



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE QUÍMICA**

**PROPUESTA DIDÁCTICA PARA INTRODUCIR A LOS  
ALUMNOS DE BACHILLERATO EN EL ESTUDIO DE LA  
CINÉTICA QUÍMICA.**

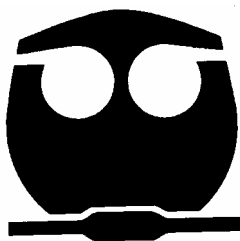
**Tesis**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**QUÍMICO**

P R E S E N T A:

**RICARDO GONZÁLEZ GUERRA**



**MÉXICO, D.F.**

**2013**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

**JURADO ASIGNADO:**

|                       |   |
|-----------------------|---|
| <b>Presidente:</b>    | <b>Profesor: Gisela Hernández Millán</b>      |
| <b>Vocal:</b>         | <b>Profesor: Adela Castillejos Salazar</b>    |
| <b>Secretario:</b>    | <b>Profesor: Luis Miguel Trejo Candelas</b>   |
| <b>1er. Suplente:</b> | <b>Profesor: Myrna Teresa Carrillo Chávez</b> |
| <b>2do. Suplente:</b> | <b>Profesor: Irma Susana Rojas Tome</b>       |

**SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:**

**Cubiculario 106 Edif. B.  
Departamento de Fisicoquímica.  
Facultad de Química  
Universidad Nacional Autónoma de México**

**ASESOR DEL TEMA:**

**Dr. Luis Miguel Trejo Candelas**

**SUSTENTANTE:**

**Ricardo González Guerra**

## RESUMEN

El presente proyecto de tesis para obtener el grado de licenciatura, ofrece una propuesta de secuencia didáctica para favorecer el aprendizaje de la cinética química en el bachillerato general de forma introductoria, dirigida a todos los alumnos, tanto a aquellos que tienen vocación y aptitudes para el estudio de las ciencias como para los que van a continuar sus estudios en otras áreas del conocimiento.

La propuesta se probó y optimizó en la Escuela Bancaria y Comercial, una institución que seguía el programa del diploma de la Organización del Bachillerato Internacional.

Como marco de referencia fundamental para este trabajo, se revisó la evolución histórica reciente del currículo de química para el bachillerato y las recomendaciones actuales para su enseñanza en dicho nivel educativo.

También realizamos una amplia búsqueda bibliográfica sobre la enseñanza del tema señalado en el nivel medio superior, que incluye, artículos en revistas electrónicas y de publicación periódica, encontrando, innovaciones didácticas, investigaciones educativas, analogías, simulaciones, ideas previas, actividades para el aula, experimentos, entre otros, dirigidos a mejorar su aprendizaje.

Entonces revisamos el contenido del tema de interés en programas de estudio, disponibles en medios electrónicos, de las asignaturas de química para el nivel medio superior de instituciones públicas y privadas que por su cobertura y presencia resultan representativos para la educación.

A continuación, analizamos la presentación del tema de estudio en los libros de texto recomendados en los mismos programas indicados.

Como paso preliminar del diseño de la secuencia didáctica, se aplicaron cuestionarios de evaluación diagnóstica e ideas previas, que permitieron identificar la condición inicial de los estudiantes. Enseguida, propusimos una selección de conceptos y habilidades básicas para introducir a los alumnos de bachillerato en el estudio de la cinética química, gradualmente se seleccionaron, adecuaron y/o diseñaron las actividades, para favorecer su aprendizaje y desarrollo. Finalmente se integraron diversos instrumentos de evaluación formativa y sumativa para regular el aprendizaje de los estudiantes, así como, para evaluar la pertinencia de la propuesta.

## INDICE

|   |    |
|---|----|
| <b>Introducción</b>   | 1  |
| <b>Capítulo 1. Antecedentes</b>   | 3  |
| 1.1. Marco de referencia  | 3  |
| 1.1.1. La educación media superior en México                                      | 3  |
| 1.1.2. La Organización del Bachillerato Internacional                             | 7  |
| 1.1.2.1. El Programa del Diploma  | 7  |
| 1.2. Marco teórico  | 9  |
| 1.2.1. Evolución del currículum de química  | 9  |
| 1.2.2. El currículo de química de bachillerato en México                          | 9  |
| 1.2.3. Replanteamiento del currículo de química                                   | 10 |
| 1.2.3.1 Selección de los contenidos   | 12 |
| 1.2.3.2. Secuencia de los contenidos  | 13 |
| 1.2.3.3. Contextualización de los contenidos                                      | 14 |
| 1.2.3.4. Profundidad con la que se abordan los conceptos                          | 15 |
| 1.2.4. Ideas previas  | 15 |
| <b>Capítulo 2 Justificación didáctica</b>   | 16 |
| 2.1 Planteamiento del problema  | 16 |
| 2.2. Objetivos  | 16 |
| 2.2.1. Objetivo general   | 16 |
| 2.2.2. Objetivos específicos  | 16 |
| 2.3. Hipótesis  | 17 |
| 2.3.1. Hipótesis específicas  | 17 |
| 2.4. Metodología.   | 18 |
| <b>Capítulo 3. Análisis de la literatura especializada</b>                        | 19 |
| 3.1. Educación en cinética química  | 19 |
| 3.1.1. Revisiones   | 19 |
| 3.1.2 Estudios y propuestas   | 22 |
| 3.2 Análisis de los libros de texto recomendados                                  | 27 |
| 3.3 Programas de estudio del nivel medio superior                                 | 30 |
| 3.3.1 Análisis del tema de cinética química de la Escuela Nacional Preparatoria   | 30 |
| 3.3.2 Análisis del tema de cinética química del Colegio de Ciencias y Humanidades | 34 |

|   |            |
|---|------------|
| 3.3.3 Análisis del tema de cinética química de la Dirección General de Bachillerato                                     | 40         |
| 3.3.4 Análisis de la unidad de cinética química del programa de la Organización del Bachillerato Internacional          | 42         |
| <b>Capítulo 4. Propuesta de secuencia didáctica</b>   | <b>45</b>  |
| 4.1 Cuestionario de diagnóstico e ideas previas de cinética química   | 45         |
| 4.1.1 Evaluación y análisis del cuestionario de diagnóstico e ideas previas   | 47         |
| 4.2 Selección de conceptos y habilidades básicas de la cinética química   | 49         |
| 4.3 Propuesta de secuencia didáctica para introducir a los alumnos de bachillerato en el estudio de la cinética química | 52         |
| 4.4 Datos experimentales de rapidez de reacción   | 63         |
| 4.4.1 Análisis de los datos experimentales y construcción de la gráfica de rapidez de reacción                          | 67         |
| 4.4.2 Construcción y análisis de la gráfica de rapidez de reacción en función de las variables que la modifican         | 68         |
| 4.4.3 Cálculo de rapidez de reacción  | 70         |
| 4.5 Cuestionario de evaluación formativa de cinética química  | 76         |
| 4.5.1 Análisis del cuestionario de evaluación formativa   | 82         |
| 4.6 Cuestionario de evaluación sumativa de cinética química   | 84         |
| <b>Capítulo 5.0 Comentarios, sugerencias y conclusiones</b>   | <b>89</b>  |
| 5.1 Comentarios   | 89         |
| 5.2 Sugerencias para trabajos futuros   | 89         |
| 5.3 Conclusiones  | 90         |
| <b>Bibliografía</b>   | <b>93</b>  |
| <b>Mesografía</b>   | <b>96</b>  |
| <b>Crédito de imágenes</b>  | <b>100</b> |
| <b>Anexos</b>   | <b>101</b> |
| Anexo I   | 101        |
| Anexo II  | 105        |
| Anexo III   | 106        |
| Anexo IV  | 114        |
| Anexo V   | 121        |

## INTRODUCCIÓN

La rapidez de reacción es el campo de estudio de la cinética química, lo que la convierte en una área de la ciencia de extrema relevancia, que debe estar siempre presente en los programas de la asignatura de química, dentro de los planes de estudio de la educación obligatoria.

