que modifican la rapidez de reacción

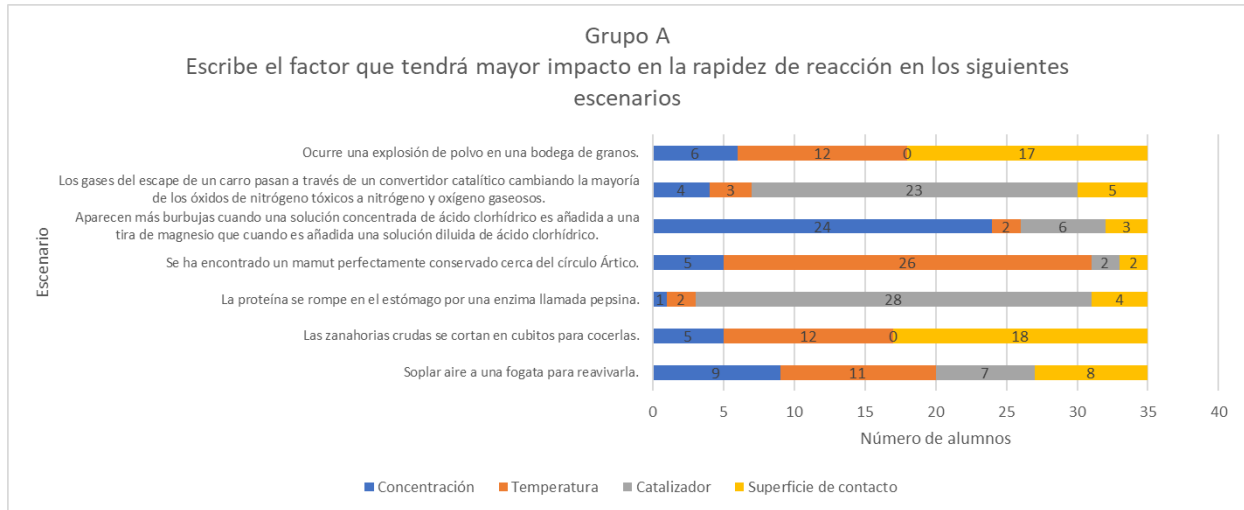


Para identificar los factores en escenarios más complejos se dieron diversos ejemplos y se solicitó a los estudiantes identificar el factor que consideran tuviera mayor efecto en cada caso.

En la Gráfica 46 se exponen las respuestas del Grupo A; en todos los casos, el mayor número de estudiantes mencionó el factor esperado que influye, sin embargo, otros estudiantes identifican la influencia de otros factores que también tienen relación con el escenario.

Gráfica 46.

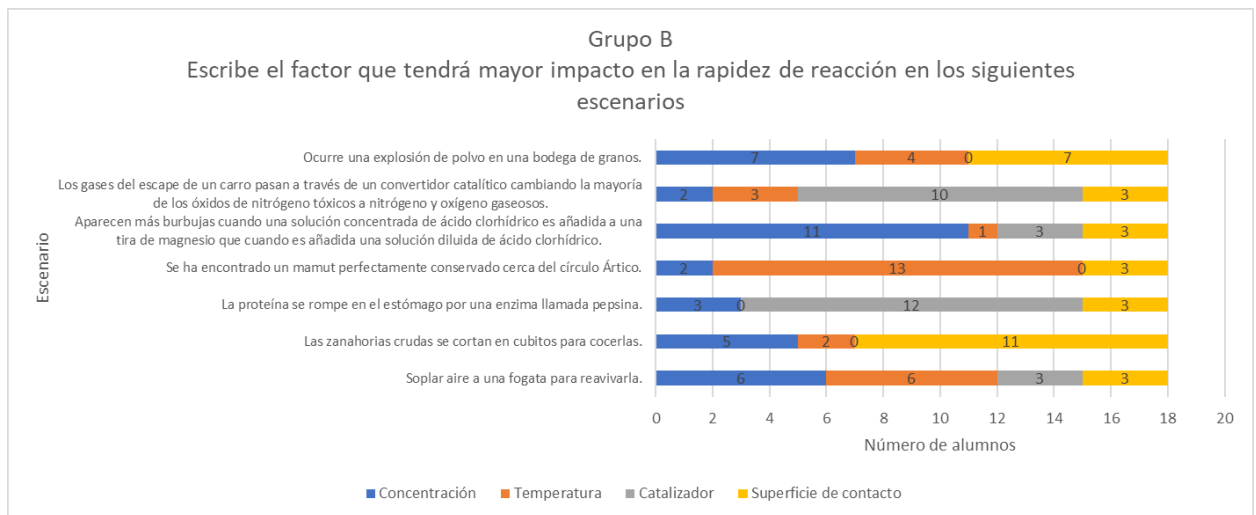
Identificación de factores en escenarios diversos. Grupo A



En la Gráfica 47 se exponen las respuestas del Grupo B que, en prácticamente todos los escenarios, identificaron el factor esperado que interviene en el escenario. En dos situaciones a) cuando ocurre una explosión de polvo en una bodega de granos y b) al soplar aire a una fogata para revivirla, hubo un número igual de estudiantes que identificó la concentración y la superficie de contacto o la concentración y la temperatura respectivamente.

Gráfica 47.

Identificación de factores en escenarios diversos. Grupo B



Capítulo 4. Conclusiones

4.1 Logros Alcanzados

El primer logro de este trabajo es el diseño y creación del material didáctico audiovisual, la página web que contiene los recursos para docentes, la hoja de trabajo para los estudiantes y los 16 videos que concilian los tres niveles del pensamiento químico para promover el aprendizaje significativo de rapidez de reacción.

El 92.6% de los estudiantes participantes expresaron estar de acuerdo con que el recurso les ayudó a comprender el contenido de rapidez de reacción. El 88.9% refirieron que las simulaciones (modelos moleculares) y las reacciones (ecuaciones químicas) presentes en los videos les resultaron de utilidad para comprender los fenómenos observados.

Con respecto a la autoevaluación del conocimiento percibido, se cuestionó a los estudiantes acerca de su conocimiento percibido sobre reacciones químicas, ley de la conservación de la materia, molaridad, factores que modifican las reacciones químicas, factores que modifican la rapidez de las reacciones químicas y teoría de colisiones. Previo al uso del material el 23.1% de las veces los estudiantes se identificaron en categorías superiores (lo comprendo bien, puedo explicarlo a un compañero) y 23.1% en la categoría de avance (lo comprendo parcialmente) mientras que posterior al uso del material el 63.8% de las veces los estudiantes se identifican con las categorías superiores y 22.7% en la categoría de avance.

Con respecto a las formas en las que pueden darse cuenta de que está ocurriendo una reacción química hay un aumento del 53.3% y del 70% en el número de respuestas del grupo A y B respectivamente.

Resulta interesante que, en el pretest del Grupo A, algunos estudiantes brindaron ejemplos que corresponden al nivel simbólico como “la flecha de cambio” u “observar la ecuación”, o al nivel

nanoscópico, como “cambios en la estructura” o “cambios en los átomos”, cuestiones a las que el alumno difícilmente tendría acceso de forma empírica, pero que siguen siendo respuestas válidas.

Los estudiantes identifican que está ocurriendo una reacción química por diversas formas. Las respuestas tendieron a migrar hacia lo macroscópico con ejemplos como el color, el olor, la efervescencia, cambios en el estado de agregación de la materia, cambios en la temperatura o la formación de precipitados. También aumentaron las respuestas que corresponden al nivel nanoscópico como el cambio en los compuestos, las estructuras y las propiedades físicas y químicas de las sustancias.

En el grupo A se logró un aumento del 45% en las respuestas esperadas sobre el contenido, mientras que, en el de resultados iniciales inferiores, el Grupo B, se logró un aumento del 60%.

Atendiendo a los modelos realizados por los estudiantes, para representar el aumento de concentración el 64% de los estudiantes utilizan círculos que representan a los átomos de las sustancias, los colocaron en menor cantidad para una disolución menos concentrada y en mayor cantidad para representar una disolución más concentrada, el 10% utilizó varios círculos de distintos colores para representar moléculas, las cuales se encontraban en menor cantidad en una disolución con menor concentración y en mayor cantidad para una con mayor concentración, el 16% utilizaron un color distinto o más oscuro, y el 10% representó la solución concentrada mediante la presencia de precipitados.

En los modelos encontrados acerca de la superficie de contacto, el tipo de modelo más frecuente consistió en representar con figuras más grandes la menor superficie de contacto y con figuras más pequeñas la mayor superficie de contacto. En estos casos los modelos atienden a lo macroscópico, dado que los estudiantes manifiestan modificar la presentación de los reactivos cortándolos en pedazos o triturándolos.

En menor cantidad se encontraron modelos en los que los estudiantes dibujaron una figura pequeña para la menor superficie de contacto y la misma figura más grande para la mayor superficie de contacto, o

incluso un contenedor de mayor tamaño, esto indica que están utilizando la idea de superficie con la que suelen trabajar en matemáticas o física, aunque añadiendo círculos al interior de esta como una asociación a las moléculas de la sustancia.

Siete estudiantes realizaron modelos que logran representar que las moléculas están unidas dejando menor superficie de contacto a su alrededor y que, al separarlas, hay más espacios y posibilidades para la interacción con las moléculas de otro reactivo.

El modelo grupal realizado representó la relación entre el movimiento de las partículas y el aumento de temperatura.

Finalmente, en la aplicación del contenido los estudiantes identificaron ejemplos cotidianos en los que influye la rapidez de reacción, los estudiantes relacionan este contenido principalmente con la industria alimentaria, la cocción, preparación y procesos de descomposición de los alimentos, seguido de aplicaciones relacionadas con la farmacéutica y la salud.

Para modificar la rapidez de reacción, los estudiantes identificaron diversos factores, siendo el más presente la temperatura, seguido de catalizadores, aumento en la presión, superficie de contacto, luz, y agitación. Utilizaron estos factores para resolver los problemas de aplicación de forma satisfactoria.

El material coloca al alumno en un papel activo dentro de su proceso de aprendizaje, lo ayuda a realizar sus propias construcciones mediante un aprendizaje colaborativo e integrado.

El uso de este material didáctico ha conseguido estimular la participación del estudiante ya que, en las sesiones en línea sincrónicas, los docentes observaron un aumento del diálogo y participaciones de los alumnos con respecto a sesiones anteriores, lo que refleja motivación y actitud favorable.

En las sesiones de discusión y socialización del recurso se logró un ambiente de interacción que junto con los problemas de aplicación posibilitaron el proceso denominado de confrontación y

reestructuración, en el cual los estudiantes estiman las ideas de sus compañeros, complementan y/o corrigen sus construcciones.

De esta manera, se propició una de las condiciones necesarias para que se produzca un aprendizaje significativo enunciadas por Albaladejo y Echevarría (2001): que el estudiante muestre interés y motivación.

La investigación subsecuente a la aplicación de este material didáctico audiovisual ha demostrado que, haciendo hincapié en la triple relación de las representaciones macroscópicas, nanoscópicas y simbólicas en química, es posible que los estudiantes logren un aprendizaje significativo de los factores que modifican la rapidez de reacción. Esto se observa en los resultados positivos a las preguntas y ejercicios planteados en los distintos niveles, en los que utilizan sus propias palabras y argumentos y muestran su capacidad de aplicar los conocimientos a tareas reales para generar modelos.

Existen diferencias entre los resultados del Grupo A y el Grupo B que reafirman que la motivación y las estructuras cognitivas previas de los estudiantes tienen una participación importante en la construcción de conocimiento nuevo; no obstante, en ambos grupos hubo un crecimiento importante del pre-test al post-test.

Es importante resaltar que el material didáctico audiovisual no es suficiente por sí solo. El profesor y la socialización de los estudiantes con sus pares cumplen un papel importante en el éxito y la eficacia de la enseñanza de la rapidez de reacción.

Además, en el carácter constructivista del material no se trata de que el profesor dé la respuesta “correcta” sino de que el alumno, a través del uso del material, la modelización y valorando otras construcciones y argumentaciones, pueda mejorar lo hecho anteriormente.

4.2 Prospectiva

En el material didáctico audiovisual se requiere hacer un mayor énfasis en el cambio de la concentración de los reactivos y los productos durante una reacción química a través del uso de gráficas de la cinética de reacción, enfatizar en las unidades en las que se mide la concentración y la rapidez de reacción, de la mano con las ecuaciones químicas.

Otro factor de mejora es la profundidad con la que se aborda la acción de los catalizadores, ya que los estudiantes definen el concepto sin dificultad, pero no tienen una idea clara sobre el papel que desempeña un catalizador en una reacción química y no le atribuyen una acción concreta en el curso de la reacción.

Para futuras investigaciones se podrían estudiar los modelos realizados por los estudiantes para la superficie de contacto, las estructuras que realizan con los conceptos de rapidez de reacción a través de mapas mentales o conceptuales y el efecto de utilizar videos que concilien los tres niveles de representación de la química en el aprendizaje de otros contenidos de la química.

4.3 Reflexión sobre el Programa de Maestría en Docencia para la Educación Media Superior

El Programa de Maestría en Docencia para la Educación Media Superior (MADEMS) reconoce la importancia que tiene la educación media superior para el país y para la UNAM.

Es importante compartir que durante los cuatro semestres que estuve en el programa (tres en línea y uno presencial) se dieron las condiciones para adquirir habilidades y conocimientos basados en la reflexión y experiencia retrospectiva, además de todas las fuentes bibliográficas, investigaciones educativas, libros y enseñanzas compartidas por los docentes y la comunidad MADEMS que me dieron las bases para enfrentar con éxito los retos de incorporarme a la docencia de nivel medio superior, y las herramientas para una actualización y mejora continua.

Disfruté de una formación práctica y teórica donde la psicopedagogía, fue un eje esencial.

El ejercicio de la docencia requiere, además del conocimiento experto de la disciplina, el dominio de los aspectos centrales de la práctica docente: adentrarse en las investigaciones sobre cómo se genera el aprendizaje y cómo enseñar y evaluar en concordancia, así como perspectivas para trabajar con adolescentes. Tomando en cuenta la capacidad de cada alumno para cumplir con su aprendizaje. Aspectos que sin duda seguiré trabajando, mejorando y actualizando de forma constante durante mi carrera docente, partiendo de las bases adquiridas en este programa.

La educación que se obtiene durante los cuatro semestres de este posgrado difícilmente se percibe en su totalidad en el trabajo de tesis ya que las herramientas que se van adquiriendo amplían nuestra perspectiva, permitiéndonos encontrar áreas de mejora en los proyectos realizados. Con respecto a mí material didáctico sugeriría modificar el enfoque de aplicación a uno con mayor enfoque en el trabajo en equipo, promoviendo así el aprendizaje en comunidad, y evaluaría los resultados de utilizar el recurso como parte de distintas secuencias didácticas y con un mayor número de estudiantes para obtener datos estadísticamente relevantes.

Estoy totalmente convencida de que este programa logra el objetivo de formar sólida y rigurosamente, con un carácter innovador, multidisciplinario y flexible, profesionales de la educación a nivel de Maestría para un ejercicio docente adecuado a las necesidades de la Educación Media Superior, y que las semillas que ha sembrado seguirán inspirándome a ser un docente reflexivo, innovador y comprometido con la educación, en específico con la enseñanza de la química.

1. Guía de Uso del Material Didáctico

RECURSO DIDÁCTICO

FASTLAB: EXPERIMENTOS DE RAPIDEZ DE REACCIÓN

La cinética química es el área de la química que tiene relación con la rapidez con la que ocurre una reacción química, que es el cambio en la concentración de un reactivo o de un producto con respecto al tiempo (Chang, 2003). El tema resulta pertinente para alcanzar uno de los objetivos de la enseñanza de las ciencias, “que los estudiantes logren explicar los fenómenos observables (nivel macroscópico) a través de modelos nanoscópicos”.

El tema de la cinética química es percibido por los estudiantes como uno de los cursos de química general y fisicoquímica más difíciles (Sözbilir, 2004). Incluso, a nivel medio superior, el aprendizaje de los conceptos clave de la cinética química es un reto para los estudiantes.

Por otro lado, investigaciones educativas han demostrado sistemáticamente que los estudiantes de secundaria tienen dificultades conceptuales para transferir entre representaciones macroscópicas, nanoscópicas y simbólicas en química.

Con base en lo anterior, la propuesta de material didáctico audiovisual para nivel medio superior que se presenta tiene por objetivo promover el aprendizaje significativo de rapidez de reacción, mediante la conciliación del (1) nivel macroscópico, que describen las propiedades observables de la materia, por ejemplo, la energía térmica, los cambios de pH y de color, y la formación de gases y precipitados; (2) nanoscópico, representaciones moleculares que proporcionan explicaciones a nivel de partículas en las que la materia se describe como compuesta por átomos, moléculas e iones, y (3) simbólico, que implica el uso de símbolos químicos, fórmulas y ecuaciones, así como dibujos de la estructura molecular, modelos y simulaciones por ordenador que simbolizan la materia.

Este material surge con el ánimo de atender dos aspectos: en primer lugar, la necesidad de atraer e involucrar al estudiante en su propio aprendizaje y, en segunda instancia, proponer alternativas tanto a

la clase magistral, dominada por el paradigma transmisión-asimilación, como a las prácticas experimentales tradicionales en donde el estudiante se limita a ser un espectador.

MANUAL DE USO

GUÍA PARA EL DOCENTE

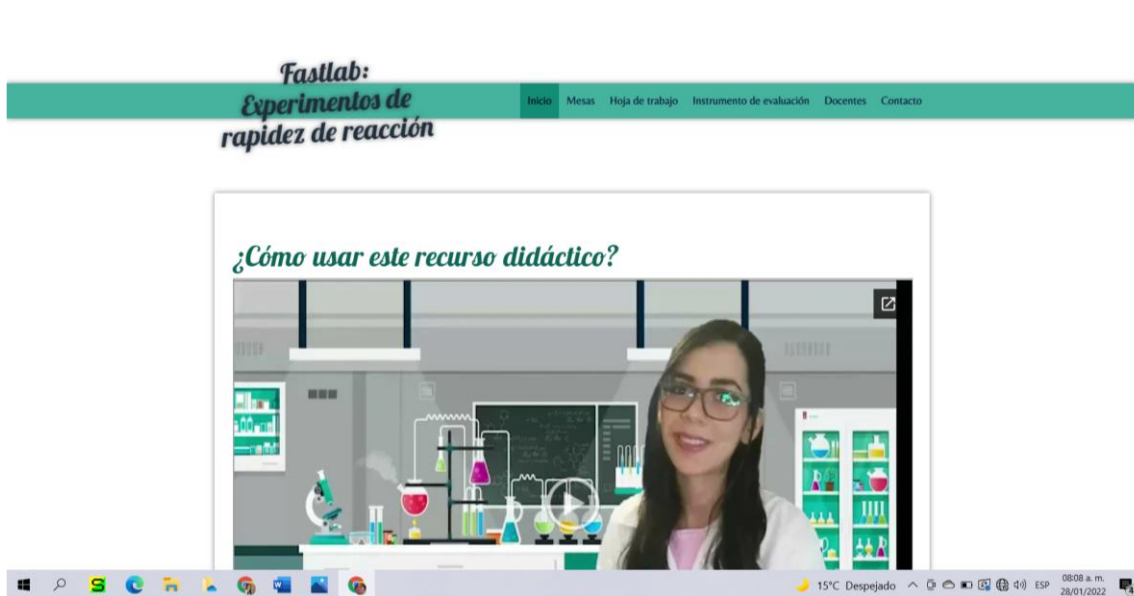
Accede al recurso didáctico través del siguiente enlace: <https://experienciainteractiva.jimdofree.com/>

Es importante que se permita el uso de cookies o se pause el uso de extensiones que eviten los anuncios para el correcto funcionamiento de la página web.

En la primera parte de este documento, se hace referencia al contenido didáctico del material, se describen los conceptos presentes y el factor que modifica la rapidez de reacción que se aborda en cada video. Esto para consideración del docente que está diseñando una secuencia didáctica y hará uso de este material didáctico de apoyo.

El título de la página web es *Fastlab: Experimentos de rapidez de reacción*. En el inicio, la ventana principal (el primer texto debajo del menú) enuncia “¿Cómo usar este recurso didáctico?”. Al dar clic, se reproduce un tutorial para el uso de la página web (Figura 1). Para acceder a una descripción escrita de la página web puede dirigirse a la página 5.

Figura 24. Captura de pantalla ventana de inicio, video tutorial.



Contenido didáctico del material

El presente material didáctico tiene los siguientes objetivos didácticos:

Cognitivos

- Los alumnos comprenderán que las reacciones se llevan a cabo con diferente rapidez de acuerdo con la naturaleza de los reactivos y las condiciones de reacción al analizar información de experimentos.
- Los alumnos serán capaces de explicar con base en la Teoría de Colisiones, el efecto que tienen la superficie de contacto, el catalizador, la temperatura y la concentración sobre la rapidez de las reacciones químicas.

Procedimentales

- Los alumnos recolectarán y organizarán información del material audiovisual.
- Los alumnos identificarán las condiciones de experimentación, observarán e interpretarán los cambios.

Actitudinales

- Los alumnos tendrán una actitud científica para la formación de conocimiento.
- Los alumnos valorarán el conocimiento científico y su aplicación en su vida.

En la tabla 18, se enlistan las mesas de laboratorio disponibles, los reactivos representativos de cada video, la duración en minutos y segundos de cada fragmento audiovisual, los factores que modifican la rapidez de reacción en los experimentos y los conceptos presentes.

Esta lista de conceptos presentes no debe interpretarse como conceptos previos necesarios, su intención es, junto con la duración y los reactivos representativos, informar al docente que está interesado en abordar algún concepto específico en su clase sobre cuáles videos le pueden ser de utilidad. Se invita a permitir a los alumnos una exploración libre del material y añadir una sesión de socialización de los contenidos.

Tabla 18. Conceptos presentes en el video

Mesa	Reactivos representativos	Número de video	Duración del video (min)	Factores que modifican la rapidez de reacción		Conceptos presentes en el video ¹
1	Papa y peróxido de hidrógeno	1	4:00	Superficie de contacto	de	Reacción química, molécula, catalizador, enzima, catalasa.
		2	2:33	Concentración		
		3	2:44	Catalizador		Reacción química de descomposición, molécula, catalizador, enzima, catalasa, proteína, desnaturalización.
	Hígado y peróxido de hidrógeno ²	4	3:50	Superficie de contacto	de	Enzima, catalasa, reacción de descomposición, molécula, reactivos, productos.
		5	4:17	Catalizador Concentración		Enzima, catalasa, peróxido de hidrógeno oxidorreductasa, metabolismo celular, catalizador y su función.

¹ Dado que el recurso didáctico es de carácter constructivista, tiene el objetivo de que el alumno realice su propia construcción de los conceptos con base en la información que se presenta —a partir de lo que puede observar en los experimentos y la posterior socialización de la información—, por lo que los conceptos no se definen literalmente, sólo se mencionan en el contexto del video.

² Se recomienda que se considere trabajar con los tres videos de la papa y/o los tres videos del hígado como un paquete, dado que el contenido se complementa entre ellos.

		6	3:14	Catalizador	Enzima, catalasa, reacción de descomposición, proteína, desnaturalización.
	Óxido de manganeso y peróxido de hidrógeno	7	4:22	Concentración	Catalizador, reacción de descomposición, concentración.
	Yoduro de potasio y peróxido de hidrógeno	8	5:49	Concentración	Catalizador, reacción de descomposición, reactivos, productos.
2	Yodato de potasio, bisulfito sódico y almidón	9	5:44	Concentración	Disoluciones, moléculas, iones, electrones, reducción, disolución acuosa, colisiones, energía de activación.
3	Zinc y ácido clorhídrico	10	2:55	Concentración	Teoría de colisiones, concentración, sal, acomodo reticular.
	Carbonato de calcio y ácido clorhídrico	11	6:45	Superficie de contacto Concentración	Moléculas, reactivos, productos, teoría de colisiones, choques efectivos, concentración molar, mol.
	Tiosulfato de sodio y ácido clorhídrico	12	4:47	Concentración	Concentración, reactivos, teoría de colisiones, solución acuosa, ecuación química, proporciones en las reacciones.
4	Vinagre (ácido acético)	13	3:34	Temperatura	Reactivos, productos, temperatura.
	Fenolftaleína	14	3:52	Temperatura	pH, solución básica, fenolftaleína, indicador

5	Ácido oxálico	15	6:36	Temperatura	ácido-base, reacción de descomposición térmica. Disolución, teoría de colisiones, ruptura y formación de enlaces, energía cinética, colisiones efectivas, agitación.
---	---------------	----	------	-------------	---

En la Tabla 19 se clasifican los experimentos con base en el factor que modifica la reacción, y se enlistan los videos que abordan la teoría de colisiones. Para cumplir con los objetivos didácticos, se recomienda que los alumnos vean al menos un video de cada columna y que se dedique una sesión a la revisión y discusión grupal de las hojas de trabajo.

Tabla 19. Clasificación de videos

Concentración	Temperatura	Superficie de contacto	Catalizador	Teoría de colisiones
Mesa 1- Yoduro de potasio	Mesa 4- Vinagre Mesa 4- Fenolftaleína	Mesa 1- Papa (1er video)	Mesa 1- Papa (3er video)	Mesa 2- Yodato de potasio Mesa 3- Zinc
Mesa 1- Óxido de manganeso	Mesa 5- Ácido oxálico	Mesa 2- Hígado (1er video)	Mesa 1- Hígado (3er vídeo)	Mesa 3-Carbonato de calcio Mesa 5- Ácido oxálico
Mesa 2- Yodato de potasio Mesa 3- Zinc		Mesa 3- Carbonato de calcio		

Al utilizar este material didáctico también puede optar entre distintas posibilidades de uso y seleccionar aquella que se adapte a su secuencia didáctica y objetivos específicos. Es posible asignar experimentos específicos a cada alumno o permitirle hacer una exploración libre. Se puede orientar el trabajo de forma individual, por parejas, en equipos o de forma grupal, tomando en cuenta que la socialización es siempre parte importante del aprendizaje. Es factible reproducir los videos de forma asincrónica, en modalidad de aula invertida, o bien, como tarea; o de forma sincrónica, por ejemplo, proyectándolo en el aula o compartiendo la pantalla del docente en una sesión virtual. El uso de la hoja de trabajo es recomendable pero opcional; si el docente considera pertinente, pedirá al alumno que tome notas de forma libre o preparará un cuestionario acorde al plan de estudios y objetivos de cada institución.



Por último, se propone utilizar el recurso como complemento de una práctica experimental o seleccionar experimentos específicos que no representan un riesgo para los alumnos como el del agua oxigenada al 3% y papa o hígado, o el de vinagre y bicarbonato de sodio y utilizarlo como complemento a experiencias que se pueden realizar desde casa.

Guía de uso página web

Accede al recurso en el siguiente enlace: <https://experienciainteractiva.jimdofree.com/>

El título de la página web es *Fastlab: Experimentos de rapidez de reacción*. En el inicio, en la ventana principal, el primer texto dice: “¿Cómo usar este recurso didáctico?”. Al dar clic se reproduce un tutorial para el uso de la página web.

¿Cómo usar este recurso didáctico?

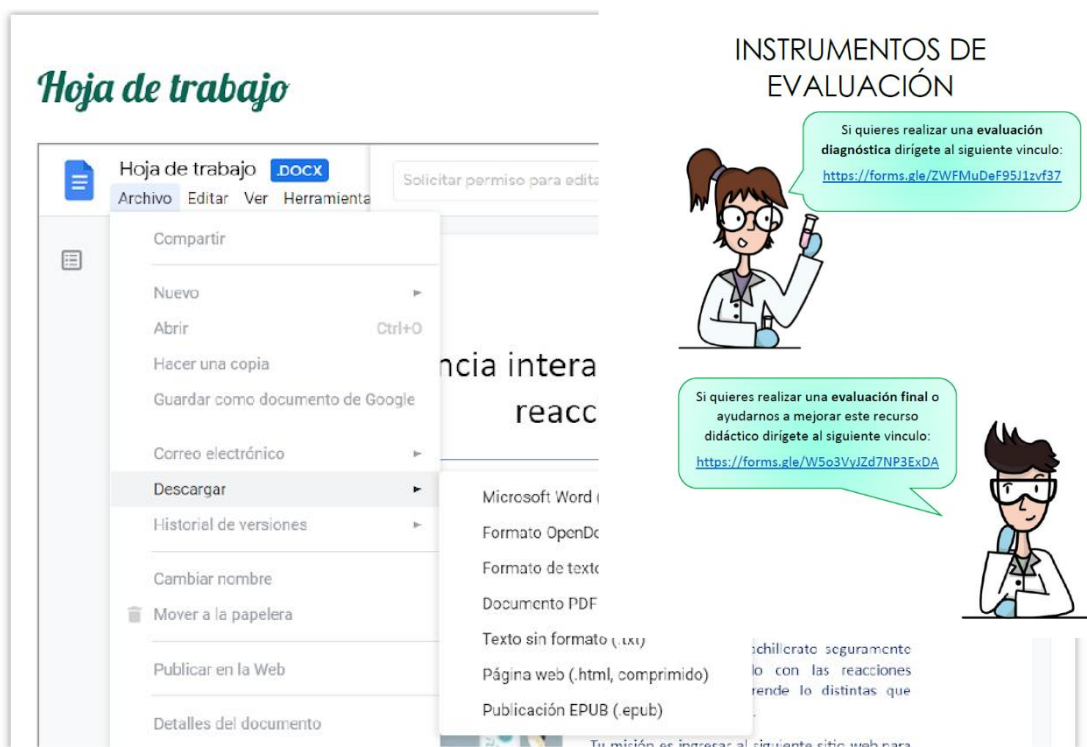


Al bajar en esta misma ventana principal encontramos las mesas de laboratorio y las opciones de experimentos disponibles en cada una de ellas. Al colocar el cursor sobre la siguiente pestaña se despliegan las mesas en forma de lista con los reactivos principales en cada caso.

¿Cómo usar este recurso didáctico?



Al dar clic en la pestaña “Mesas” se despliega una ventana con las opciones en forma de lista, con el objetivo de facilitar la búsqueda en caso de que el docente haya solicitado a los alumnos ver experimentos específicos. En la siguiente ventana se encuentra la hoja de trabajo, la cual se puede descargar en diversos formatos.