Sin embargo, su enseñanza siempre ha sido relegada por temas considerados más importantes, como son, las reacciones químicas, la termodinámica, el equilibrio químico o el estudio de las propiedades ácido-base, que regularmente ocupan más espacio en el currículo de la disciplina y sobre los que se efectúan la mayor parte de la investigación educativa, a pesar de que, paradójicamente, la cinética química se encuentra estrecha e ineludiblemente vinculada con estos temas. El estudio de sus conceptos fundamentales proporciona elementos para lograr una mejor comprensión de la química en general y particularmente de los temas mencionados.

Por fortuna, actualmente dentro de la educación, aunque de manera lenta y gradual está tomando la importancia que merece. Existe cada vez más atención por parte de los investigadores por realizar proyectos en el tema antes citado. Diversos autores han realizado trabajos proponiendo, innovaciones didácticas, experimentos interesantes, simulaciones, analogías, experiencias para el aula, entre otros, que podrían ser utilizados para favorecer su enseñanza con la intención de mejorar su aprendizaje.

En este contexto, un análisis de la situación actual de la enseñanza de las ciencias, revela que muchos alumnos fracasan principalmente en la asignatura de química, debido a la complejidad con la que se presentan sus contenidos, alejados de los problemas reales, esta situación ocurre particularmente en los niveles básicos de la educación, cuyo objetivo principal debe centrarse en promover la divulgación de la ciencia y fomentar la educación científica. A pesar de los cambios que se han introducido en los últimos años, muchos programas continúan presentando la ciencia como un cuerpo de conocimientos abstractos, libre de valores, tratados como una sucesión de hechos descontextualizados que es necesario aprender, o peor aún memorizar, sin quedar de forma clara y explícita para los jóvenes, el valor que estos conocimientos puedan tener en su vida presente y futura.

En este sentido, consideramos que el bachillerato es una de las etapas más críticas en la vida académica de los estudiantes, primero, por el momento cronológico que atraviesan, seguido de los conflictos sociales y económicos que enfrentan, aunado a las dificultades estrictamente académicas y finalmente a la disyuntiva que les plantea la posibilidad de decidir el rumbo de su vida, basado en una decisión que está apoyada en una frágil vocación que no siempre se encuentra fortalecida por una orientación vocacional apropiada.

El presente proyecto de tesis se enfoca particularmente a la comprensión en un nivel introductorio de la cinética química, pretendiendo incidir directamente sobre lo que ocurre cotidianamente en los espacios de enseñanza, tratando de allanar parte de la compleja problemática académica que enfrentan los estudiantes.

Por otro lado, catapultado por la imperiosa necesidad de obtener mi título de licenciatura, encontré la motivación, en primera instancia, para mejorar mi desempeño como profesor y continuar con mi formación docente, en segundo lugar, para retomar mi atracción por la cinética química, encontrándome con un tema que presentaba un espacio para desarrollar investigación educativa.

Durante mi estancia como profesor impartiendo las asignaturas de Química I y II, en la Escuela Bancaria y Comercial, una institución educativa de carácter privado, realicé tres proyectos de actualización por iniciativa propia, contando con un mínimo apoyo oficial, pero siempre con la solidaridad del reducido número de profesores, que junto con un servidor, integramos el colegio de química.

La institución mencionada impartía el programa del diploma de la Organización del Bachillerato Internacional, cuyos fundamentos se basan en ofrecer una educación con visión y alcance global, que en ocasiones puede estar alejada de la condición en la que se encuentre una institución educativa o un grupo de estudiantes en particular.

En este sentido, mi aportación para mejorar el grado de conocimientos y habilidades adquiridos por mis alumnos dentro del tema de la cinética química, a partir del contenido del tema citado incluido en la guía de química del programa del diploma, logro cristalizar sus objetivos, como muestran los resultados positivos de la investigación educativa realizados en el presente trabajo, alcanzado incluso a permear en cierta medida, en el aprendizaje final obtenido por mis alumnos dentro de la asignatura.



## CAPITULO 1. ANTECEDENTES

### 1.1. Marco de referencia

#### 1.1.1. La educación media superior en México

En el recientemente concluido ciclo escolar 2011-12, la matrícula del Sistema Educativo Nacional (SEN) en la modalidad escolarizada registró 34.82 millones de estudiantes (SEP, 2012), para el presente ciclo 2012-13 se estima que la cobertura rebasará los 35.1 millones de alumnos (Presidencia de la República, 2012). Por lo que respecta a la educación media superior (EMS), en el ciclo escolar 2011-12 se inscribieron 4.33 millones de alumnos, en sus tres diferentes modalidades, bachillerato general (propedéutico) con 2.62 millones de alumnos que comprende el 60.5% de la matrícula, bachillerato tecnológico (bivalente) con 1.33 millones de estudiantes captando el 30.7% de la inscripción y profesional técnico con una matrícula de 381 mil jóvenes que representa el 8.8% del total. La cobertura alcanzó a satisfacer el 69.3% de la población de jóvenes que se encuentran en edades comprendidas entre 16 y 18 años, logrando una absorción del 99.5% de los estudiantes que terminaron el ciclo educativo anterior. El 82.5% del alumnado cursó sus estudios en escuelas públicas mientras que el restante 17.5% buscó una opción en la oferta educativa del sector privado. Los principales indicadores del rendimiento escolar para la EMS señalan, eficiencia terminal del 61.8%, índice de no acreditación del 32.5% y el grado de deserción se ubicó en 14.4%, (ver figura 1.1) (SEP, 2012; Presidencia de la República, 2012).

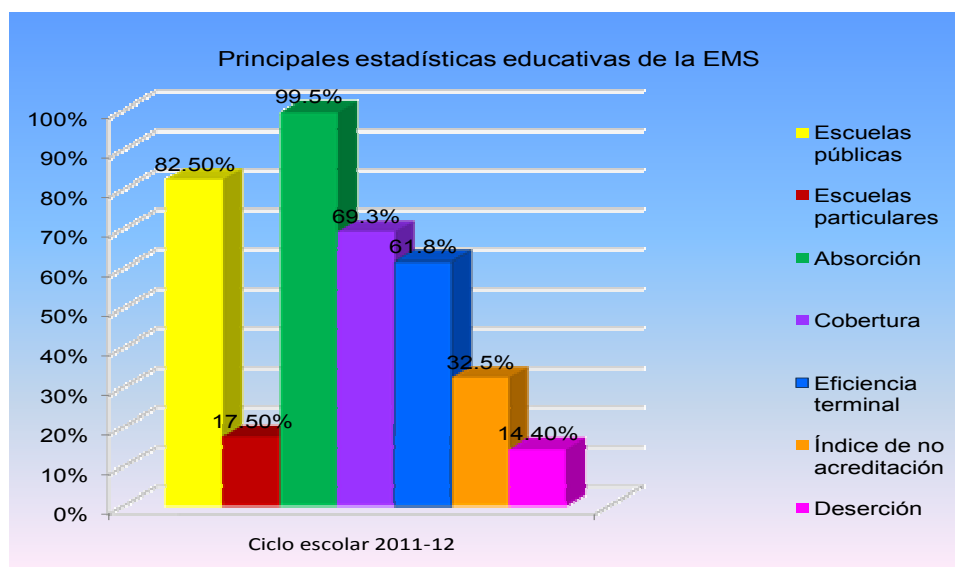


Figura 1.1. Principales estadísticas de la EMS, 2011-12 (SEP, 2012; Presidencia de la República, 2012).