En la ventana siguiente, los alumnos se encuentran a los personajes “Gaby” y “Mateo”, con nubes de diálogo que contienen enlaces a dos cuestionarios de *Google forms*. El primero corresponde a la evaluación diagnóstica y el segundo a la evaluación final.

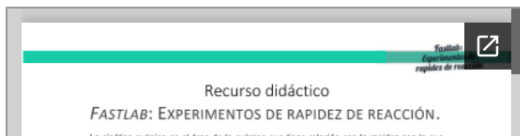
Por la naturaleza virtual del recurso didáctico, la evaluación formativa recae en el docente que use el presente material, pero se recomienda utilizar la hoja de trabajo como guía.

En la ventana que dice “Docentes” se encuentran tres documentos: el primero es este *Manual de usuario*, el segundo es un *Manual de laboratorio* que contiene los experimentos que se encuentran en los videos, a modo de práctica de laboratorio. En este documento encontrarás los reactivos y materiales utilizados, el procedimiento sugerido y algunas consideraciones de seguridad. El tercer documento es una presentación de PowerPoint que se propone para que el docente pueda dirigir la socialización de los aprendizajes con el grupo.

Recursos para el docente

Manual de uso del recurso didáctico

En este documento encontrarás los objetivos didácticos, cognitivos, procedimentales y actitudinales del recurso didáctico, así como los conceptos abordados, el tiempo de duración de cada material audiovisual y datos adicionales que pueden servir para el diseño de una secuencia pedagógica que incluya el uso de este material. Este documento también contiene orientación sobre el uso de la presente página web.



Manual de laboratorio

¿Te gustaría realizar alguno de los experimentos de este recurso didáctico con tus alumnos?

Enriquece tus experiencias presenciales con este recurso didáctico virtual.

En este documento encontrarás los reactivos y materiales utilizados, el procedimiento sugerido y algunas consideraciones de seguridad.

Mesa	Reactivos e Insumos	Reacción	Procedimiento	Consideraciones de seguridad
Mesa 1	HCl y Zn	$Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$	En una experiencia de laboratorio se colocan 100 mL de HCl 1M en un matrazo y se agregan 10 g de Zn en polvo.	NO se deben respirar los gases liberados. Usar gafas de seguridad.

Presentación para socialización de los aprendizajes



En la ventana final se despliega un espacio para que los usuarios de la página web puedan escribir comentarios que serán enviados de forma automática al correo electrónico creado para tal fin. Para hacerlo se solicita nombre, correo electrónico y algún carácter en el cuadro de mensaje.

INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN

En la sección instrumentos de evaluación de la página web, se presentan enlaces a dos instrumentos de evaluación, diagnóstica y final, que se aplican mediante la aplicación de *Google forms*. Los resultados se pueden solicitar en la sección de comentarios y sugerencias. Es necesario tener el correo o nombre con que el alumno registró sus respuestas. Por la naturaleza virtual de este recurso, la socialización de los aprendizajes y la evaluación formativa queda a cargo del docente que lo utiliza.

Evaluación diagnóstica

Datos generales

1. Nombre completo
2. Edad
3. Género
4. Grupo
5. Profesor(a)
6. Correo electrónico

Actitud (Cuéntame de ti)

7. ¿Cómo te sientes el día de hoy?
8. ¿Con qué tipo de recursos didácticos te gusta estudiar? En orden de preferencia siendo 1 tu favorito y 5 el que menos te gusta.

() Infografías

() Lecturas

() Videos

() Ejercicios

() Problemas

9. Me gusta y parece interesante la química
- a) Totalmente de acuerdo b) de acuerdo c) ni de acuerdo ni en desacuerdo d) en desacuerdo e) totalmente en desacuerdo
10. La química me parece una materia complicada y poco accesible.
- a) Totalmente de acuerdo b) de acuerdo c) ni de acuerdo ni en desacuerdo d) en desacuerdo e) totalmente en desacuerdo

Autopercepción del conocimiento (KPSI) (Cuéntame de lo que conoces)

Para cada una de las siguientes aseveraciones indica con honestidad cual es el grado de conocimiento que consideras tienes sobre el tema. Utiliza la siguiente escala.

- 1) No lo sé/ no lo comprendo
 - 2) Lo conozco un poco
 - 3) Lo comprendo parcialmente
 - 4) Lo comprendo bien
 - 5) Lo puedo explicar a un compañero
- Lo que ocurre en una reacción química reacciones químicas
 - Ley de la conservación de la masa
 - Molaridad
 - Factores que modifican las reacciones químicas
 - Factores que modifican la rapidez de reacción
 - Energía de activación
 - Teoría de colisiones

Sobre el contenido (Cuéntame más)

11. ¿Se puede modificar la rapidez con la que se lleva a cabo una reacción? Explica el porqué de tu respuesta.

12. Menciona algunas formas en las que puedes darte cuenta de que está ocurriendo una reacción química.

13. ¿Qué ocurre con las sustancias químicas cuando sucede una reacción química?

14. ¿Qué ocurre con los átomos de los reactivos durante una reacción?

15. Considerando la reacción $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 (\text{s}) + 6\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 6\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + 6\text{CO}_2 (\text{g})$ ¿Qué le sucede a la concentración de $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ y O_2 conforme avanza la reacción?

16. Considerando la reacción $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 (\text{s}) + 6\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 6\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + 6\text{CO}_2 (\text{g})$ ¿Qué le sucede a la concentración de H_2O y CO_2 conforme avanza la reacción?

17. ¿Qué es la energía de activación?

18. ¿Qué se necesita para que los reactivos se conviertan en productos?

19. ¿Consideras que la rapidez en la que ocurre una reacción se puede modificar?

Sí/No/No lo sé

20. ¿Qué es un catalizador?

Evaluación final

En esta evaluación existe una sección de preguntas sobre el recurso didáctico, la cual se omite en este documento a razón de que su objetivo es mantener la página web en mejora constante.

Autopercepción del conocimiento (KPSI)

El recurso me permitió tener una comprensión del contenido de rapidez de reacción que considero

a) muy adecuada b) adecuada c) suficiente d) insuficiente

Después de trabajar con los videos y la hoja de trabajo, para cada una de las siguientes aseveraciones indica con honestidad cuál es tu grado de conocimiento que tienes sobre el tema. Utiliza la siguiente escala.

6) No lo sé/ no lo comprendo

7) Lo conozco un poco

8) Lo comprendo parcialmente

- 9) Lo comprendo bien
- 10) Lo puedo explicar a un compañero

Lo que ocurre en una reacción química

Ley de la conservación de la masa

Molaridad

Factores que modifican las reacciones químicas

Factores que modifican la rapidez de reacción

Energía de activación

Teoría de colisiones

Sobre el contenido (Cuéntame qué descubriste...)

21. Menciona algunas formas en las que puedes darte cuenta de que está ocurriendo una reacción química.
22. ¿Qué ocurre con las sustancias químicas cuando sucede una reacción química?
23. ¿Qué ocurre con los átomos de los reactivos durante una reacción?
24. Considerando la reacción $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 (\text{s}) + 6\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 6\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + 6\text{CO}_2 (\text{g})$ ¿Qué le sucede a la concentración de $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ y O_2 conforme avanza la reacción?
25. Considerando la reacción $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 (\text{s}) + 6\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 6\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + 6\text{CO}_2 (\text{g})$ ¿Qué le sucede a la concentración de H_2O y CO_2 conforme avanza la reacción?
26. ¿Qué es la energía de activación?
27. ¿Qué se necesita para que los reactivos se conviertan en productos?
28. ¿Qué es un catalizador?
29. ¿Qué es una enzima?
30. En tu vida cotidiana menciona algún ejemplo en el que influya la rapidez de reacción.

31. Un amigo te pregunta sobre tu clase de química de hoy y mientras le cuentas mencionas el término “rapidez de reacción” tu amigo te pregunta qué es eso. Utiliza tus propias palabras para explicar qué es la rapidez de reacción y cómo se puede medir.

32. ¿Qué factores pueden modificar la rapidez de una reacción?

33. ¿Cuál es el efecto de un catalizador en la energía requerida para que la reacción ocurra?






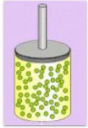
a) Disminuye la energía b) Aumenta la energía c) La energía se mantiene igual





34. ¿Los catalizadores aumentan la cantidad de productos? Explica el porqué de tu respuesta.

35. ¿Cómo se explica que una reacción ocurra más rápidamente al comienzo?

36. Con base en la teoría de colisiones, ¿cuáles son las tres condiciones que se deben cumplir para que los reactivos se conviertan en productos?

37. Selecciona en cada caso la imagen que consideras tendrá mayor rapidez de reacción.

<p><input type="radio"/> Opción 1</p>  <p><input type="radio"/> Opción 2</p>  <p><input type="radio"/> No lo sé con seguridad.</p>	<p><input type="radio"/> Opción 1</p>  <p><input type="radio"/> Opción 2</p>  <p><input type="radio"/> No lo sé con seguridad.</p>	<p><input type="radio"/> Mayor presión</p>  <p><input type="radio"/> Menor presión</p>  <p><input type="radio"/> No lo sé con seguridad.</p>
--	--	--

<input type="radio"/> Opción 1  <input type="radio"/> Opción 2  <input type="radio"/> No lo sé con seguridad		<input type="radio"/> Opción 1  <input type="radio"/> Sin enzima añadida  <input type="radio"/> No lo sé con seguridad
--	--	--

38. Selecciona falso o verdadero en cada una de las oraciones siguientes.

Los catalizadores aumentan la cantidad de reactivos

Los catalizadores aumentan la rapidez de las reacciones

Los catalizadores pueden hacer que las reacciones ocurran a una menor temperatura

En los seres vivos los catalizadores se denominan enzimas

39. Escribe el factor que tendrá mayor impacto en la rapidez de reacción en los siguientes escenarios, puedes escoger entre concentración, temperatura, superficie de contacto o catalizador.

- Soplar aire a una fogata para reavivarla.
- Las zanahorias crudas se cortan en cubitos para cocerlas.
- La proteína se rompe en el estómago por una enzima llamada pepsina.
- Se ha encontrado un mamut perfectamente conservado cerca del círculo Ártico.

- Aparecen más burbujas cuando una solución concentrada de ácido clorhídrico es añadida a una tira de magnesio que cuando es añadida una solución diluida de ácido clorhídrico.
- Los gases del escape de un carro pasan a través de un convertidor catalítico cambiando la mayoría de los óxidos de nitrógeno tóxicos a nitrógeno y oxígeno gaseosos.
- Ocurre una explosión de polvo en una bodega de granos.

Referencias

- Chang R. (2003). *Química*. (pp. 538, 539, 859). McGrawHill.
- Sözbilir, M. What Makes Physical Chemistry Difficult? Perceptions of Turkish Chemistry Undergraduates and Lecturers (2004). *J. Chem. Educ.* 81(4), 573–578.

2. Hoja de Trabajo

Experiencia interactiva: rapidez de reacción.

Hoja de trabajo

Nombre: _____ Edad: _____

Profesor: _____

Escuela: _____ Grupo: _____



Como estudiante de bachillerato seguramente estás muy familiarizado con las reacciones químicas, ¿no te sorprende lo distintas que pueden ser entre ellas?...

Tu misión es ingresar al siguiente sitio web para acceder a la experiencia interactiva:

<https://experienciainteractiva.jimdofree.com/>

Una vez ahí, deberás descubrir cuáles son los factores que pueden modificar la rapidez de una reacción y como se explica este cambio. Para lograrlo, deberás explorar la página web y obtener conclusiones de las experiencias a las que accedas.

Instrucciones:

Utiliza esta hoja de trabajo como guía durante tu experiencia, te servirá para plasmar de forma ordenada tus descubrimientos para poderlos compartir con tu grupo y con tu profesor.

¡Suerte con la exploración! Recuerda que tú decides cuáles y cuántos experimentos hacer; utiliza los espacios que necesites, no es necesario llenar todas las tablas de la sección 1, pero **sí es necesario responder las tablas de la sección 2** ya que ahí se plasmarán tus conclusiones después de ver los videos. Si requieres más espacio siéntete libre de añadir las hojas que desees.

Sección 1

#	Número de mesa	Reactivos	Descripción del experimento	Reacción química	Hipótesis	Observaciones o dudas
1 . . .						
2 . . .						
3 . . .						
4 . . .						
5 . . .						
6 . . .						
7 . .						

.						
.						
8						
.						
.						
.						
.						
9						
.						
.						
.						
.						
1						
0						
.						
.						
.						
.						


Sección 2

Cambio en las condiciones	Aumenta o disminuye la rapidez de reacción.	Utiliza las palabras partículas y colisiones para explicar por qué.
Se aumenta la temperatura		
Se disminuye la temperatura		
Se añade un catalizador apto		
Se diluye la solución		
Se remueve el catalizador		
Se aumenta la superficie de contacto		
Se disminuye la superficie de contacto		
Se aumenta la concentración de la disolución		
Se rompe el o los reactivos en piezas pequeñas		

¿Qué es la energía de activación? _____

¿Los catalizadores aumentan la cantidad de productos? ¿Por qué?

Realiza un dibujo en el que representes las moléculas en distintas condiciones tomando en cuenta la teoría de colisiones. Retoma los factores que modifican la rapidez de reacción que recuperaste de la experiencia interactiva.

Temperatura baja	Temperatura alta	Ausencia de catalizador	Presencia de catalizador
			
Concentración baja	Concentración alta	Disminución de la presión	Aumento de la presión
Poca superficie de contacto	Gran superficie de contacto	Aumento del volumen	Disminución del volumen

Con base en tus conclusiones previas contesta lo siguiente:

Cambio en las condiciones	Aumenta o disminuye la rapidez de reacción.	Utiliza las palabras partículas y colisiones para explicar por qué.
Se aumenta la presión		
Se disminuye la presión		
Se aumenta el volumen del contenedor donde ocurre la reacción		
Se disminuye el volumen del contenedor donde ocurre la reacción		

¿Por qué consideras que es importante la rapidez de reacción para la industria?

3. Presentación Interactiva

Rapidez de reacción

Objetivo didáctico:
¿Todas las reacciones son iguales?
¿En qué difieren?
¿Qué factores pueden modificarlas?
¿En qué puedo aplicar estos aprendizajes?

Mi objetivo:
Diseñar un material didáctico útil para muchos estudiantes como ustedes

¿Cómo pueden ayudarme?
Sean honestos con sus respuestas
Regaléme toda su atención al utilizar el recurso

¿Qué haremos?

- 01 Diagnóstico**
¿De dónde partimos?
La evaluación es para mí.
- 02 Video tutorial**
Conozcan conmigo el material :3
- 03 Actividad asincrónica**
Escoge un mínimo de 4 reactivos y trabaja con sus videos y la hoja de trabajo
- 04 Sesión sincrónica**
Compartámos y apliquemos lo aprendido
- 05 Evaluación final**
¿Qué tanto ayuda mi material para comprender este tema?
¿Cómo lo puedo mejorar?

¿Qué se considerará por parte del alumno?

- Contesta la evaluación diagnóstica
- Utiliza el recurso y entrega la hoja de trabajo
- Participa en la sesión sincrónica compartiendo, preguntando etc.
- Contesta la evaluación final

4. Sesión sincrónica
¡Vamos a compartir y aplicar lo que aprendimos!

a) ¿En qué palabras piensas al escuchar la palabra "choque" o "colisión"?

Students, write your response!