De acuerdo con el diagnóstico realizado en el 2009 por la Universidad Autónoma del Estado de México, denominado, Indicadores Educativos de la República Mexicana (UAEMEX, 2009), se observa que continuará creciendo el acceso que han tenido los jóvenes a la EMS a lo largo de los últimos 15 años (ver figura 1.2), que en 1997 alcanzaba apenas un 43%, para el 2006 ascendió hasta el 59%, el en 2009 se registró un 63%, para el 2012 rebasó el 69%, superando el objetivo establecido, se espera que para el presente año 2013 se ubique en un 71%. Este ascenso seguirá con la misma tendencia, continuando con un crecimiento paulatino en los próximos años, proyectándose una cobertura cercana al 80% para el 2017, llegando al 85% para el año 2025, hasta alcanzar como meta, en un futuro cercano, la cobertura universal. Analizando la tendencia de la gráfica, se observa que el crecimiento esperado puede lograrse, debido principalmente a dos factores, por un lado, a la disminución en los próximos años de la población de jóvenes en edades comprendidas entre 16 a 18 años, y por otro, a la creación de nuevos espacios para la educación, disminuyendo paulatinamente la brecha que las separa.

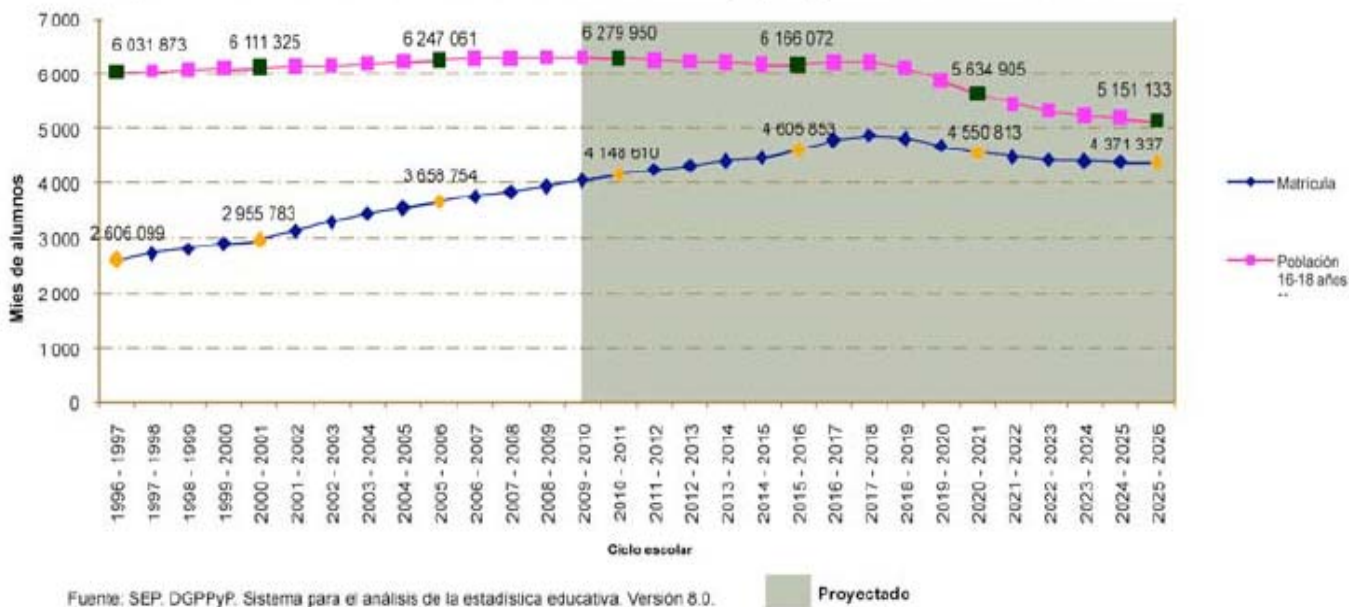


Figura 1.2 Matrícula de la EMS y población de 16 a 18 años en la República Mexicana 1996-1997/2008-2009 y proyecciones al 2025-2026 (UAEMEX, 2009)

El avance gradual que han tenido los indicadores del aprovechamiento escolar permiten estimar para el actual ciclo escolar 2012-13, un ascenso con respecto a los registrados en el periodo anterior, proyectándose los siguientes datos, un crecimiento en la matrícula a 4.4 millones, mayor acceso a la educación, alcanzando una cobertura del 71.3%, además de mejorar las cifras del rendimiento escolar, con una eficiencia terminal del 65%, índice de no acreditación del 31.9% y un grado de deserción del 13.9% (Presidencia de la República, 2012).

De acuerdo con las principales cifras proporcionadas por la SEP, en el Distrito Federal, se tiene asegurado el acceso a la EMS, cuya cobertura rebasa el 100%, sin embargo, las estadísticas arrojan datos preocupantes con respecto a la eficiencia terminal e índice de deserción, que registran el 49.3 y 18.2% respectivamente (ver figura 1.3), ubicándose como la entidad que registró los resultados menos favorables, colocándose muy por debajo de la media nacional. Un panorama similar se presenta en otros estados con grandes ciudades, como son, Nuevo León, Morelos y Jalisco, que contrasta con los altos índices por encima del promedio nacional, reportados para estados con rezago educativo y poblaciones marginadas, como son, Puebla, Chiapas, Tabasco, Veracruz, Guerrero y Oaxaca (SEP, 2012).

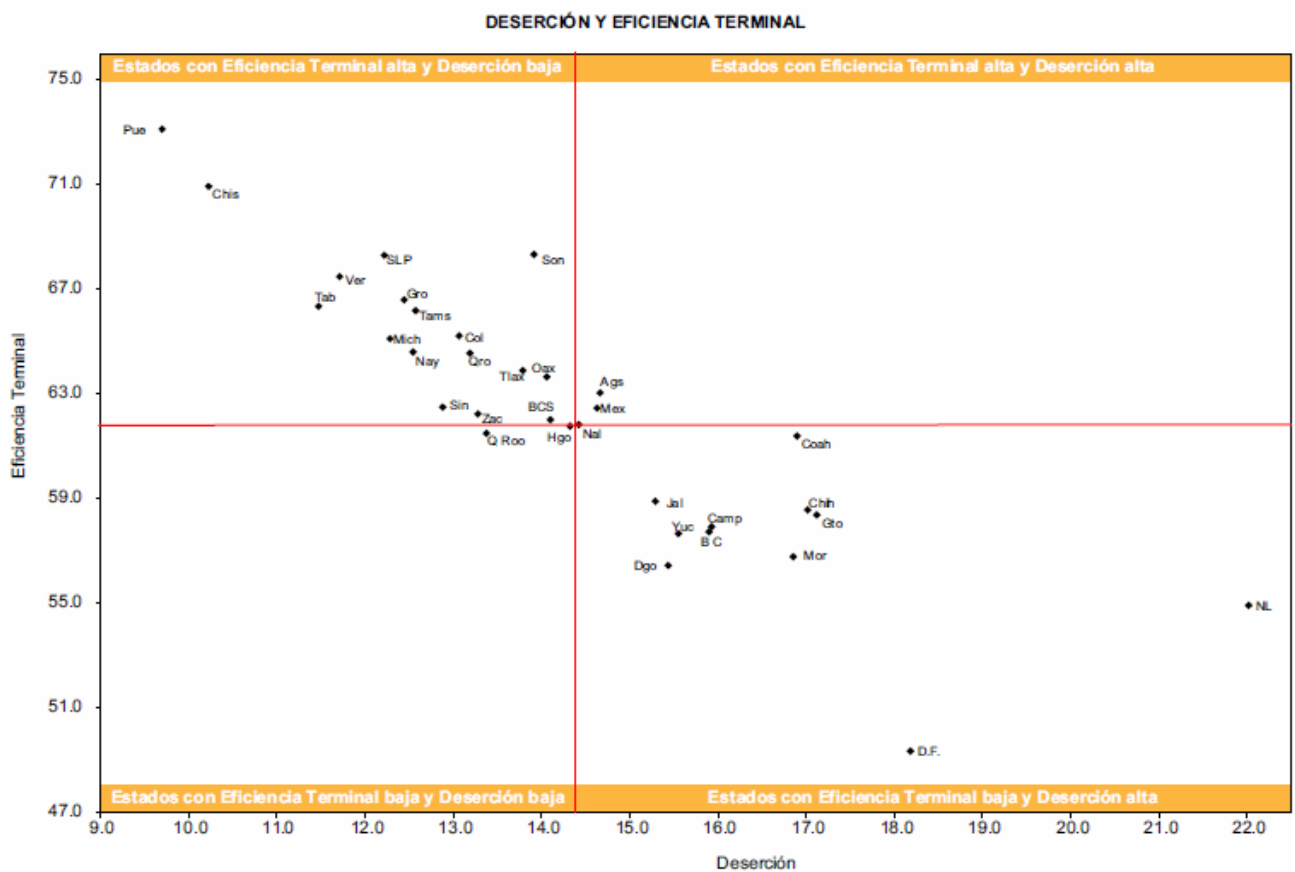


Figura 1.3 Estadísticas nacionales de deserción y eficiencia terminal para la EMS (SEP, 2012)