Peer Deck Interactive Slide
No cell phone use allowed

Todas las mesas

Mesa 1
 Papa
 Huevo de pollo
 Oso de manganeso
 Yoduro de potasio

Mesa 2
 Yodato de potasio

Mesa 3
 Zinc
 Carbonato de calcio
 Tiosulfato de sodio

Mesa 4
 Vinagre
 Fenolftaleína

Mesa 5
 Students draw anywhere on this slide!

¿Qué reactivos elegiste?

Students choose an option

¿Qué ocurre con los reactivos en una reacción?

$Zn(s) + 2HCl(ac) \rightarrow ZnCl_2(ac) + H_2(g)$

Students choose an option

¿Qué ocurre con los productos en una reacción?

$Zn(s) + 2HCl(ac) \rightarrow ZnCl_2(ac) + H_2(g)$

Students choose an option

$Zn + 2 HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$

¿Qué SI se conserva en una reacción química?

¿Qué NO se conserva en una reacción química?

Students, write your response!

¿Cómo le explicarías a un niño qué es la rapidez de reacción?

Students, write your response!

A nivel molecular...

¿Qué se necesita para que ocurra una reacción química?

Students, write your response!

Teoría de colisiones

Para que una reacción química ocurra...

Las moléculas de los reactivos deben...
 1 _____

Con suficiente...
 2 _____

Y además
 3 _____

Para romper enlaces de los reactivos y formar enlaces nuevos en los productos.

Students, write your response!

¿Qué se necesita para que consigas una cita?
 (al menos en una peli gringa para adolescentes)

Students, write your response!

¿Qué sucede si aumento la temperatura de los reactivos?

Menor rapidez de reacción

Mayor rapidez de reacción

Students, drag the icon!

¿Qué sucede si coloco los matrazes de los reactivos en hielo antes de la reacción?

Menor rapidez de reacción

Mayor rapidez de reacción

Students, drag the icon!

¿Porqué? Teoría de colisiones

Temperatura ambiente Mayor temperatura

Students, drag the icon!

Peer Deck Interactive Slide
Do not remove this bar

¿Qué se necesita para que consigas una cita?
(al menos en una peli gringa para adolescentes)

Peer Deck Interactive Slide
Do not remove this bar

¿Qué sucede si aumento la concentración de los reactivos?

Menor rapidez de reacción

Mayor rapidez de reacción

Students, drag the icon!

Peer Deck Interactive Slide
Do not remove this bar

¿Qué sucede al diluir la disolución de los reactivos?

Menor rapidez de reacción

Mayor rapidez de reacción

Students, drag the icon!

Peer Deck Interactive Slide
Do not remove this bar

¿Porqué? Teoría de colisiones

Diluida Concentrada

Students, draw anywhere on this slide!

Peer Deck Interactive Slide
Do not remove this bar

¿Qué analogía se te ocurre?

Peer Deck Interactive Slide
Do not remove this bar

¿Qué sucede si aumento la superficie de contacto de los reactivos?

Menor rapidez de reacción

Mayor rapidez de reacción

Students, drag the icon!

Peer Deck Interactive Slide
Do not remove this bar

¿Porqué? Teoría de colisiones

Menor superficie de contacto Mayor superficie de contacto

Students, draw anywhere on this slide!

Peer Deck Interactive Slide
Do not remove this bar

¿Qué sucede si agito los matracos de los reactivos?

Menor rapidez de reacción

Mayor rapidez de reacción

Students, drag the icon!

Peer Deck Interactive Slide
Do not remove this bar.

¿Porqué? Teoría de colisiones

SIN AGITACIÓN CON AGITACIÓN

Students, write your response!

Peer Deck Interactive Slide
Do not remove this bar.

¿Porqué? Teoría de colisiones

Students, drag the icon!

Peer Deck Interactive Slide
Do not remove this bar.

¿Qué sucede con la presión si disminuye el tamaño de los matracos?

Menor presión

Mayor presión

Students, drag the icon!

Peer Deck Interactive Slide
Do not remove this bar.

¿Qué sucede si disminuye el tamaño de los matracos o bien aumenta la presión de los reactivos?

Menor rapidez de reacción

Mayor rapidez de reacción

Presión baja Volumen alto

Presión alta Volumen bajo

Students, drag the icon!

Peer Deck Interactive Slide
Do not remove this bar.

¿Qué sucede si añado un catalizador?

Menor rapidez de reacción

Mayor rapidez de reacción

Students, drag the icon!

Peer Deck Interactive Slide
Do not remove this bar.

¿Qué sucede si añado una enzima?

Menor rapidez de reacción

Mayor rapidez de reacción

Students, drag the icon!

Peer Deck Interactive Slide
Do not remove this bar.

¿Qué analogía podríamos utilizar para representar un catalizador?

Vamos a aplicar lo aprendido



1. En la cocina ocurren muchas reacciones químicas como por ejemplo la reacción de Maillard, la desnaturalización de proteínas, la caramelización, la fermentación etc.

Este año se decidió que la cena de año nuevo la prepararía Mariana, pero se le hizo tarde arreglándose y empezó a cocinar más tarde el pavo.

¿Qué factores puede modificar para que las reacciones ocurran más rápido?

Students, write your response!

2. Después de los tamales del 2 de febrero, el tío David tiene una enorme indigestión por comer demasiado, la paciencia no es su fuerte así que pide algún remedio que le haga efecto rápidamente. La tía Vale le ofrece dos antiácidos, uno es un polvo en un sobre y el otro está en tabletas, ambos tienen la misma cantidad de principio activo ¿Cuál debe escoger el tío David para sentirse mejor más rápido?

Students choose an option

Es de suma importancia respetar el horario de los medicamentos, ya que, los fármacos deben administrarse en un intervalo determinado debido al tiempo que persisten en el organismo tras su toma.

Si lo tomas antes de la hora indicada no se traduce en un aumento de los efectos beneficiosos, sino que podrían aparecer reacciones adversas. Si lo tomas demasiado tiempo después se corre el riesgo de que, durante el intervalo entre las dosis, los niveles que el fármaco alcanza en la sangre y en los tejidos sean inferiores a aquellos en los que ejerce su efecto beneficioso.

¿Con cuál de los factores que modifican la rapidez de reacción tiene que ver con lo anterior?

Students, write your response!

Algunos medicamentos se solubilizan en agua para ingerirse de esa forma, ¿Qué factores del agua podrían influir en la solubilidad del medicamento?

¿Podríamos hacer que se solubilice más rápido?

Students, write your response!

Para derrotar la pandemia de COVID-19 es imprescindible llevar a cabo un esfuerzo de vacunación masiva en todo el mundo, pero la logística para conseguirlo es increíblemente compleja. Dos de los factores más complicados son el almacenamiento y el transporte.

La distribución de las dosis de vacunas es mucho más complicada que simplemente introducir los viales en cajas y cargarlos en un camión. Desde el momento en que una vacuna sale del fabricante hasta el momento en que se administra a un paciente debe mantenerse en condiciones ideales y muy específicas. Por ejemplo, la vacuna contra la COVID-19 de Pfizer debe mantenerse a una temperatura de $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Por eso, el éxito de las campañas de inmunización a gran escala depende de una cadena de frío fiable: un sistema para almacenar y transportar las vacunas de forma segura a las temperaturas recomendadas. ¿Cómo se relaciona esta información con lo trabajado en los videos? ¿Qué podría ocurrir si se rompen las cadenas de frío?

Students, write your response!

El medicamento "Beano" contiene la enzima Alfa-galactosidasa, se recomienda cuando el cuerpo no la tiene en niveles suficientes de manera natural, esta enzima sirve para digerir los azúcares de los granos, cereales y muchos vegetales y en su ausencia se producen gases ¿Qué factor modifica la rapidez de las reacciones necesarias para la digestión en este ejemplo?



Students, write your response!

¿Por qué consideras que algunos medicamentos o sustancias químicas son guardadas en frascos oscuros?



Students, write your response!

La Anhidrasa carbónica es una enzima que cataliza la reacción
 $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{CO}_3\text{H}_2$. La reacción se puede inhibir farmacológicamente con productos llamados **inhibidores de la anhidrasa carbónica**. Participa en la transformación y transporte del dióxido de carbono por la sangre.

Los inhibidores de la anhidrasa carbónica como la acetazolamida causan una acidosis metabólica leve y pueden estimular la respiración. Algunos pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) grave desarrollan una insuficiencia respiratoria crónica. En teoría, se pueden beneficiar con el uso de estos fármacos por una reducción en el nivel de dióxido de carbono arterial (PCO_2) y un aumento en el oxígeno arterial (PO_2).

¿Qué es la anhidrasa carbónica?
 Students, write your response!
¿Qué efecto tendría un inhibidor en el tiempo de una reacción?

Peer Deck Interactive Slide
 Do not remove this bar

La cinética química es de gran importancia en la rama de la farmacología, ya que mediante su conocimiento podemos dar a conocer las reacciones que ocurren con los medicamentos y ver en qué fase hay un mejor rendimiento y una respuesta adecuada.

Es importante conocer qué tan rápido ocurre un cambio químico. Cuán rápido actúa, una medicina o se coagula la sangre puede hacer la diferencia entre la vida y la muerte. Cuánto tiempo tarda el pegamento en endurecer, el polietileno en formarse o una tela en teñirse puede ser la diferencia entre ganancias y pérdidas.



Peer Deck Interactive Slide
 Do not remove this bar


a) ¿En qué palabras piensas al escuchar la palabra "choque" o "colisión"?



Students, write your response!

Peer Deck Interactive Slide
 Do not remove this bar

¡Gracias por su atención y esfuerzo!



Students, write your response!

Peer Deck Interactive Slide
 Do not remove this bar

4. Actividades experimentales

Mesa	#	Reactivos y Materiales	Reacción	Observaciones	Procedimiento	Consideraciones de seguridad
					En toda experiencia debe haber un cronómetro funcionando.	Fuente: Hoja de seguridad del reactivo
Mesa 1 Reactivos de la mesa: peróxido de hidrógeno H_2O_2 óxido de manganeso (IV) MnO_2 papa, algodón, hígado de pollo yoduro de potasio KI	1	H_2O_2 y papa -3 probetas de 100 ml -Palitos de madera tipo brocheta -olla pequeña EPP: gafas, guantes, bata.	Catalasa $H_2O_2 (ac) \rightarrow H_2O (l) + \frac{1}{2} O_2 (g)$	Reacción de redox en la que el oxígeno contenido en la molécula de peróxido de hidrógeno se oxida y se reduce al mismo tiempo (Chang 2003). Como resaltan Aguilar y Durán (2011) la gran velocidad en la producción de oxígeno que da lugar a la formación de espuma hace que esta experiencia se pueda emplear cuantitativamente midiendo el tiempo que tarda la espuma en alcanzar el borde de una probeta en función de la concentración de peróxido empleada	1.a Probeta graduada. Superficie de contacto -3 probetas graduadas de 100 ml, se agrega la misma cantidad (pesada en gramos) de papa, en un trozo grande, trozos medianos y trozos pequeños, en los 3 se agregan los mismos ml de agua oxigenada de 10 volúmenes a cada una de las probetas, se observa en cuanto tiempo la espuma generada llega a cierta marca con el cronómetro. 1.b Varita en brasas. Concentración Se prende un palito de madera y luego se apaga para dejarlo en brasas, se acerca a la probeta con papa en trozos y agua oxigenada de 10 volúmenes, se aleja, se vuelve a apagar y se repite la operación. Se pregunta al alumno: ¿Por qué crees que la varita se prende? 1.c Temperatura Se calienta en agua hirviendo la papa en trozos medianos antes de poner en el émbolo y agregar agua oxigenada. Se requiere agregar la explicación del efecto de la temperatura en este experimento para no confundir al alumno.	H_2O_2 En ningún caso la descomposición del agua oxigenada líquida es explosiva, aunque puede ser muy rápida si se mezcla con un catalizador adecuado y sólo puede ser peligrosa si se realiza en un recipiente cerrado o con dispositivos de ventilación insuficiente. En cambio, los vapores de peróxido de hidrógeno pueden descomponerse explosivamente. A la presión de una atmósfera, la mezcla de una disolución de agua oxigenada de más de 26% en volumen con vapor de agua es explosiva por contacto con superficies calientes o dotadas de actividad catalítica. También son peligrosos, en cuanto a explosión, los vapores emitidos por disoluciones de peróxido de hidrógeno de riquezas superiores al 84% en peso a la temperatura de 150°C Aguilar y Durán (2011).
	1.1	H_2O_2 e hígado -3 probetas de 100 ml -Émbolo de una jeringa -Palitos de madera tipo brocheta			1.1.a Probeta graduada. Superficie de contacto -3 probetas graduadas de 100 ml, se agrega la misma cantidad (pesada en gramos) de hígado de pollo, en un trozo grande, trozos medianos y trozos pequeños, en los 3 se agregan los mismos ml de agua oxigenada de 10 volúmenes a cada una de las probetas, se observa en cuanto tiempo la espuma generada llega a cierta marca con el cronómetro.	

		EPP: gafas, guantes, bata.			<p>1.1.b Probeta graduada. Concentración. Se prende un palito de madera y luego se apaga para dejarlo en brasas, se acerca a la probeta con hígado en trozos y agua oxigenada de 10 volúmenes, se aleja, se vuelve a apagar y se repite la operación.</p> <p>1.1.d Probeta graduada. Temperatura. Se calienta en agua hirviendo el hígado en trozos medianos antes de poner en el émbolo y agregar agua oxigenada.</p>	
	1.2	<p>H₂O₂ y MnO₂ -Pila que no sea ni alcalina ni recargable - pinzas -desarmador -vaso de precipitados -3 probetas de 100 ml EPP: gafas, guantes, cubrebocas, bata.</p>	$2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$		<p>1.2.a Concentración -3 matraces o probetas graduadas en las que se colocan los mismos ml de H₂O₂ cada uno con una concentración distinta, se proponen 10, 30 y 110 volúmenes. Se agregan los mismos gramos de MnO₂ obtenidos de la pila.</p>	<p>MnO₂. El óxido de manganeso (IV) es nocivo por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel. Irrita los ojos, la piel y las vías respiratorias. El yoduro de potasio es peligroso si es ingerido.</p>
	1.3	<p>H₂O₂ y KI -3 probetas -Jabón para trastes</p>	<p>KI $2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$</p>		<p>1.3.a Concentración -3 probetas con distintas concentraciones de agua oxigenada, se proponen 10, 30 y 110 volúmenes. Se agregan unas gotas de jabón para trastes y se revuelve, posteriormente se agrega el KI (0.5%), una cucharadita del mismo tamaño en cada uno.</p>	<p>KI. El yoduro de potasio provoca daños en los órganos (tiroides) tras exposiciones prolongadas o repetidas (en caso de ingestión).</p>
Disposición de residuos mesa 1	1.1	H₂O₂ y papa	Para disponer del peróxido de hidrógeno se diluye con agua a una concentración menor al 5%. https://www.iquimica.unam.mx/images/iqseguro/014_Manejo_de_peroxidos.pdf			
	1.2	H₂O₂ e hígado	El hígado de pollo y la papa se pueden tirar de forma segura en los residuos orgánicos.			

	1.3	H₂O₂ y MnO₂.	No eliminar en el drenaje ni cursos de agua o suelo. Colocar en un recipiente adecuado y etiquetado.																			
	1.4	H₂O₂ y KI	Mantener el producto alejado de los desagües y de las aguas superficiales y subterráneas. Colocar en un recipiente adecuado y etiquetado.																			
Mesa 2 Reactivos de la mesa: yodato de potasio (KIO ₃) bisulfito sódico (NaHSO ₃) Almidón	2.1	KIO₃, NaHSO₃ Vasos de precipitados. EPP: gafas, guantes, bata.	<p>La reacción se produce en varias etapas:</p> <p>– Etapa primera: los iones hidrogenosulfito (HSO₃⁻) reducen los iones yodato (IO₃⁻) a iones yoduro (I⁻) según la reacción: $\text{IO}_3^-(\text{aq}) + 3 \text{HSO}_3^-(\text{aq}) \rightarrow \text{I}^-(\text{aq}) + 3 \text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) + 3 \text{H}^+(\text{aq})$</p> <p>– Etapa segunda: los iones yoduro producidos en la etapa primera reaccionan con los iones yodato en exceso produciendo yodo (I₂): $5\text{I}^-(\text{aq}) + \text{IO}_3^-(\text{aq}) + 6\text{H}^+(\text{aq}) \rightarrow \text{I}_2(\text{aq}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{l})$</p> <p>Esta reacción es muy rápida y el I₂ producido reacciona con el almidón para producir un complejo almidón pentayoduro que presenta un color azul oscuro casi negro (Aguilar Muñoz y Durán Torres, 2011).</p>	<p>2.1.a Concentración</p> <p>Se prepara una disolución A: yodato de potasio (KIO₃) 0,03 M. Se disuelven 6.42 g de KIO₃ y se añade agua destilada hasta completar 1 L.</p> <p>Disolución B: Se disuelven 3.1 g de bisulfito sódico (NaHSO₃) 3M y 0.6 g de almidón en agua destilada hasta 1 L. Conviene disolver antes el almidón en un poco de agua caliente. También se pueden utilizar 5.75 ml de disolución de NaHSO₃ al 40 % (presentación comercial 5M) en lugar de los 3.1 g de sólido.</p> <p>En un vaso de 50 ml colocar la cantidad de la solución A que indica el cuadro que encontrarás más adelante. En un vaso de 100 ml se colocan las cantidades de B y agua indicadas, al mismo tiempo de poner el cronómetro en marcha, se vierte el contenido de A en B, agitamos suavemente y observamos el vaso hasta la aparición de color azul, instante en que paramos el cronómetro y anotamos el tiempo transcurrido. Repetimos el proceso para las cinco experiencias.</p> <table border="1" data-bbox="1163 1089 1612 1333"> <thead> <tr> <th colspan="3">Volumenes de las disoluciones c.c.</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>Agua</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>25</td> <td>25</td> <td>–</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>25</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>25</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>25</td> <td>15</td> </tr> </tbody> </table>	Volumenes de las disoluciones c.c.			A	B	Agua	25	25	–	20	25	5	15	25	10	20	25	15
Volumenes de las disoluciones c.c.																						
A	B	Agua																				
25	25	–																				
20	25	5																				
15	25	10																				
20	25	15																				
				<p>KIO₃ Puede agravar un incendio; comburente. Provoca lesiones oculares graves. Mantener alejado de llama abierta o superficies calientes. Llevar guantes/gafas de protección.</p> <p>NaHSO₃. Es nocivo si se ingiere. Puede ser nocivo para la piel. Provoca irritación grave en los ojos.</p>																		

Disposición de residuos mesa 2	2.1	KIO₃, NaHSO₃ Yodo I ₂	No verter los residuos al suelo o a las aguas naturales. Asegúrese de que los derrames y materiales contaminados sean recogidos y alejados de la zona de trabajo tan pronto como sea posible en un recipiente adecuado, con indicación del contenido. No contamine el drenaje o el alcantarillado. Recoja el polvo, barra con cuidado y meter en un recipiente cerrado.											
Mesa 3 Reactivos de la mesa: ácido clorhídrico HCl zinc Zn carbonato de calcio CaCO ₃ tiosulfato de sodio Na ₂ S ₂ O ₃	3.1	HCl, CaCO₃ EPP: gafas, guantes, bata.	$\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ <p>3.1.a Superficie de contacto Se pesa la misma cantidad de carbonato de calcio en tres presentaciones: trozo grande, trozos medianos y pulverizado, se colocan 3 vasos de precipitados con la misma cantidad de HCl 1M, y se agrega cada presentación a un vaso iniciando el cronómetro.</p> <p>CaCO₃: No son necesarias medidas especiales. Recomendaciones sobre medidas generales de higiene en el trabajo Manténgase lejos de alimentos y bebidas.</p>											
	3.2	HCl, Zn EPP: gafas, guantes, bata.	$\text{Zn(s)} + 2\text{HCl(ac)} = \text{ZnCl}_2(\text{ac}) + \text{H}_2(\text{g}).$ <p>3.2.a Concentración Se colocan 3 vasos de precipitados con la misma cantidad de HCl, uno a 0.5M, 1M, 2.5M. Se agrega la misma cantidad de Zinc (en una pieza o gránulos). De ser posible medir la temperatura de la reacción exotérmica.</p> <p>Zn: Generalmente no tóxico. No obstante, algunos compuestos con Zn pueden afectar a los humanos severamente.</p>											
	3.3	HCl, Na₂S₂O₃ EPP: gafas, guantes, bata.	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(\text{aq}) + 2\text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow 2\text{NaCl}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{S}(\downarrow) + \text{SO}_2(\text{g})$ <p>3.3.a Concentración 1.- Numerar tres matraces Erlenmeyer de 250ml. 2.- Colocar en cada uno de ellos 15 ml de tiosulfato de sodio según el cuadro siguiente:</p> <table border="1" data-bbox="1213 1019 1562 1123"> <thead> <tr> <th>Matraz</th> <th>Concentración del HCl</th> <th>Concentración del Na₂S₂O₃</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1.0 Molar</td> <td>0.5 Molar</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1.0 Molar</td> <td>1.0 Molar</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>1.0 Molar</td> <td>1.5 Molar</td> </tr> </tbody> </table> <p>3.- Dibujar en una hoja blanca una cruz como se señala en el esquema:</p> <div style="text-align: center; border: 1px solid black; width: 30px; height: 30px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> X </div> <p>4.- Colocar el matraz Erlenmeyer sobre la hoja blanca marcada con una cruz, agregar 5 ml de ácido clorhídrico (HCl) 1.0 Molar.</p> <p>HCl Mantener lejos de fuentes de calor. Evitar que entre en contacto con sustancias incompatibles, como metales. Mantener buena ventilación a nivel del piso. Mantener lejos de fuentes de calor. Evitar que entre en contacto con sustancias incompatibles, como metales. Mantener buena ventilación a nivel del piso. Na₂S₂O₃</p>	Matraz	Concentración del HCl	Concentración del Na ₂ S ₂ O ₃	1	1.0 Molar	0.5 Molar	2	1.0 Molar	1.0 Molar	3	1.0 Molar
Matraz	Concentración del HCl	Concentración del Na ₂ S ₂ O ₃												
1	1.0 Molar	0.5 Molar												
2	1.0 Molar	1.0 Molar												
3	1.0 Molar	1.5 Molar												

					<p>5.- Después de la adición, prender el cronómetro y detenerlo en el momento en que la cruz marcada ya no se pueda ver.</p> <p>6.- Anotar los tiempos de enturbiamiento para cada matraz en el cuadro de arriba.</p> <p>7.- Si sólo hay un cronómetro, se recomienda que la adición del ácido clorhídrico 1.0 Molar se haga, de una por una.</p>	<p>Conservar alejado del calor. Descomposición comienza a partir de temperaturas de: >300 °C.</p>
Disposición de residuos mesa 3	3.1	$\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$	<p>El CaCl_2 se puede neutralizar y desechar en la tarja.</p> <p>http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/TratamientodeResiduos_24490.pdf</p>			
	3.2	$\text{Zn(s)} + 2\text{HCl(ac)} = \text{ZnCl}_2(\text{ac}) + \text{H}_2(\text{g})$	<p>ZnCl₂ Mantener el producto alejado de los desagües y de las aguas superficiales y subterráneas. Retener y eliminar el agua de lavado contaminada. Colocar en recipientes apropiados para su eliminación.</p>			
	3.3	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(\text{aq}) + 2\text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow 2\text{NaCl}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{S}(\downarrow) + \text{SO}_2(\text{g})$	<p>Azufre: se puede neutralizar lentamente con hidróxido de sodio o cal apagada hasta obtener un pH entre 6 y 9 para posteriormente disponerse a través del sistema de alcantarillado.</p> <p>https://www.sire.gov.co/documents/82884/158308/LINEAMIENTOS+TECNICOS+ACIDO+SULFURICO.pdf/6fa76796-7fe3-4349-9ca4-8adcfe54cd98</p> <p>El residuo más peligroso es el azufre (S) en estado coloidal ya que es un Irritante dérmico y oftálmico, También por inhalación puede causar irritación en las vías respiratorias por lo que se recomendaría separarlo de la mezcla con el método de decantación con embudo de separación, secarlo y almacenarlo en un lugar seco, hasta reutilizarlo como agroquímico.</p> <p>El segundo residuo en peligrosidad es el gas SO_2 que por estar en el agua se convierte en ácido sulfuroso (H_2SO_3) se recomienda neutralizar con carbonato de calcio para obtener una sal de sulfito cálcico, con todo ello no sería conveniente de todas maneras de tirarlo al drenaje sino confinarlo hasta efectuar la separación y su posible reutilización.</p>			
Mesa 4 Reactivos de la mesa: bicarbonato de sodio NaHCO_3	4.1	<p>Vinagre (ácido acético) CH₃COOH + bicarbonato de sodio NaHCO₃.</p>	$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$		<p>4.1.a Temperatura</p> <p>Se propone colocar en matraces vinagre, una propuesta es que en el primer recipiente se enfría con hielo, en el segundo se coloca a temperatura ambiente, y en el tercero se calienta en baño maría, se coloca un termómetro para mostrar la</p>	<p>CH₃COOH El ácido acético provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves, sin embargo, se trabajará con vinagre que solo contiene</p>

vinagre (ácido acético) CH_3COOH fenolftaleína $\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{O}_4$		3 matraces Erlenmeyer, globos.			temperatura. Se coloca la misma cantidad de bicarbonato de sodio en cada globo y se coloca con cuidado en los matraces, se voltean los globos para que el bicarbonato caiga en el matraz, junto con el cronómetro. De manera opcional se puede medir el pH	del 3 al 5% de ácido acético. NaHCO_3 . Inhalación: Puede producir irritación. Contacto con la piel: Puede producir resequedad de la piel. Contacto con los ojos: Puede causar irritación por abrasión mecánica. Ingestión: No se conocen efectos.
	4.2	NaHCO_3 . $\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{O}_4$	$2 \text{NaHCO}_3 (\text{s}) \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 (\text{s}) + \text{CO}_2 (\text{g}) + \text{H}_2\text{O} (\text{g})$	En este caso la temperatura no funge como factor que acelera la reacción si no que convierte el bicarbonato de sodio, que no es lo suficientemente alcalino para producir el vire en carbonato de sodio que si lo es.	4.2.a Temperatura Se coloca un par de cucharaditas de bicarbonato de sodio en un vaso de precipitados y se disuelve en agua destilada, se le colocan unas gotas de fenolftaleína, se observa si ocurre el vire de color. Se coloca un par de cucharaditas de bicarbonato de sodio en una cápsula de porcelana y se calienta, después se disuelve en agua y se vuelven a agregar unas gotas de fenolftaleína para observar si ocurre el vire.	$\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{O}_4$ Inhalación: Altas concentraciones del vapor pueden causar somnolencia, tos, irritación de los ojos y el tracto respiratorio, dolor de cabeza y síntomas similares a la ingestión. Ingestión: Sensación de quemadura. Actúa al principio como estimulante seguido de depresión, dolor de cabeza, visión borrosa, somnolencia e inconsciencia. Grandes cantidades afectan el aparato gastrointestinal.
Disposición de residuos mesa 4	4.1	$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	CH_3COONa Acetato de sodio. Evite la contaminación de alcantarillas y cursos de agua. No se esperan productos de degradación peligrosos a corto plazo. Sin embargo, pueden formarse productos de degradación peligrosos a largo plazo. El producto en sí y los productos de descomposición no son tóxicos.			

			El líquido debe recogerse evitando el contacto con la piel. El área debe lavarse con agua, si es posible. El material debe disponerse de acuerdo con las regulaciones existentes. No incinerar, cortar ni soldar los contenedores vacíos. Cuando se descarta este producto constituye un desecho tóxico. Debe transferirse a recipientes adecuados para su recuperación o disposición.										
	4.2	2 NaHCO ₃ (s) → Na ₂ CO ₃ (s) + CO ₂ (g) + H ₂ O (g)	Se puede neutralizar y disponer en la tarja. http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/4960/1/Propuesta%20de%20tratamiento%20y%20disposici%C3%B3n%20final%20de%20los%20residuos%20qu%C3%ADmicos%20generados%20en%20el%20laboratorio%20de%20calidad%20de%20aguas%20del%20Ministerio%20del%20Medio%20Ambiente%20y%20Recursos%20Naturales.pdf										
Mesa 5 Reactivos de la mesa: hidróxido de sodio NaOH acetato de etilo C ₄ H ₈ O ₂ ácido oxálico C ₂ H ₂ O ₄ permanganato de potasio KMnO ₄ ácido sulfúrico H ₂ SO ₄ oxalato sódico Na ₂ C ₂ O ₄ Sulfato de manganeso MnSO ₄ .	5.1	A= 5 ml de disolución de permanganato de potasio (KMnO₄) 0.01 Molar y 1 ml de dilución de ácido sulfúrico (H₂SO₄) 0.5 Molar. B= 9 ml de disolución de ácido oxálico (C ₂ H ₂ O ₄) 0.05 M.	2 KMnO ₄ (H ₂ O) + 5 H ₂ C ₂ O ₄ (H ₂ O) + 3 H ₂ SO ₄ (H ₂ O) ⇒ 2 MnSO ₄ (H ₂ O) + 10CO ₂ (gas) + 8 H ₂ O + K ₂ SO ₄ (H ₂ O)	<p>5.1.a Temperatura</p> <p>En cada uno de los tres tubos con la letra A, agrega 5 ml de disolución de permanganato de potasio (KMnO₄) 0.01 Molar y 1 ml de dilución de ácido sulfúrico (H₂SO₄) 0.5 Molar.</p> <p>3.- En los tres tubos con la letra B, agregar 9 ml de disolución de ácido oxálico (C₂H₂O₄) 0.05 M.</p> <p>4.- Preparar el baño maría con agua y calentarla a 25 °C.</p> <p>5.- Cuando se alcance esta temperatura, sumergir dos tubos uno A y uno B en el baño maría y cuando el contenido de los tubos alcance una temperatura a 20°C combinar los tubos. Anotar el tiempo en que ocurre la decoloración del permanganato de potasio.</p> <p>6.- Repetir el mismo procedimiento, pero modificando la temperatura</p> <p>6a.- Para los tubos A y B la temperatura debe ser de 50°C.</p> <p>6b.- Para los tubos A y B la temperatura debe ser de 80°C.</p> <table border="1" data-bbox="1255 1227 1520 1354"> <thead> <tr> <th>TUBOS</th> <th>TEMPERATURA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A y B</td> <td>20°C</td> </tr> <tr> <td>A y B</td> <td>50°C</td> </tr> <tr> <td>A y B</td> <td>80°C</td> </tr> </tbody> </table>	TUBOS	TEMPERATURA	A y B	20°C	A y B	50°C	A y B	80°C	<p>KMnO₄ Puede agravar un incendio, nocivo en caso de ingestión, provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves, muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.</p> <p>H₂SO₄ Corrosivo, reacciona con el agua, puede ocasionar daños en riñones y pulmones. Ocasiona severas irritaciones en ojos, piel, tracto respiratorio y digestivo con posibles quemaduras.</p>
TUBOS	TEMPERATURA												
A y B	20°C												
A y B	50°C												
A y B	80°C												