Adicionalmente podemos mencionar, los datos registrados durante el ciclo escolar 2011-12 para los niveles educativos anterior y posterior a la EMS, mostrando como principales estadísticas, los siguientes datos, en el caso de la educación secundaria, una matrícula de 6.167 millones de alumnos, una cobertura del 96.8%, absorción del 97%, eficiencia terminal del 84.2% y deserción del 5.3%. Finalmente, para la educación superior, una matrícula de 3.16 millones de universitarios, absorción del 84.6% y una cobertura del 32.8% (SEP, 2012).

Analizando estos datos, podemos resaltar los siguientes aspectos:

- La tercera parte de la población de nuestro país se encuentra inscrita en el SEN
- Tres de cada diez jóvenes no tienen acceso a la EMS en el sistema escolarizado y deben buscar una oportunidad en la educación abierta o a distancia para continuar sus estudios.
- El 12.5% del total de la matrícula del SEN cursa la EMS.
- Los casi 4 millones de jóvenes que se inscriben en el bachillerato tienen el proyecto de continuar sus estudios de licenciatura.
- La baja eficiencia terminal de la EMS, muestra un rezago entre la actualización de los planes y programas de estudio, además de, falta de atención por los intereses de los adolescentes.
- El alto índice de no acreditación señala un desfase entre los procesos de enseñanza-aprendizaje y los métodos de evaluación.
- Los altos niveles de deserción indican un desinterés y falta de atención por las necesidades de los jóvenes, así como, la necesidad de un replanteamiento del concurso de ingreso.
- Los bajos índices de aprovechamiento escolar en las grandes ciudades nos hace inferir que los jóvenes abandonan sus estudios en busca oportunidades laborales, debido principalmente a su situación económica.
- El número de alumnos que tienen la oportunidad de cursar estudios superiores representa apenas el 2.75% de la población total del país.

Esta reflexión, nos impone retos que debemos enfrentar:

- La actividad laboral en el sector educativo es una de las de mayor demanda y prioridad en nuestra sociedad, que exige una educación de calidad, abriendo áreas de oportunidad.
- Superar la baja eficiencia terminal, debe ser nuestra la principal preocupación.
- Disminuir los niveles de deserción, una prioridad.
- Reducir los índices de no acreditación, nuestra meta.
- Ofrecer una educación innovadora, creativa y de calidad, nuestra obligación.

- Lograr que más jóvenes alcancen la posibilidad de cursar estudios superiores favoreciendo la equidad y justicia social, es la mejor vía para el progreso e insertarnos un mundo, globalizado, competitivo tecnológica y científicamente demandante.

### 1.1.2. La Organización del Bachillerato Internacional

La Organización del Bachillerato Internacional (OBI) es una asociación educativa sin fines de lucro, fundada en Ginebra en 1968, reconocida por el consejo de Europa y por la UNESCO. Ofrece cuatro programas educativos exigentes, el programa de la escuela primaria, el programa de los años intermedios, el programa del diploma (PD) y el certificado de estudios con orientación profesional del Bachillerato Internacional (BI), atendiendo más de 1 millón de alumnos en edades comprendidas entre 3 y 19 años. Actualmente trabaja con 3607 colegios en 145 países distribuidos a lo largo y ancho de los cinco continentes, incluyendo los más prestigiados en América, Europa y Australia tanto de carácter privado como público.

Su objetivo original era facilitar la movilidad internacional de estudiantes que se preparaban para acceder a la universidad, actualmente ha logrado colocarse como una entidad líder en el campo de la educación internacional. Los programas de la OBI se imparten en los tres idiomas oficiales del organismo, inglés, francés y español.

En México, el primer colegio obtuvo la autorización 1980, actualmente la cifra llega a 95 colegios incorporados a la OBI, 60 de ellos imparten el PD (OBI, 2013).

#### 1.1.2.1. El programa del diploma

El programa del diploma del Bachillerato Internacional comprende un currículo educativo riguroso, estimulante y equilibrado destinado a jóvenes de 16 a 19 años que se imparte generalmente en un curso de dos años, culminando con exámenes escritos al final del programa, evaluados por examinadores externos al colegio, pertenecientes a la OBI. Constituye una excelente preparación para la universidad y la vida adulta, aportando a los alumnos mucho más que una masa de conocimientos, ya que además de prepararlos para continuar con sus estudios universitarios, los anima a plantear interrogantes complejas, aprender a aprender, desarrollar una fuerte identidad personal y cultural, lograr la capacidad de comprender a personas de otros países y culturas, y comunicarse con ellas. El título que otorga goza de un amplio reconocimiento entre las principales universidades del mundo. El número de alumnos que opta por el PD de la OBI sigue aumentando, en 2007, se matricularon más de 79 mil alumnos, mientras que en 2008 esta cifra ascendió a 88 mil,

actualmente se encuentran inscritos más de 1 millón de estudiantes, el BI tiene convenios con instituciones de educación superior con el fin de promover un reconocimiento más amplio del PD para sus 120.000 alumnos graduados que ingresan cada año en la universidad. Después de celebrar su 40 aniversario, la OBI debe reflexionar sobre el gran crecimiento que ha experimentado desde sus inicios en 1968, sin mostrar signos de disminución, que en un futuro cercano requerirá construir una infraestructura para dar soporte a la cifra prevista de 10,000 colegios del mundo que enseñarán a más de 2.5 millones de alumnos para 2020 (OBI, 2013).

## 1.2. Marco teórico

### 1.2.1. Evolución del currículum de química

La enseñanza de la química en los niveles básicos de la educación, particularmente en el bachillerato, ha atravesado en las últimas décadas distintas etapas por lo que se refiere a la formulación de sus finalidades, contenidos y métodos didácticos. En los años cincuenta y sesenta estaba centrada en el conocimiento descriptivo de las propiedades de las sustancias, sus transformaciones, en la obtención y aplicaciones de los productos químicos. Los años setenta y ochenta supusieron un cambio importante en el enfoque de la enseñanza de la química, al potenciarse los aspectos conceptuales poniendo énfasis en los principios químicos y en los procesos que conducen al conocimiento científico. Estos cambios pretendían mejorar la preparación científica de los estudiantes de ciencias convirtiéndolos en programas propedéuticos. Desde el punto de vista didáctico implicaron una valoración de los procedimientos de la ciencia y del trabajo experimental.

En la década de los noventa, la reforma de los sistemas educativos de muchos países abrió un periodo de renovación de los objetivos y contenidos de la enseñanza de las ciencias y de la química en particular. En esta época se elaboraron proyectos de química basados en el contexto, resaltando los contenidos ciencia, tecnología y sociedad (CTS).

En los primeros años del nuevo siglo, el proceso de reforma de los sistemas educativos y de revisión del currículo de ciencias, ha puesto énfasis en la adquisición de competencias y de niveles satisfactorios de alfabetización científica para todo el alumnado. Todo ello está teniendo claras repercusiones en los objetivos de los programas de ciencias y de química en la educación obligatoria (Caamaño 2006).