Disposición de residuos mesa 5	5.1	$2 \text{KMnO}_4 (\text{H}_2\text{O}) + 5 \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 (\text{H}_2\text{O}) + 3 \text{H}_2\text{SO}_4 (\text{H}_2\text{O}) \Rightarrow 2 \text{MnSO}_4 (\text{H}_2\text{O}) + 10 \text{CO}_2 (\text{gas}) + 8 \text{H}_2\text{O} + \text{K}_2\text{SO}_4 (\text{H}_2\text{O})$	<p>K₂SO₄ No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado. Recoger dentro de recipientes apropiados para su eliminación. Después de limpiar, eliminar las trazas con agua.</p> <p>MnSO₄ Evitar su liberación al medio ambiente. Impedir la contaminación del suelo y del agua. Impedir propagación en las alcantarillas. Recoger sólido derramado en recipientes con tapa. Recoger minuciosamente sólidos derramados y residuos. Entregar el producto recogido al fabricante/organismo competente. Eliminar los materiales o residuos sólidos en un centro autorizado</p>
---------------------------------------	------------	--	--

5. Ejercicios de Aplicación

- En la cocina ocurren muchas reacciones químicas como por ejemplo la reacción de Maillard, la desnaturalización de proteínas, la caramelización, la fermentación etcétera.
- Este año se decidió que la cena de año nuevo la prepararía Mariana, pero se le hizo tarde arreglándose y empezó a cocinar más tarde el pavo. ¿Qué factores puede modificar para que las reacciones ocurran más rápido?
- Después de los tamales del 2 de febrero, el tío David tiene una enorme indigestión por comer demasiado, la paciencia no es su fuerte así que pide algún remedio que le haga efecto rápidamente. La tía Vale le ofrece dos antiácidos, uno es un polvo en un sobre y el otro está en tabletas, ambos tienen la misma cantidad de principio activo. ¿Cuál debe escoger el tío David para sentirse mejor más rápido?
- Es de suma importancia respetar el horario de los medicamentos, ya que los fármacos deben administrarse en un intervalo determinado debido al tiempo que persisten en el organismo tras su toma.
- Si lo tomas antes de la hora indicada no se traduce en un aumento de los efectos beneficiosos, sino que podrían aparecer reacciones adversas. Si lo tomas demasiado tiempo después se corre el riesgo de que, durante el intervalo entre las dosis, los niveles que el fármaco alcanza en la sangre y en los tejidos sean inferiores a aquellos en los que ejerce su efecto beneficioso. ¿Con cuál de los factores que modifican la rapidez de reacción tiene que ver con lo anterior?
- Para derrotar la pandemia de COVID-19 es imprescindible llevar a cabo un esfuerzo de vacunación masiva en todo el mundo, pero la logística para conseguirlo es increíblemente compleja. Dos de los factores más complicados son el almacenamiento y el transporte.
- La distribución de las dosis de vacunas es mucho más complicada que simplemente introducir los viales en cajas y cargarlos en un camión. Desde el momento en que una vacuna sale del fabricante hasta el momento en que se administra a un paciente debe mantenerse en condiciones ideales y muy específicas. Por ejemplo, la vacuna contra la COVID-19 de Pfizer debe mantenerse a una temperatura de $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Por eso, el éxito de las campañas de inmunización a gran escala depende de una cadena de frío fiable: un sistema para almacenar y transportar las vacunas de forma segura a las temperaturas recomendadas. ¿Cómo se relaciona esta información con lo trabajado en los videos? ¿Qué podría ocurrir si se rompen las cadenas de frío?
- El medicamento “*Beano*” contiene la enzima Alfa-galactosidasa, se recomienda cuando el cuerpo no la tiene en niveles suficientes de manera natural. Esta enzima sirve para digerir los azúcares de los granos, cereales y muchos vegetales que, en su ausencia, producen gases ¿Qué factor modifica la rapidez de las reacciones necesarias para la digestión en este ejemplo?
- La Anhidrasa carbónica es una enzima que cataliza la reacción $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{CO}_3\text{H}_2$. La reacción se puede inhibir farmacológicamente con productos llamados inhibidores de la anhidrasa carbónica. Participa en la transformación y transporte del dióxido de carbono por la sangre.

Los inhibidores de la anhidrasa carbónica como la acetazolamida causan una acidosis metabólica leve y pueden estimular la respiración. Algunos pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) grave desarrollan una insuficiencia respiratoria crónica. En teoría, se pueden beneficiar con el uso de estos fármacos por una reducción en el nivel de dióxido de carbono arterial (PCO_2) y un aumento en el oxígeno arterial (PO_2). ¿Qué es la anhidrasa carbónica? ¿Qué efecto tendría un inhibidor en el tiempo de una reacción?

Referencias

- Abdul, C., Ali, M. Zawadski, R., Saadah, N., Khar, N. Aliyu, H. (2017). Video-based learning in chemistry education: exemplars, issues and challenges. *Learning Science and Mathematics*, (12), 35-51.
- Agra G, Formiga N., Oliveira P., Costa Fernández M., Nóbrega M. (2019). Analysis of the concept of Meaningful Learning in light of the Ausubel's Theory. *Rev Bras Enferm*, 72(1), 248-55.
<http://dx.doi.org/10.1590/0034-7167-2017-0691>
- Aguilar M., Fernández M., Durán C. (2011). Experiencias curiosas para enseñar química en el aula. *Educación QuímicaEduQ*, (8) 23-24. <http://dx.doi.org/10.2436/20.2003.02.59>
- Aguilar M., Fernández M., Durán C. (2011). Química recreativa con agua oxigenada. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. Núm. Extraordinario, 446–453.
- Akkus, H., Kadayifci, H. y Atasoy, B. (2011). Development and application of a two-tier diagnostic test to assess secondary students understand of chemical equilibrium concepts. *Journal of Baltic Science Education*, 10(3), 146-155.
- Aksela, M., & Lundell, J. (2008). Computer-based molecular modelling: Finnish school teachers' experiences and views. *Chemistry Education Research and Practice*, (9), 301-308.
- Albadejo, C. & Echevarría, I. (2001). Ciencias experimentales en M.A. Arregui, N. Casals, R. Joancomartí, J. Pérez & M. Villalba (Eds), *Manual de la educación*, (pp. 381-424). Barcelona: Océano.
- Albadejo, C. & Echevarría, I. (2001). Ciencias experimentales en M.A. Arregui, N. Casals, R. Joancomartí, J. Pérez & M. Villalba (Eds), *Manual de la educación* (pp. 381-424). Barcelona: Océano.

- Al-Balushi, S. (2013). The Effect of Different Textual Narrations on Students' Explanations at the Submicroscopic Level in Chemistry. *Eurasia journal of mathematics, science and technology education*. 10.12973/EURASIA.2013.911A
- Anders, C., Berg R. (2005). Factors related to observed attitude change toward learning chemistry among university students. *Chemistry Education Research and Practice*, 6 (1), 1-18.
- Andersson, B. (1986). Pupils' explanations of some aspects of chemical reactions. *Science Education*, (70), 549–563.
- Área de Ciencias Experimentales. (Colección 2014-1). *Estrategias experimentales para el Bachillerato Química III y IV*. Paquete didáctico. Colegio de Ciencias y Humanidades. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Arellano, M. (2008). Estudio comparativo de dos instrumentos de evaluación diagnóstica aplicados a profesores de Química en formación: un estudio piloto. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 7(1), 1-22.
- Armijo, F. (2012). La Química Analítica en el Mundo. *Balnea* (5), 177-195.
- Ausubel, D. P. The psychology of meaningful verbal learning. New York: Grune & Stratton; 1963. P. 255.
- Ausubel, D. P. (1968). Educational psychology: a cognitive view. New York, Holt, Rinehart and Winston.
- Bandura, A (1987). Teoría del Aprendizaje Social. Madrid: España- Calpe.
- Badui, S. (2006). Química de los alimentos. Cuarta edición. Pearson Educación.
- Bar, V. y Travis, A. S. (1991). Children's views concerning phase changes. *Journal of Research in Science Education*, 16(2), 157- 174.

- Barberá, O. y Valdés, P. (1996). El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(3), 365-379.
- Bárceñas, M. (2006). ¿Qué física se debe estudiar en ingeniería? *Naturalis, Boletín de la División de Ciencias Básicas UNAM*, (6), 1-12. http://www.dcb.unam.mx/Publicaciones/Naturalis/bfyg_6.pdf
- Barrera, J. G. (2013). Enseñanza de los factores que afectan la velocidad de reacción: Una propuesta de aula desde el aprendizaje activo. *Horizontes Pedagógicos*, 15(1), 174-180.
- Banerjee, A. C. (1991). Misconceptions of students and teachers in chemical equilibrium. *International Journal of Science Education*, 13(4), 487-494.
- Barke, H. D. (1997). The Structure-oriented approach. Demonstrated at the example of interdisciplinary teaching spatial abilities en W. Gräber & C. Bolte (Eds.) *Scientific literacy*.
- Barke, H.-D., Hazari, A., Yitbarek, S. (2009). Chapter 2. Students' Misconceptions and How to Overcome Them en *Misconception in Chemistry Addressing Perceptions in Chemical Education*, IX, p. 294.
- Barnea, N. (2000). Teaching and Learning about Chemistry and Modelling with a Computer managed Modelling System en J. K. Gilbert, y C. J. Boulter (Eds.), *Developing Models in Science Education*, 307-323.
- Barnea, N., & Dori Y. J. (1996). Computerized Molecular Modeling as a Tool to Improve Chemistry Teaching. *Journal of Chemical Information and Computer Sciences*, 36(4), 629-636.
- Bastable, S. B. (2010). O enfermeiro como educador: princípios de ensino-aprendizagem para a prática de enfermagem. *Artmed*, 688.
- Ben-Zvi, R., Eylon, B., & Silberstein, J. (1986). Is an atom of copper malleable? *Journal of Chemical Education*, 63(1), 64-66.

- Ben-Zvi, R., Eylon, B., & Silberstein, J. (1987). Students' visualization of a chemical reaction. *Education in Chemistry*, 24, 117–120.
- Berger, P. L. y Luckmann, T. (2001). La construcción social de la realidad. Madrid: Amorrortu Editores.
- Bilgin, I. y Geban, O. (2006). The effect of cooperative learning approach based on conceptual change condition on students understanding of chemical equilibrium concepts. *Journal of Science Education and Technology*, 15(1), 31-46.
- Bodner, G. M. (1991). I have found you an argument: the conceptual knowledge of beginning chemistry graduate students. *Journal of Chemical Education*, 68(5), 385-388.
- Bohloko, M., Tiisetso J. Makatjane, Mosotho J. George & Tšepo Mokuku (2019). Assessing the Effectiveness of using YouTube Videos in Teaching the Chemistry of Group I and VII Elements in a High School in Lesotho, *African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education*. 10.1080/18117295.2019.1593610.
- Borsese, A. (2000). Comunicación, lenguaje y enseñanza. *Educación química*, 11(2), 220-227.
- Boujaoude, S. y Barakat, H. (2003) Student's problem-solving strategies in stoichiometry and their relationships to conceptual understanding and learning approaches. *Electronic Journal of Science Education*, 7(3).
- Brame, C. (2016). Effective Educational Videos: Principles and Guidelines for Maximizing Student Learning from Video Content. *Life Sciences Education*, 15(6), 1–6.
- Bravo, J. (03 de 04 de 2000). El Video Educativo [Archivo de video]. Audiovisuales: <http://files.audiovisuales-edu.webnode.es/200000055-a4323a529e/Videdu.pdf>
- Bunge, M. Las pseudociencias ¡vaya timo!. Laetoli.

- Box, M. C.; Dunnagan, C. L.; Hirsh, L. A.; Cherry, C. R.; Christianson, K. A.; Gibson, R. J.; Wolfe, M. I.; Gallardo-Williams, M.T. (2017) Qualitative and Quantitative Evaluation of Three Types of Student-generated Videos as Instructional Support in Organic Chemistry Laboratories. *J. Chem. Educ.* 94(2), 164–170.
- Cachapuz, A. F. C., y Maskill, R. (1987). Detecting changes with learning in the organization of knowledge: Use of word association tests to follow the learning of collision theory. *International Journal of Science Education*, 9(4), 491–504. doi:10.1080/0950069870090407
- Cachapuz, A. F. C., y Maskill, R. (1989). Using Word association informative classroom test: following the learning of Le Chatelier's principle. *J. Sci. Educ.*, 21(2), 235-246.
- Cakmakci, G., Leach, J., Donnelly, J. (2006). Students' Ideas about Reaction Rate and its Relationship with Concentration or Pressure. *International Journal of Science Education*, 28(15), 1795-18.15. Routledge Publisher. 10.1080/09500690600823490
- Cakmakci, G. (2010). Identifying alternative conceptions of chemical kinetics among secondary school and undergraduate students in Turkey. *Journal of Chemical Education*, 87(4), 449-455.
- Camacho, M. y Good, R., 1989. Problem Solving and Chemical Equilibrium: Successful versus Unsuccessful Performance. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(3), 251-272.
- Campos, M.A. y Gaspar, S. (1991). La construcción del constructivismo en investigación cognoscitiva, Siglo XXI: Perspectivas latinoamericanas.
- Carbonell, F. y Furió, C. (1987). Opiniones de los adolescentes respecto del cambio sustancial en las reacciones químicas. *Enseñanza de las ciencias*, 5 (1), 3-9.
- Cardellini, L. (2012). Chemistry: Why the Subject is Difficult? *Educación en Química*, 23(2), 6.
- Carrascosa, J. (2005). El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte II). El cambio de concepciones alternativas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(3), 388-402.
- Carretero, M. (1993). Constructivismo y Educación, Edelvises, Zaragoza.

- Carvalho, D.P., Rego, A. L., Ferreira, K. S., Sila, S. B., Vitor, A. F., Ferreira, M. A. (2015). Meaningful learning theory as a proposal for innovation in nursing education: student experience. *Rev Enferm UFSM*, 5(1). 10.5902/2179769213210 Portuguese.
- Castillejos, A. (2011). Química 4. El lenguaje, nivel simbólico de la química. Química 4.1 y 4.2 [Episodio de Podcast, recurso didáctico]. Descarga cultura UNAM: <https://descargacultura.unam.mx/25972?sharedItem=25972>
- Chambers, W. (1998). *Historia de la Filosofía Griega. Tomo II: La tradición presocrática desde Parménides a Demócrito*. Gredos.
- Chamizo, J. A. (2018). *Química General. Una aproximación histórica*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Chamizo, J. A. (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. A. y Rutilo, J. (2006). Modelación molecular. Estrategia didáctica sobre la constitución de los gases, la función de los catalizadores y el lenguaje de la química. *Investigación temática*, 11(31), 1241-125.
- Chang R. (2003). *Química*. (pp. 538, 539, 859). McGrawHill.
- Cheng, M. y Gilbert, J. (2009). Towards a better utilization of diagrams in research into the use of representative levels in chemical education en *Multiple representations in chemical education* (pp. 55-73).
- Cokelez, A., y Dumon, A. (2005). Atom and molecule: upper secondary school French students' representations in long-term memory. *Chemistry Education Research and Practice*, 6(3), 119–135.