### 1.2.2. El currículo de química del bachillerato en México

El panorama de los planes y programas de estudio del bachillerato en México es muy diverso y complejo, existen diferentes escuelas que elaboran los programas curriculares que se imparten. Cada una de estas instituciones pretende resaltar por medio de sus planes de estudios, los contenidos que les permitan dar una formación integral a sus estudiantes, desarrollando habilidades y capacidades indispensables para un desempeño adecuado en la sociedad en que viven atendiendo las exigencias del mundo actual altamente tecnificado. Como resultado de esta condición existen en México más de 300 mapas curriculares diferentes (CAD y RNNMSU, 2006).

En un estudio reciente se logró identificar los temas y subtemas que son comunes en seis de las instituciones educativas más representativas, encontrando más de 200 subtemas con apenas 17 de ellos comunes, sin embargo únicamente dos subtemas aparecen en todos los programas, clasificación y propiedades de la materia y tipos de enlace químico. Debido al presente panorama, alcanzar un consenso en la actualización de los programas de estudio resulta a todas luces complicado al menos en un futuro cercano. Es pertinente aclarar que por temas se reconocen las grandes divisiones en los programas que tradicionalmente aparecen identificados como: Clasificación y propiedades de la materia, estructura atómica, modelos atómicos, tabla periódica y propiedades periódicas, enlace químico y fuerzas intermoleculares, nomenclatura, reacciones químicas, estequiometría, química orgánica y contaminación ambiental (Ulloa y Chamizo, 2005).

### 1.2.3. Replanteamiento del currículo de química

Un análisis de la situación actual de la enseñanza de las ciencias revela que muchos alumnos fracasan especialmente en las asignaturas de ciencias, cuyos contenidos ven difíciles, abstractos y alejados de los problemas reales. Lo cierto es que, a pesar de los cambios que se han introducido en los últimos años, muchos programas continúan presentando la ciencia como un cuerpo de conocimientos objetivo y libre de valores, como una sucesión de hechos descontextualizados que es necesario aprender, o peor aún memorizar, únicamente con el objetivo de acreditar un examen que permita superar el obstáculo que representa la asignatura, sin que se explicita claramente el valor que los conocimientos científicos pueden tener en la vida presente y futura de los estudiantes. Se ha destacado su falta de relevancia para mostrar la ciencia tal como se presenta en la vida cotidiana y en los medios de comunicación, además de ofrecer escasas oportunidades a los estudiantes para que puedan expresar sus opiniones respecto de temas científicos actuales. Esta condición no parece preparar a los estudiantes para comprender los temas científicos y tomar parte, como ciudadanos con criterio, en los debates científicos con los se encontrarán en sus vidas. Hay un énfasis excesivo en enseñar “hechos”, que restringe la capacidad de los profesores y estudiantes para explorar de forma creativa los enfoques actuales de las ciencias. No es sorprendente que ello tenga un efecto negativo en el interés de los estudiantes por las ciencias, decantando en una preocupante disminución de alumnos que optan por carreras científicas.

Si partimos de la idea que la educación científica de los individuos, así como en cualquier otro campo, ha de ser un proceso continuado a lo largo de toda una vida, la educación formal debería de tener como orientación fundamental la de preparar a los individuos en los saberes básicos y competencias que les permitan continuar el proceso de aprendizaje. Los estudiantes han de estar preparados para evolucionar hacia sociedades cada vez más inmersas en los avances científicos y



tecnológicos. Por tanto, han de estar preparados para la comprensión de la naturaleza de la ciencia, de sus procedimientos, de sus puntos fuertes y de sus limitaciones, así como del tipo de preguntas a las cuales la ciencia puede responder. Resulta importante que los estudiantes sean capaces de argumentar y comunicar eficazmente sus conocimientos a audiencias concretas y que puedan tener opinión y participar en los temas que se discuten en la sociedad.

Es preciso plantearse un currículo que no solo proponga como objetivo prioritario la alfabetización científica de los estudiantes, sino que además, fomente la divulgación de la ciencia en el entorno cercano de los estudiante, colocando “la ciencia al alcance de todos”, como corresponde al objetivo de una alfabetización científica para todos los ciudadanos, debe promover la comprensión de determinados conceptos científicos, pero esta comprensión debe ser amplia y centrada en las explicaciones esenciales que proporcionan la estructura conceptual necesaria para dar sentido a la ciencia que nos rodea. Muchos de los contenidos actuales en las asignaturas de ciencias no se ajustan a esta visión y son probablemente prescindibles. Por otro lado se hace cada vez más imprescindible abordar las ciencias de forma contextualizada, de manera que los estudiantes puedan adquirir conciencia de la utilidad y aplicabilidad de los contenidos científicos que abordan, así como de la naturaleza y de las implicaciones sociales de la ciencia.

Coincidimos con los especialistas en los siguientes aspectos curriculares como los más relevantes que deben replantearse en la educación química:

Los contenidos conceptuales de química deben presentarse contextualizados de las evidencias experimentales, de su génesis histórica y de sus aplicaciones en la vida cotidiana. Secuenciar los contenidos de la forma adecuada y progresiva para la comprensión de los conceptos. Prestar suficiente atención a la comprensión de la naturaleza de la química, es decir, de los procesos de modelización y experimentación a través de los cuales se obtiene el conocimiento químico. Adoptar nuevas estrategias de enseñanza que tengan en cuenta las dificultades de aprendizaje de los estudiantes, sus motivaciones, expectativas académicas y profesionales. Actualizar el enfoque con que se realiza el trabajo experimental, permitiendo la observación e interpretación de fenómenos, promoviendo el aprendizaje de los procedimientos de investigación y planificándolo como un instrumento fundamental en la elaboración de los modelos químicos escolares. Implicar más abiertamente el profesorado en el proceso de renovación. Contemplar el carácter humanístico de la Química, sus implicaciones sociales, tomando cuenta su carácter interdisciplinario. Implementando métodos didácticos que favorezcan la participación del alumnado y el trabajo en grupo. Promover el desarrollo de las habilidades comunicativas: definir, interpretar, argumentar, debatir, sacar conclusiones, redactar un informe, presentar un trabajo oralmente, entre las más destacadas. Incorporar el empleo de las nuevas tecnologías de la información y de la comunicación (TIC) en las clases de química y en el trabajo de los estudiantes fuera del aula.

Introducir una evaluación reguladora de los aprendizajes alcanzados por estudiantes ejerciendo realmente una función formativa, dejando atrás los métodos de evaluación excesivamente centrados en describir hechos y en la resolución de problemas numéricos, incorporando el uso de las TIC que facilitan la integración de la evaluación en la actividad diaria con la finalidad de poner en marcha procesos de autorregulación del aprendizaje, favoreciendo nuevas actividades de evaluación que formen parte de todo el proceso de enseñar y de aprender.

Existe una permanente discusión y gran consenso para reducir los contenidos disciplinares de la Química, si se desea una mayor comprensión de los conceptos y de sus procedimientos, así como, para dar espacio a los contenidos CTS, deben disminuirse los contenidos conceptuales o ser tratados a un nivel más cualitativo. La pregunta clave que aún espera por una certera respuesta es ¿qué criterios privilegiamos para seleccionar la importancia de los contenidos conceptuales que deben aparecer en el currículo de química?

La respuesta que en la actualidad se da a la anterior interrogante, consiste en establecer, los cuatro criterios fundamentales que se pueden identificar y deben tomarse en consideración, que además, se encuentran especialmente interrelacionados para desarrollar la propuesta de un programa o plan de estudios, son: Selección adecuada, secuencia lógica, profundidad de acuerdo con los objetivos y contextualización de los contenidos.

#### 1.2.3.1. Selección de los contenidos

En diferentes oportunidades, varios autores han propuesto los contenidos conceptuales básicos que de acuerdo con su experiencia deberían constituir la estructura disciplinar del currículo química (Gillespie 1997; Caamaño y Oñorbe, 2004; Caamaño 2006).

Sus propuestas abarcan los conceptos y teorías clave que deben incluirse en los programas introductorios de química que de acuerdo con estos autores son:

La materia a nivel macroscópico (sustancias, mezclas, dispersiones), la materia a nivel atómico (átomos, moléculas e iones), la teoría atómico-molecular, los modelos atómicos, el enlace químico y las fuerzas intermoleculares, la forma de las moléculas, la teoría cinético-molecular, la periodicidad de las propiedades de los elementos, la química de algunos grupos de la tabla periódica, la reacción química, la cantidad de sustancia, la energía y la entropía de las sustancias y de las reacciones químicas, la velocidad y el mecanismo de las reacciones, el equilibrio químico, los diferentes tipos de reacciones químicas (ácido-base, redox, precipitación y formación de complejos), la química del carbono (polímeros, síntesis de nuevas moléculas, biomoléculas).

De acuerdo con los contenidos fundamentales de la química antes mencionados, podemos identificar que las reacciones químicas son el aspecto central de la misma, sobre el cual decantan todos los conceptos propios de la disciplina, por ello, cabe esperar que se ponga más atención sobre este tema.

El estudio de las reacciones químicas debe abordar sus diferentes tipos, pero no únicamente en términos de su definición, como ácido base, óxido reducción, o formación de complejos, sino preferentemente de forma experimental. El estudio de los aspectos básicos de espontaneidad y equilibrio son esenciales para su predicción, considerar los aspectos fundamentales de la cinética química, que debe incluir, el concepto de energía de activación y dilucidar cómo ocurre una reacción química, mejoran su comprensión (Gillespie, 1997).

### 1.2.3.2. Secuencia de los contenidos

Se deben considerar dos aspectos relacionados con la secuencia de los contenidos de un programa de estudios, el primero está vinculado con la estructura del plan de estudios de la asignatura; desarrollar los conceptos químicos tomando la modelización como eje de construcción de los contenidos, su evolución histórica y estableciendo un continuo contraste de las hipótesis con las evidencias experimentales (Caamaño, 2006).

El segundo aspecto se relaciona con las estrategias de enseñanza para introducir los conceptos, es decir, fundamentada en la didáctica actual de la disciplina que identifica la existencia de tres niveles de descripción de los fenómenos químicos: macroscópico (observacional); microscópico (atómico-molecular) y representacional (símbolos, fórmulas, ecuaciones) (Johnston, 1993). Proponiendo entonces, como estrategia al abordar un nuevo tema, seguir la misma secuencia de complejidad relacionada con la forma en que aprendemos el mundo que nos rodea, es decir, primero lo más simple, el nivel macroscópico, que podemos identificar, como la percepción de un fenómeno empleando nuestros sentidos o instrumentos sencillos. A continuación el nivel microscópico, entendido, como la interpretación de un fenómeno elaborando un modelo. Finalmente el más complicado, el tercer nivel de complejidad en el estudio de la química, el nivel simbólico, que significa la descripción de un fenómeno utilizando el lenguaje propio de la disciplina que incluye fórmulas, códigos, símbolos.

Desafortunadamente, en muchas ocasiones los profesores de química durante las sesiones de enseñanza usualmente se mueven en los tres niveles de complejidad mediante el uso de un lenguaje que no siempre diferencia de forma explícita el nivel en el que se ubican complicando a los estudiantes su proceso de aprendizaje.

### 1.2.3.3. Contextualización de los contenidos

La química escolar que se ha enseñado de manera tradicional presenta varios inconvenientes, de los que podemos resaltar dos problemas: i) Una ausencia de motivación en la mayoría de los estudiantes y ii) Un fracaso en la adquisición de conocimientos aplicables por parte de los alumnos. Para resolver estas situaciones se han desarrollado un gran número de proyectos de innovación curricular en las pasadas décadas. Una de las innovaciones curriculares ha sido la educación química basada en el contexto, materializados en proyectos elaborados en diferentes países a partir de la década de los ochenta, como son, ChemCom en los Estados Unidos de América, Salters Advanced Chemistry en el Reino Unido y Chemie im Kontext en Alemania (Eilks et al, 2013).

Contextualizar el currículum significa usar los contextos y las aplicaciones de la química como medio de desarrollar los conceptos de la ciencia o de justificar su importancia, que puede incluir aplicaciones sociales, económicas, medioambientales, tecnológicas e industriales. En síntesis podríamos decir que contextualizar la química es relacionarla con la vida cotidiana de los estudiantes y hacer ver su interés para sus vidas actuales y futuras en los aspectos personal, profesional y social.

Una de las ventajas que se aducen para promover este enfoque contextualizado de la educación científica es la mayor motivación que produce en el alumnado, que parece ser útil tanto para los alumnos de perfil más académico, creando mayor interés por las ciencias y aumentando el número de alumnos que siguen estudiando asignaturas de ciencias después de la educación obligatoria, como para los alumnos menos académicos, en los que aumenta su interés por una ciencia más conectada con su vida cotidiana, constituyendo así una estrategia fundamental para conseguir una más amplia alfabetización científica .

Podemos identificar dos enfoques de enseñanza de las ciencias en la forma de emplear el contexto, en uno se parte de los conceptos para interpretar y explicar el contexto, en otro se parte del contexto para introducir y desarrollar los conceptos. Este último enfoque, que se denomina “enfoque basado en el contexto”, que está siendo utilizado en los nuevos criterios de la enseñanza de la ciencia e introducido, con diferente énfasis, en las reformas curriculares de muchos países (Caamaño 2006).

#### 1.2.3.4. Profundidad con la que se abordan los conceptos

A menudo se presentan los conceptos con mayor detalle de lo necesario para una adecuada comprensión de estos, más allá de un tratamiento meramente cualitativo, rebasando las necesidades de los alumnos, que únicamente es esencial para los estudiantes universitarios de carreras científicas, así como, para los profesionales de la química, pero no para los estudiantes de química general (Gillespie, 1997).

En curso introductorio debemos captar la atención de los alumnos, la motivación es el vector que puede despertar su interés, lograr emocionarlos, centrado en la comprensión de los conceptos básicos y el desarrollo de habilidades procedimentales, los ejercicios numéricos deben ser simples, como pueden ser, la obtención y representación de datos experimentales, la construcción de gráficas para su posterior interpretación traduciéndola en una definición o una expresión matemática sencilla, evitando la resolución de problemas numéricos complejos. Utilizar fórmulas matemáticas avanzadas propias de los cursos de ciencias, desmotiva su interés complicando la comprensión de los conceptos fundamentales.

#### 1.2.4. Ideas previas

En las últimas décadas la investigación didáctica ha revelado la importancia que tienen las ideas previas de los estudiantes sobre los conceptos científicos, como punto de partida para el diseño de los cursos de ciencias y la propuesta estrategias de enseñanza (Bello, 2004).

Las ideas de los alumnos deberían ser una parte explícita del debate en el aula, evidenciarlas, comentarlas, decidir su utilidad, plausibilidad y la consistencia de sus concepciones.

La evaluación diagnóstica es un importante medio de información en el proceso de enseñanza aprendizaje, se puede obtener diseñando instrumentos que reflejen lo más fielmente posible la situación inicial de los estudiantes, resultando de particular utilidad para detectar las ideas previas que los alumnos poseen en relación con el tema que se va a tratar. Igualmente, se pondrán de manifiesto las actitudes hacia la temática, así como, el grado de dominio de los conceptos y procedimientos que van a ser necesarios para su desarrollo.

Es importante mencionar que el uso de las TIC, son un recurso muy útil que se implementa cada vez con más frecuencia en la actualidad, recomendando su elaboración preferentemente en forma colaborativa.