Colegio de Ciencias y Humanidades. (s.f.(a)). *Historia del Colegio de Ciencias y Humanidades.*

<https://www.cch.unam.mx/historia>

Colegio de Ciencias y Humanidades. (s.f.(b)). *Misión y filosofía.* <https://www.cch.unam.mx/misionyfilosofia>

Colegio de Ciencias y Humanidades. (2016). *Programas de estudio.*

<https://www.cch.unam.mx/programasestudio>

Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Naucalpan. (2019). *Servicios.* [http://www.cch-](http://www.cch-naucalpan.unam.mx/v2018/serviciosp.php#)

[naucalpan.unam.mx/v2018/serviciosp.php#](http://www.cch-naucalpan.unam.mx/v2018/serviciosp.php#)

Cowan, N. (2013). Working Memory Underpins Cognitive Development, Learning, and Education. *Educational*

Psychology Review, 26, 197–223. [10.1007/s10648-013-9246-y](https://doi.org/10.1007/s10648-013-9246-y)

Cresswell, S., Loughlin, W., Coster, M., y Green, D. (2019). Development and Production of Interactive Videos

for Teaching Chemical Techniques during Laboratory Sessions. *J. Chem. Educ.* 96, 1033–1036

Cuellar, Z. (2009). Las concepciones alternativas de los estudiantes sobre la naturaleza de la materia. *Revista*

Iberoamericana de Educación, 50/2, 1 – 10.

Dahsah, C. y Coll, R. K. (2007). Thai Grade 10 and 11 students conceptual understanding and ability to solve

stoichiometry problems. *Research in Science and Technological Education*, 25(2), 227-241.

Davidowitz, B., Chittleborough, G. y Murray, E. (2010). Student-generated submicro diagrams: a useful tool

for teaching and learning chemical equations and stoichiometry. *Chemistry Education Research and Practice*, 11(3), 154-164.

Dávila, J. (2018). El uso del video educativo como herramienta didáctica complementaria para el

desarrollo de conocimientos procedimentales. Encuentro Internacional de Educación en

Ingeniería ACOFI, Cartagena de Indias, Colombia.

<https://acofipapers.org/index.php/eiei/article/view/299/296>.

De La Chaussée, M. (2009). Las estrategias argumentativas en la enseñanza y el aprendizaje de la química.

Educación química, número de aniversario: argumentación en el salón de clases, 143-155.

Departamento de Ciencias Químicas. (2013). Cinética química aplicando los principios de la química verde.

Actividades experimentales para química industrial. Sección de fisicoquímica Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Universidad Nacional Autónoma de México. Realizado por: Yolanda Marina Vargas Rodríguez, Adolfo Eduardo Obaya Valdivia, Guadalupe, Iveth Vargas Rodríguez, Alejandra Rodríguez Pozos.

Departamento de Preparatoria Agrícola. (2019). *Manual de prácticas de laboratorio Química III*. Comisión de

Química III. Área de Química. Universidad Autónoma Chapingo.

Dirección General de Incorporación y Revalidación de Estudios. (s.f.) *Plan y Programas Indicativos Colegio de*

Ciencias y Humanidades 2016. https://www.dgire.unam.mx/contenido_wp/planes-de-estudio-y-programas-operativos/plan-y-programas-indicativos-colegio-de-ciencias-y-humanidades-2016/

Díaz-Barriga F., y Hernández G. (2002). Estrategias Docentes para un Aprendizaje Significativo (Una interpretación constructivista), Mc Graw-Hill, México (pp. 31 y 36).

De la Fuente, D., Hernández, M. y Pra, I. (2018). Video educativo y rendimiento académico en la enseñanza superior a distancia. *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 323-341.

Dori, Y. y Barak, M. (1999). Computerized molecular modeling as a collaborative learning environment. 10.3115/1150240.1150256.

Dori, Y. y Barnea, N. (2001). Computerized Molecular Modeling - The New Technology For Enhancing Model Perception Among Chemistry Educators And Learners. *Chem. Educ. Res. Pract.* 1(1), 109-120.

Edwards, D. (1997). *Discourse and Cognition*. Londres: Sage.

ENP. s. f. Escuela Nacional Preparatoria, Modelo Educativo.
<http://enp.unam.mx/assets/pdf/planesdeestudio/ModeloEducativoENP.pdf>

ENP. s. f. Sitio oficial. Antes hacienda, hoy es prepa 5 de la UNAM.
<https://www.eluniversal.com.mx/mochilazo-en-el-tiempo/antes-hacienda-hoy-es-la-prepa-5-de-la-unam#:~:text=Al%20no%20encontrar%20a%20tiempo,Rafael%20y%20Justo%20Sierra%2067.>

Fahmi y Irhasyuarna, Y. (2017). Misconceptions of Reaction Rates on High School Level in Banjarmasin. *Journal of Research & Method in Education*, 7(1), 54-61.

Fonseca, D. M. (2008). Bachelard's scientific pedagogy: a reflection in favor of the quality of teacher practice and research. *Educação e Pesquisa* 34(2), 361-370. <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-97022008000200010>.

Fung, F. M. (2015). Using First-person Perspective Filming Techniques for a Chemistry Laboratory Demonstration to Facilitate a Flipped Prelab. *J. Chem. Educ.* 92 (9), 1518–1521.

Gabel, D. (1993). Use of the particle nature of matter in developing understanding. *Journal of Chemical Education*, 70(3), p.193.

Gabel, D., Samuel, K. V., & Hunn, D. (1987). Understanding the particle nature of matter. *Journal of Chemical Education*, 64(8), 695–697.

Gabel, D. (1998). The complexity of chemistry and implications for teaching en B. J. Fraser y K. G. Tobin (Eds.). *International handbook of science education*, (1), 233–248. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Gabel, D. (1999). Improving teaching and learning through chemistry education research: A look to the future.

Journal of Chemistry Education, 76(4), p. 548–554.

Gaceta CCH. (s.f.). *Los orígenes del CCH*. Recuperado el 11 de enero de 2022 de

<https://gaceta.cch.unam.mx/es/los-origenes-del-cch#>

Gaceta UNAM. (1971). *Se creo el colegio de ciencias y humanidades*,(3),1-8.

Galaj, M. (2014). Students' motivation to learn chemistry – polish scene. *Wyższa Szkoła Informatyki w Łodzi*.

Galloway, K. R., & Bretz, S. L. (2016). Video episodes and action cameras in the undergraduate chemistry

laboratory: Eliciting student perceptions of meaningful learning. *Chemistry Education Research and*

Practice, 17(1), 139-155.

Ganuza, J. L., Casas, M., Queipo, M. (1991). *Química general*. Schaum. Mc Graw Hill.

García, M. (2014). Uso Instruccional del video didáctico. *Revista de Investigación*, 38(81),43-67.

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=376140396002>

Garde J., Uriz F., *Prácticas de química para educación secundaria*. Recursos didácticos. Gobierno de Navarra.

Departamento de Educación y Cultura.

Guista, A. S. (2013). Concepções de aprendizagem e práticas pedagógicas. *Educ Rev*, 29(1), 20-36.:

10.1590/S0102-46982013000100003

Gorodetsky, M. y Gussarsky, E. (1986). Misconceptualization of the chemical equilibrium concepts as revealed

by different evaluation methods. *European Journal of Science Education*, 8(4), 427- 441.

Gómez-Moliné, M. y Sanmartí, N. (2000). Reflexiones sobre el lenguaje de la ciencia y el aprendizaje.

Educación Química, 11(2), 266-273.

- Grabe, M., & Grabe, C. (2007). Integrating technology for meaningful learning (5th ed.). New York: Houghton Mifflin Company.
- Griffiths, A. K., & Preston, K. R. (1992). Grade-12 students' misconceptions relating to fundamental characteristics of atoms and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, (29), 611–628.
- Hanson, S.; Overton, T. (2010). Skills Required by New Chemistry Graduates and their Development in Degree Programmes; Report of the Higher Education Academy, UK Physical Sciences Centre. <http://www.rsc.org/learn-chemistry/resources/business-skills-andcommercial-awareness-for-chemists/docs/skillsdoc1.pdf>
- Harrison, A. y Treagust, D. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 1011-1026.
- Hernández, S., López, M. (2021). *Los niveles cognitivos en los programas de química del Colegio de Ciencias y Humanidades*. Colegio de Ciencias y Humanidades. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Huddle, A. P. y Pillay, E. A. (1996). An in-depth study of misconceptions in stoichiometry and chemical equilibrium at a South African university. *Journal of research in science teaching*, 33(1), 65-77.
- Jacobs, G. E. (2012). Models of power and the deletion of participation in a classroom literacy event. *Journal of Research in Reading*, 35(4), 353–371.
- Jalonen, E. (2016). Computer-based molecular modelling: Towards deeper understanding of chemistry. *LUMAT-B: International Journal on Math, Science and Technology Education*, 1(3).
- Jalonen, E., Lundell, J., y Aksela, M. (2007). Molekyylimallinnus lukion kemian opetuksessa. (Molecular modelling in the chemistry teaching of upper secondary school) en M. Aksela & M. Montonen (Eds.), *Uusia lähestymistapoja kemian opetukseen perusopetuksesta korkeakouluhiin* (148-154). Helsinki.

- Jegade, S. A., (2007). Students' anxiety towards the learning of Chemistry in some Nigerian secondary schools. *Educational Study and Review*, 2 (7), 193-197.
- Job, S. C. (2011). Teorias da aprendizagem: uma revisão da literatura. *Rev Psicol*, 5(15),22-30. <http://idonline.emnuvens.com.br/id/article/view/18/18>.
- Johnstone, A.H. (1982) "Macro- and microchemistry" *School Science Review* vol.64 pp.377-379.
- Johnstone, A. H. y Wham, A. J. B. (1982). The demands of practical work. *Education in Chemistry* 19(3), 71-73.
- Johnstone, A. H. y Letton, K. M. (1988). Is practical work practicable? *Journal of College Science Teaching* 18(3), 190-192.
- Johnstone, A.H., MacDonald, J.J. & Webb (1977). Misconception in school thermodynamics, *Physics Education*, 248-251. Krajcik, J. (1991). Developing students' understanding of chemical concepts en B. K. Britton (Ed.), *The Psychology of Learning Science* (pp.117-147).
- Johnstone, A. H. (1993). The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. *Journal of Chemical Education*, 70(9), 701–705.
- Johnstone, A. (2000). Teaching of chemistry - logical or psychological? *Chemistry education research and practice*, 1(1), 9–15. 10.1039/a9rp90001b
- Johnstone A. H. (2010). You can't get there from here, *Journal of Chemical Education*,(87), 22-27.
- Jolley, D. F.; Wilson, S. R.; Kelso, C.; O'Brien, G.; Mason, C. E. (2016). Analytical Thinking, Analytical Action: Using Prelab Video Demonstrations and e-Quizzes to Improve Undergraduate Preparedness for Analytical Chemistry Practical Classes. *J. Chem. Educ.*, 93 (11), 1855–1862.
- Jonassen, D. H. (1995). Supporting communities of learners with technology: A vision for integrating technology with learning in schools. *Educational Technology*, 35(4), 60-63

- Jordan, J. T.; Box, M. C.; Eguren, K. E.; Parker, T. A.; Saraldi-Gallardo, V. M.; Wolfe, M. I.; Gallardo-Williams, M. T. (2016) Effectiveness of Student-generated Video as a Teaching Tool for an Instrumental Technique in the Organic Chemistry Laboratory. *J. Chem. Educ.* 93 (1), 141–145.
- Kalinowski, C., Massoquetti, R., Peres, A., Larocca, L., Cunha, I., Gonçalves, L. (2012). Participative methods in teaching administration within nursing. *Interface Comunicação Saúde Educação* 17(47), 959-67. <http://dx.doi.org/10.1590/S1414-32832013005000029>
- Kaya, E. y Geban, O. (2012). Facilitating conceptual change in rate of reaction concepts using conceptual change-oriented instruction. *Egitim ve Bilim (Educación y ciencia)*, 37(163), 216-225.
- Kinchin, I., Hay, D. (2005). Using concept maps to optimize the composition of collaborative student groups: a pilot study. *J Adv Nurs*, 51(2), 182-7. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.2005.03478.x>
- Kind, V. y Kind, P. M. (2011). Beginning to teach chemistry: how personal and academic characteristics of pre-service science teachers compare with their understandings of basic chemical ideas. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 1(2), 2123-2158.
- Kirbulut, Z. D. y Beeth, M. E. (2013). Representations of fundamental chemistry concepts in relation to the particulate nature of matter. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 1(2), 96- 106.
- Keig, P. F., & Rubba, P. A. (1993). Translations of the representations of the structure of matter and its relationship to reasoning, gender, spatial reasoning, and specific prior knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(8), 883–903.
- Kolomuc, A. Tekin, S. (2011). Chemistry Teachers' Misconceptions Concerning Concept of Chemical Reaction Rate. *Eurasian J. Phys. Chem. Educ.* 3(2), 84-101.

- Kozma, R. B., & Russell, J. (1997). Multimedia and understanding: Expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(9), 949–968.
- Kurt, S. y Ayas, A. (2012). Improving students' understanding and explaining real life problems on concepts of reaction rate by using a four step constructivist approach. *Energy Education Science and Technology Part B: Social and Educational Studies*, 4(2), 979-992.
- Kwen, B.H. (2005). Teachers' misconceptions of biological science concepts as revealed in science examination papers. AARE (2005) International Education Research Conference.
- Lamburú, C.E., Barros, M. A., Silva, O. H. M. (2011). Multimodal and multiple representation, significant learning and subjectivity: three reconcilable scientific education frameworks. *Ciêñ Educ*, 17(2), 469-87. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132011000200014>.
- Leach AR (2009). *Molecular modelling: principles and applications*. Pearson Prentice Hall. ISBN 978-0-582-38210-7. OCLC 635267533
- Leiva, C. (2005). Conductismo, cognitivismo y aprendizaje. *Tecnología en Marcha*, 18(1), 66-73.
- Lemos, E. S. (2011). The meaningful learning theory and its relationship with teaching and research on teaching. *Rev Aprendizagem Significativa*, 1(3), 47-52.
- Lifshitz, A. (2017). La pseudociencia y los falsos investigadores. *Medicina interna de México*, 33 (4), 439-441.
- Lohner, S. (2017). Vanishing Baking Soda. A decomposing science Project. *Scientific American*. <https://www.scientificamerican.com/article/vanishing-baking-soda/>
- López, D. (15 de mayo de 2019). *Atomística: Leucipo, Demócrito, Epicuro y Lucrecio*. Diccionario filosófico. Recuperado el 9 de febrero de 2022 de <https://www.filosofia.org/urss/dsf/atomisti.htm>.