## **CAPÍTULO 2. JUSTIFICACIÓN DIDÁCTICA**

### 2.1. Planteamiento del problema

1. Diseñar una propuesta de secuencia didáctica para introducir a los alumnos de bachillerato en el estudio de la cinética química, utilizando experimentos sencillos, fáciles de manipular, que les permitan visualizar a nivel macroscópico la rapidez de reacción, para que después surjan de manera natural los conceptos fundamentales, fomentando su participación en clase con discusiones en forma de lluvia de ideas, de modo que logren formular sus propias explicaciones microscópicas, posteriormente, con la conducción del docente puedan llegar a conclusiones más acertadas y finalmente a su representación simbólica.

### 2.2. Objetivos

#### 2.2.1. Objetivo general

1. Elaborar una secuencia didáctica innovadora que permita introducir a los alumnos de bachillerato en el tema de la rapidez de las reacciones químicas, tomando como punto de partida el programa del diploma de la Organización del Bachillerato Internacional (OBI) impartido en la Escuela Bancaria y Comercial (EBC).

#### 2.2.2. Objetivos específicos

1. Analizar el tema cinética química en los programas de la asignatura disponibles en medios electrónicos, dentro del marco de los avances recientes de la didáctica de la química en el nivel bachillerato.
2. Seleccionar para el tema de nuestro interés los conceptos fundamentales y habilidades básicas para establecer una secuencia de enseñanza.
3. Buscar en la bibliografía definiciones operativas simples, ideas innovadoras, experimentos sencillos, actividades en el aula, analogías, simulaciones, ejercicios, entre otros, para cada uno de los conceptos y habilidades básicas del tema antes mencionado.

4. Implementar métodos de evaluación diagnóstica, formativa y sumativa que permitan detectar las ideas previas, regular el proceso de aprendizaje y al término de la unidad fomenten la aplicación de los conocimientos y habilidades en diversos contextos, evitando la evaluación memorística.

## 2.3. Hipótesis

### 2.3.1. Hipótesis específicas

1. Suponemos que los programas oficiales de cinética química, así como los capítulos correspondientes de los libros de texto recomendados como bibliografía básica, no aplican los avances recientes de la didáctica de la química para el bachillerato.
2. Consideramos esencial seleccionar los conceptos y habilidades básicas de cinética química, establecer una secuencia de enseñanza adecuada, determinar una profundidad de acuerdo con los objetivos y lograr la contextualización de los contenidos, para fomentar una comprensión y aplicación elemental en los estudiantes de nivel medio superior.
3. Esperamos encontrar ideas previas, recomendaciones, definiciones operativas simples, ideas novedosas, experimentos sencillos, analogías, simulaciones, ejercicios, entre otros, que permitan diseñar una unidad didáctica innovadora para introducir a los alumnos de bachillerato en el estudio de la cinética química. Por ejemplo:
  - 3.1. Los estudiantes prefieren el término, “rapidez de reacción” en lugar de “velocidad de reacción”, pues lo relaciona más fácilmente con el estudio de la cinética de una reacción química.
  - 3.2. Para los alumnos son muy abstractos los conceptos de cantidad de sustancia, concentración, el tratamiento matemático de la cinética química que emplea el cálculo diferencial e integral, los términos complicados como son: complejo activado, mecanismo de reacción, orden de reacción.
4. Atraparemos su interés con problemas que logren motivarlos seleccionando experimentos que puedan realizar aplicables a fenómenos cotidianos.

5. Lograremos la construcción de mejores modelos aplicándolo los conceptos introducidos a nuevos experimentos, discutiendo todo el grupo, convendrá considerar sus ideas previas y las preguntas relevantes que emerjan de ellos espontáneamente acerca del tema.

#### 2.4. Metodología

1. Estudiar y reflexionar sobre los avances en didáctica de la química para el bachillerato que permita establecer un marco teórico para realizar los análisis.
2. Analizar los programas disponibles de química de instituciones educativas oficiales que imparten en el nivel medio superior, así como, los capítulos de los libros de texto recomendados como bibliografía básica para los cursos de química, correspondientes a la unidad cinética química.
3. Buscar y seleccionar documentos sobre la enseñanza y el aprendizaje del tema tratado para el nivel medio superior. En particular los relativos a propuestas didácticas, estrategias de enseñanza, ideas previas, actividades experimentales innovadoras, analogías, simulaciones, métodos de evaluación, entre otros.
4. Seleccionar los conceptos fundamentales y habilidades básicas del tema de la rapidez de reacción.
5. Diseñar e implementar la propuesta de secuencia didáctica para introducir a los alumnos de bachillerato en el estudio de la cinética química, considerando los aspectos principales, como son, selección de conceptos, secuencia adecuada, profundidad de acuerdo con los objetivos y contextualización de los contenidos.
6. Elaborar y aplicar instrumentos de evaluación diagnóstica, formativa y sumativa, fomentando la aplicación de los conocimientos adquiridos, así como, las habilidades desarrolladas en diversos contextos con relevancia en su vida diaria.



## CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE LA LITERATURA ESPECIALIZADA

### 3.1. Educación en cinética química

La enseñanza de la cinética química siempre ha estado un poco a la sombra de la del equilibrio químico, sobre el que se encuentran la mayor parte de las investigaciones. Sin embargo, este tema es altamente importante para comprender parte de los aspectos más relevantes de las reacciones químicas, en particular su evolución temporal (Sánchez Piso, et al., 2002a).

A continuación se presenta un resumen de las principales ideas relacionadas a la enseñanza y el aprendizaje del tema mencionado en el nivel medio superior de una selección de documentos publicados recientemente en la literatura especializada.

#### 3.1.1 Revisiones

Es sorprendente el hecho que la cinética química no haya sido tratada más frecuentemente por la investigación educativa. De hecho, existen muy pocos estudios acerca de su enseñanza y aprendizaje desde la perspectiva tanto de profesores como de los estudiantes de secundaria y bachillerato, a pesar de que el primer contacto de la mayoría de los alumnos con el estudio de la rapidez con la que ocurren las reacciones químicas, si no es que en todos los casos, se da en la escuela.

Uno de los primeros trabajos representativos sobre la enseñanza de este tema, que por su trascendencia se incluye en esta revisión, aparece en Justi (2002), que resalta la importancia de su estudio tanto en los niveles básicos de la educación y en el nivel universitario, debido a que permitiría una mayor comprensión del aspecto central de la química, las reacciones químicas, sobre el cual decantan todos los conceptos.

Menciona el tratamiento cualitativo que se le da a la cinética química con estudiantes de edades entre 14 y 16 años, en la mayoría de los países en cuyo currículo de química aparece el tema en cuestión, abordando los conceptos más fundamentales, como rapidez y factores que la modifican, empleando el modelo de colisión de partículas para su explicación.

Del mismo modo señala que los programas de bachillerato que incluyen el tema citado, en cuyo caso se atiende estudiantes con edades entre 17 y 18 años, tratan aspectos cuantitativos, como son, el paso determinante de la velocidad, ecuación de velocidad, orden de la reacción y mecanismos de reacción.

Por otro lado, se analizaron estudios realizados acerca de la influencia que tienen las ideas previas de los alumnos sobre el aprendizaje de la cinética química, siendo particularmente trascendente los conceptos que tienen acerca de la naturaleza de la materia, así como, las pre-concepciones que muestran sobre el concepto de colisión y su recurrente asociación con términos cotidianos.

El aprendizaje de los estudiantes también se encuentra influenciado por el proceso de enseñanza, debido a que los profesores del mismo modo presentamos ideas previas, como pueden ser, el modelo de colisión, tomado directamente de la bibliografía o el concepto de catálisis, asignando propiedades de varita mágica a un catalizador, como conclusión, podría ser más acertado si los jóvenes lograran identificar, que la adición de un catalizador conduce a un proceso diferente de una reacción química dada, aunque esto implicaría un entendimiento del concepto de mecanismo de reacción, en lugar de la concebida simplificación que menciona que un catalizador aumenta la velocidad de una reacción, pero más aún, en los libros de texto aparecen ideas previas, como la elaboración de teorías híbridas.