- López, G. (21 de marzo 2015). *Protociencia*. Academia de Ciencias de la Región de Murcia. <https://www.um.es/acc/protociencia/>
- Luengo, C. (2010). *La animación Stop Motion técnicas y posibilidades artísticas. Cut Out: Siluetas animadas*. [Tesis del Máster de Postproducción Digital, Universidad Politécnica de Valencia].
- Lundell, J., y Aksela, M. (2003). Modelización molecular en la enseñanza de la química, Parte 1: Modelización molecular y enseñanza de la química, *Dimensión*, 67(5), 47-49.
- Lynch, M. D. (1997). The effect of cognitive style, method of instruction, and visual ability on learning chemical kinetics (Tesis de doctorado no publicada). Iowa State University, Estados Unidos.
- Martín, S. M., y Martín, S. M. (2000). Algunas reflexiones sobre la enseñanza de la química. *Universitas Scientiarum*, (5), 29-36.
- Martínez, M. (1999). Enfoque sociocultural en el estudio del desarrollo y la educación. *Revista Electrónica de Investigación Educativa, REDIE*, 1(1), 16-37.
- Markwick, A. (23 de Junio 2021). *Teaching rates of reaction post-16*. Education in chemistry. Royal Society of Chemistry. <https://edu.rsc.org/cpd/teaching-rates-of-reaction-post-16/4013857.article>
- Marzocchi, A. Vilchez, M. D'Amato, L. Marino, y N. Vanzetti (2012). Incorporación de TICs de modelado molecular en la enseñanza universitaria de la Química. *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología TEyET*, 8, 9–15.
- Méndez, D. (2013). ¿Cómo afrontan los alumnos en secundaria las reacciones químicas? *Aula de encuentro*, (15), 129-137.
- Mendoza, I., Peniche, A., Püschel V. (2012a). Knowledge of hypothermia in nursing professionals of surgical center. *Rev Esc Enferm USP*. [http://dx.doi.org/a\)10.1590/S0080-62342012000700018](http://dx.doi.org/a)10.1590/S0080-62342012000700018)

- Mendoza, I., Peniche, A. (2012b). Educational intervention regarding hypothermia: a teaching strategy for education in the Surgery Department. *Rev Esc Enferm USP*, 46(4), 849-55.
<http://dx.doi.org/10.1590/S0080-62342012000400010>
- Montagut, P. (2000). Perdona, do you speak chemistry?. *Educación Química*, 11 (4), 412-417.
- Morales, R. E. (2021). El video como recurso didáctico digital que fortalece el aprendizaje virtual. *EDUTECA. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, (77), 186 – 202.
<https://doi.org/10.21556/edutec.2021.77.1939>
- Moreira, M. A. (2012a). After all, what is meaningful learning? *Rev Currículum*, (25),29-56.
<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/alfinal.pdf> Spanish.
- Moreira, M. A. (2012b). La Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico: un referente para organizar la enseñanza contemporánea. *Rev Iberoam EducacMat*, 31(5), 9-20.
http://www.fisem.org/www/union/revistas/2012/31/archivo_5_de_volumen_31.pdf
- Mortimer, C., (1992). *Chemistry*. Quinta edición. Grupo Editorial Iberoamérica.
- Mulford, D. R. y Robinson, W. R. (2002). An inventory for alternate conceptions among first- semester General Chemistry students. *Journal of Chemical Education*, 79(6), 739-744.
- Nadelson, L. S.; Scaggs, J.; Sheffield, C.; McDougal, O. M., (2015). Integration of Video-based Demonstrations to Prepare Students for Organic Chemistry Laboratory. *J. Sci. Educ. Technol.* 24 (4), 476–483.
- Nakamatsu, J. (2012). Reflexiones sobre la enseñanza de la Química. *En blanco y negro, revista sobre docencia universitaria*, 3(2), 38-46.

- Nakhleh, M. B., & Krajcik, J. S. (1994). Influence of levels of information as presented by different technologies on students' understanding of acid, base, and pH concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(10), 1077–1096.
- Nieda, J. y Macedo, B. (1997). Un currículo científico para estudiantes de 11 a 14 años, UNESCO – OEI, Madrid, 41.
- Novak, J. D. (1982). *Teoría de la educación*. Madrid: Alianza Editorial.
- Novick y Nussbaum, J. (1978). Junior high school pupils understanding of the particulate nature of matter: an interview study. *Science Education*, 62(3), 273-281.
- Obaya, A., y Vargas, Y. (2005). *Cálculo de parámetros de rapidez en cinética química y enzimática*. México, UNAM.
- Osborne, R. J. y Cosgrove, M. M. (1983). Children's conceptions of the changes of state of water. 20(9), 825-838.
- Papageorgiou G., Markos A., Zarkadis N., (2016). Understanding the atom and relevant misconceptions: Students' profiles in relation to three cognitive variables. *Science Education International*, 27(4), 464-488.
- Parra, A. (15 de junio 2018). *El modelamiento molecular, una herramienta para el aprendizaje de la química*. Instituto para el futuro de la educación. Tecnológico de Monterrey. <https://observatorio.tec.mx/educacion/observatorio/observatorio-bit-blogs/observatorio-bit-blog/emodelamiento-molecular-herramienta-aprendizaje-de-quimica>.
- Petrucci, R., Herring, F., Madura, J., Bissonnette, C. (2011). *Química general, principios y aplicaciones modernas*. Décima edición. Pearson.

- Pekmez, E. S. (2010). Using analogies to prevent misconceptions about chemical equilibrium. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 11(2).
- Piaget, J. (1978). *A dónde va la educación*. Teide, Barcelona.
- Pozo, J. I. y Gómez Crespo, M. A. (2005). The embodied nature of implicit theories: the consistency of ideas about the nature of matter. *Cognition and Instruction*, 23(3). 351-387.
- Potter, J. (1998). *La representación de la realidad. Discurso, retórica y construcción social*. Barcelona: Paidós.
- Prado, C., Almeida, D. M., (2011). Theory of significant learning: development and evaluation of virtual classroom in Moodle platform. *Rev Bras Enferm*, 64(6),14-21. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-71672011000600019>
- Prensky, M. (2010). *Nativos e Inmigrantes Digitales*. Distribuidora SEK, S.A.
- Prensky, M. (2011). *Enseñar a nativos digitales*. SM.
- Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, PROFEPA s.f. *Glosario*.
http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/v/766/1/mx/glosario.html?num_letra=20&num_letra_siguiete=21#:~:text=Toxicidad%20Cr%C3%B3nica,efectos%20cancer%C3%ADgenos%2C%20teratog%C3%A9nicos%20o%20mutag%C3%A9nicos.
- Quintanilla, M. (2006). Identificación, caracterización y evaluación de competencias científicas desde una imagen naturalizada de la ciencia. *Enseñar Ciencias en el nuevo milenio. Retos y propuestas*. 17-42.
- Ramírez, A. (2010). YouTube y el desarrollo de la competencia matemática. Resultados de una investigación cuasiexperimental. *Contextos Educativos*, 123-138.
- Ramos, I. (2013). La enseñanza aprendizaje desde la perspectiva del constructivismo sociocultural. *Revista electrónica REDINE –UCLA*, 1(1), 1-33.

Reyes, C. (2016). Aprender haciendo en el Colegio de Ciencias y Humanidades. *Poiética*, 8, 94-99.

https://issuu.com/poieticacch/docs/poietica_8_web/99

Rodríguez, M., y Fernández, J. (2017). Uso del recurso de contenido en el aprendizaje en línea: YouTube. *Apertura*, 9(1), 22-31.

Ruiz, L. (2007). Formación Integral: Desarrollo Intelectual, Emocional, Social y Ético de los Estudiantes. *Revista Universidad de Sonora*, 19, 11-13.

Rudel, D. (2011). *Science Myths Unmasked: Exposing misconceptions and counterfeits forged by bad science books*. Gadflower.

Salta, K., Koulougliotis, D., (2012). Students' Motivation to Learn Chemistry: The Greek Case. *1st International Conference "New Perspectives in Science Education"*.

San Ildefonso. (s.f.). 150 años Escuela Nacional Preparatoria.

<http://www.sanildefonso.org.mx/expos/preparatoria/>.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT. (2005). Que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente. (NOM-052-SEMARNAT-2005).

<http://www.dof.gob.mx/normasOficiales/1055/SEMARNA/SEMARNA.htm>

Serrano, J. M. y Pons, R. M. (2011). El Constructivismo hoy: enfoques constructivistas en educación. *Revista electrónica de investigación educativa*, 13(1).

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1607-

[40412011000100001#:~:text=El%20constructivismo%20cognitivo%2C%20que%20parte,la%20que%20in tenta%20describir%20y](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1607-40412011000100001#:~:text=El%20constructivismo%20cognitivo%2C%20que%20parte,la%20que%20in tenta%20describir%20y)

- Schmitz, G. (2005). What Is a Reaction Rate? *Journal of Chemical Education*, 82(7), 1091-1093.
- Sherin, M. y Elizabeth, V. E. (2009). Effects of Video Club Participation on Teachers' Professional Vision. *Journal of Teacher Education*, 60(1), 20–37. <https://doi.org/10.1177/0022487108328155>
- Sherin, M. G. y Han, S. Y. (2004). Teacher learning in the context of a video club. *Teaching and Teacher Education*, 20(2), 163–183. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2003.08.001>
- Silva, C. C., Oliveira, A. K. S., Egry, E. Y., Lima, E. A., Anjos, U.U., Silva, A. T. M. C. (2013). Constructing a Gowin's V diagram to analyze academic work in Nursing. *Rev Esc Enferm*, 47(3). 10.1590/S0080-623420130000300026
- Smith, J. M. (1991). *Ingeniería de la cinética química*. McGraw-Hill.
- Sözbilir, M. What Makes Physical Chemistry Difficult? Perceptions of Turkish Chemistry Undergraduates and Lecturers (2004). *J. Chem. Educ.* 81(4), 573–578.
- Sozibilir, M., Pinarbasi, T., Canpolat, N. (2010). Prospective Chemistry Teachers' Conceptions of Chemical Thermodynamics and Kinetics. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*. 6(2), 111-120.
- Stavy, R. (1988). Childrens conceptions of gas. *International Journal of Science Education*, 10(5), 553-560.
- Stipcich, S., Cutrera, G. (2016). El triplete químico. Estado de situación de una idea central en la enseñanza de la Química. *Revista Electrónica sobre Cuerpos Académicos y Grupos de Investigación en Iberoamérica*. 3 (6).
- Sternberg, R. J., & Spear-Swerling, L. (1996). *Teaching for thinking*. American Psychological Association. <https://doi.org/10.1037/10212-000>

- Taber, K. (2002). *Chemical Misconceptions: Prevention, diagnosis, and cure: Theoretical background*. Royal Society of Chemistry.
- Taber, K. S., y García-Franco, A. (2010). Learning processes in chemistry: Drawing upon cognitive resources to learn about the particulate structure of matter. *Journal of the Learning Sciences*, 19(1), 99-142.
- Taber, K.S. & Tan, K.C.D. (2011). The insidious nature of 'hard-core' alternative conceptions: implications for the constructivist research programme of patterns in high school students' and pre-service teachers' thinking about ionisation energy. *International Journal of Science Education*, 33(2), 259-297.
- Talanquer, V. (2009). On cognitive constraints and learning progressions: The case of 'structure of matter'. *International Journal of Science Education*, 31(15), 2123-2136.
- Tamir, P. y V.M. Lunetta (1978). An Analyst of laboratory activities in the BSCS. *Yellow version, American Biology Teacher*, 40, 426-428.
- Tastan, O and Boz, Y. 2008. Effect of Cooperative Learning on Students Understanding of Reaction Rate. 9th *European Conference on Research in Chemical Education (ECRICE)*. (6-9). Istanbul, Temmuz. Cukurova University & Middle East Technical University, Turkey.
- Taylor, A. y Kowalski, P. 2012. Students' misconceptions in psychology: How you ask matters... sometimes. *Journal of The Scholarship of Teaching and Learning*, 12(3), 62-72.
- Tejada Tovar, C., Chicangana Collazos, C. y Villabona Ortiz, Á. (2013). Enseñanza de la química basada en la formación por etapas de acciones mentales (caso enseñanza del concepto de valencia). *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, (38), 143-157.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=194225730011>

- Treagust, D. F., Chittleborough, G., & Mamiala, T. L. (2003). The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. *International Journal of Science Education*, 25(11), 1353–1368.
- Treagust, D., Gilbert, J. (2009). *Models and modeling in science education. Multiple representations in chemical education*. Springer.
- Tsaparlis, G., Kolioulis, D., y Pappa, E. (2010). Lower-secondary introductory chemistry course: a novel approach based on science-education theories, with emphasis on the macroscopic approach, and the delayed meaningful teaching of the concepts of molecule and atom. *Chemistry Education Research and Practice*, 11(2), 107-117.
- Tünnermann Bernheim, C. (2011). El constructivismo y el aprendizaje de los estudiantes Universidades. núm. 48, 21-32 Unión de Universidades de América Latina y el Caribe Distrito Federal, Organismo Internacional.
- Turanyi, T. y Toth, Z. (2013). Hungarian University Students' Misunderstandings in Thermodynamics and Chemical Kinetics. *Chemistry Education Research and Practice*, (14), 105-116.
- UNAM- Escuela Nacional Preparatoria. (1997). *Plan de estudios 1996*. México: UNAM.
- Valanides, N. (2000). Primary student teachers understanding of the process and effects of distillation. *Chemistry Education Research and Practice*, 1(3), 355-364.
- Van Berkel, B., Pilot, A., y Bulte, A. M. (2009). Micro–macro thinking in chemical education: Why and how to escape. *Multiple representations in chemical education*. (pp. 31-54). Springer.
- Villasana, C. y Gómez, R. (2019). Antes hacienda, hoy es la Prepa 5 de la UNAM. *El Universal*. <https://www.eluniversal.com.mx/mochilazo-en-el-tiempo/antes-hacienda-hoy-es-la-prepa-5-de-la-unam#:~:text=Al%20no%20encontrar%20a%20tiempo,Rafael%20y%20Justo%20Sierra%2067>.

Vigotsky, L. S. (1978). *Mind in Society: The Development of Higher Psychological processes*. Harvard University Press, Cambridge, MA.

Voska, K. W. y Heikkinen, H. W. (2000). Identification and analysis of student conceptions used to solve chemical equilibrium problems. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(2), 160-176.

Warren, D. (24 de Febrero 2021). *How to make the most of practical videos*. Education in chemistry. Royal Society of Chemistry. How to make the most of practical videos | Ideas | RSC Education

Whitten, K.W., Davis R.E., Peck, M.L. & Stanley, G.G. (2009) *Química* (8ª Ed.). México, D.F.: Cengage.

Wheeler, A. E. y Kass, H. (1978). Student misconceptions in chemical equilibrium. *Science Education*, 62(2), 223-232.

Wood, C. y Breyfogle, B. (2006). Interactive demonstrations for mole ratios and limiting reagents. *Journal of Chemical Education*, 83(5), 741-748.

Zendejas, S. (2017). *Propuesta didáctica para el proceso de la enseñanza y aprendizaje del tema rapidez de reacción*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México.]

Zhang, D., Zhou, L., Briggs, R. O. y Nunamaker, J. F. (2006). Instructional video in e-learning: Assessing the impact of interactive video on learning effectiveness. *Information and Management*, 43, 15–27.
<https://doi.org/10.1016/j.im.2005.01.004>