Para mejorar su enseñanza se han realizado diversas propuestas. Sin embargo, una constante de la mayoría de ellas, es la falta de continuidad que permita mejorar el aprendizaje de los estudiantes acerca de este tema, debido a que no se ha llevado a cabo una investigación sistemática sobre el uso y la evaluación de dichas propuestas.

Referente a las concepciones alternativas, varios artículos recientes (Cakmakci y Aydogdu, 2011, Cakmakci, 2010, Çalik, et al., 2010), incluyen una revisión de las ideas previas de los estudiantes preuniversitarios y universitarios en cinética química, la investigación educativa se realizó principalmente en Turquía, además de la participación en el proyecto de España, Inglaterra y Australia (ver tabla 3.1). Algunas de estas ideas tocan conceptos básicos, como rapidez y temperatura, otras están relacionadas con aspectos más avanzados, como son, la catálisis y mecanismos de reacción, además de involucrar otras áreas de la química como el equilibrio químico.

| <b>Dificultades conceptuales</b>   | <b>Ideas previas</b>   |
|--|--|
| Incapacidad para distinguir masa, cantidad de sustancia y concentración  |  |
| Explicación incorrecta o incompleta de las reacciones químicas en un nivel molecular (modelo dinámico de partículas e interacciones) |  |
| Interpretación errónea de datos experimentales cinéticos y/o de su representación gráfica  |  |
| Confusión de rapidez de reacción con tiempo de reacción.   | La rapidez es un tiempo de reacción  |
| Explicación inadecuada de la conducta de la rapidez de reacción conforme la reacción progresa (modelo de colisiones)                 | La rapidez de reacción es constante conforme avanza.<br>La rapidez de reacción aumenta al agitar.<br>Todas las reacciones ocurren a un mismo tiempo. |
| Confusión de aspectos cinéticos y termodinámicos   | Una reacción espontánea es una reacción rápida<br>Una reacción exotérmica es más rápida que una endotérmica  |
| Confusión entre energía de activación y energía de las sustancias reactivas  | La energía de activación es la energía cinética de los reactivos.  |

Tabla 3.1 Selección de dificultades conceptuales y/o ideas previas básicas de la cinética química relevantes para el nivel medio superior (Justi, 2002, Sánchez Piso, et al., 2002a, Cakmakci y Aydogdu, 2011, Cakmakci, 2010, Çalik, et al., 2010).

### 3.1.2 Estudios y propuestas

Paulatinamente han aparecido más estudios dirigidos a la enseñanza y el aprendizaje de la cinética química que están permitiendo que gradualmente vaya tomando la importancia que merece, aunque la mayoría se enfocan al nivel universitario (Turányi y Tóth, 2013, Cakmakci y Aydogdu, 2011, Koç et al, 2010, Chairam, 2009).

En general las principales recomendaciones se basan en innovaciones de la enseñanza tradicional, tanto generales como específicas del tema. Para ilustrar esta situación se muestran algunas ideas relevantes y recientes a la educación del tema en cuestión en el nivel medio superior que fueron extraídas de una selección de artículos especializados.

Con relación a la comprensión conceptual de los estudiantes, Çalik y colaboradores (2010) encontraron que las respuestas correctas de alumnos con edades entre 16 a 18 años, respecto a la definición de rapidez de reacción, mejoraban de un 46% a un 81% después de nueve sesiones apoyadas con animaciones y que tomaban en cuenta las ideas previas, mientras que en una clase tradicional se observaba un cambio de 50% a un 69%.

El mismo grupo de investigadores observaron el aprendizaje de alumnos con edades comprendidas entre 15 a 16 años, luego de una educación tradicional. Analizaron sus respuestas a diferentes preguntas abiertas y a entrevistas sobre diversos temas de la cinética química. Entre los resultados más interesantes están sus modelos explicativos de cómo la rapidez de reacción cambia con el tiempo. Se dedujeron cuatro modelos excluyentes que representan la relación entre la rapidez de reacción y el tiempo o la concentración: i) Modelo en aumento (MA) cuando se piensa que la rapidez de reacción aumenta conforme avanza la reacción, ii) modelo constante (MC) cuando que la rapidez de reacción es constante, iii) modelo decreciente (MD) cuando una reacción lenta toma mucho tiempo en realizarse y una reacción rápida toma poco tiempo, y iv) el modelo científico (MCi) cuando la rapidez de reacción es la mayor al inicio y la menor al final. Del total de estudiantes analizados apenas el 24% construye alguno de estos modelos y únicamente el 5% construye el modelo científico aceptado (ver tabla 3.3). Explicaron sus resultados debido a las experiencias perceptuales cotidianas (p. ej. una fogata se quema lentamente al inicio y después se quema rápido) o en su laboratorio de química (p. ej. la reacción del magnesio con ácido diluido) de los estudiantes. Para evitar esto recomiendan prestar mucha atención a los procesos que ocurren entre el estado inicial y el estado final de una reacción.

| Modelo        | Alumnos | %    |
|---------------|---------|------|
| MCi           | 5       | 4.6  |
| MA            | 5       | 4.6  |
| MC            | 9       | 8.3  |
| MD            | 7       | 6.5  |
| Algún modelo  | 26      | 24.1 |
| Ningún modelo | 82      | 75.9 |
| Total         | 108     | 100  |

Tabla 3.3 Número de alumnos y porcentaje respectivo que construye alguno de los modelos explicativos de cómo la rapidez de reacción cambia con el tiempo (Cakmakci, et al., 2006).

En cuanto a innovaciones didácticas en el aula, adecuadas a nivel medio superior, sobresale la propuesta de Cloonan y colaboradores (2011), que proponen utilizar bloques de plástico interconectables tipo Lego (ver figura 3.1) para ayudar a los estudiantes a visualizar reacciones simples a nivel molecular. En particular recomiendan reproducir en equipo reacciones de síntesis y descomposición para comprender su cinética.



Figura 3.1. Juego de bloques de plástico interconectables tipo Lego para visualizar la cinética de reacciones sencillas (Cloonan, et al., 2011).

Otra propuesta reciente y de interés es la unidad didáctica de cinética química desarrollada por Sepúlveda y colaboradores (2010), que se basa en la naturaleza de la ciencia y la historia de la química para la enseñanza de los contenidos referidos a los cambios químicos reversibles e irreversibles para estudiantes de segundo año de bachillerato, durante 6 sesiones de 90 minutos cada una.

En esta unidad didáctica se propone una lista de contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales, buscando como objetivo general explicar las reacciones químicas reversibles por medio de la cinética desarrollando competencias cognitivo-lingüísticas, estableciendo los aprendizajes esperados (ver tabla 3.4), teniendo como guía un ciclo de aprendizaje constructivista (Jorba y Sanmartí, 1996) que consta de cuatro fases: 1. Exploración, 2. Introducción de nuevos conceptos, 3. Sistematización y 4. Aplicación.

Una innovación importante de esta propuesta que incluye el ciclo de aprendizaje referido es la realización de una evaluación continua durante toda la secuencia (diagnóstica, formativa y sumativa).

|   |
|---|
| 1. Identifican definiciones de cinética de los cambios químicos para procesos irreversibles y reversibles.  |
| 2. Discriminan los factores que influyen en un cambio químico reversible.   |
| 3. Relacionan la variable temperatura con la teoría de las colisiones.  |
| 2. Conocen los algoritmos matemáticos de mecanismos de reacción que describen la cinética de los cambios químicos.  |
| 5. Desarrollan la explicación y resolución de problemas como competencias de pensamiento científico por medio de la cinética de cambios químicos reversibles. |
| 6. Autonomía frente al desarrollo de actividades experimentales.  |

Tabla 3.4 Aprendizajes esperados en la unidad cinética química para estudiantes de segundo año del nivel medio superior (Sepúlveda, et al., 2010).

Otro ejemplo innovador de secuencia didáctica sobre conceptos de cinética (Martínez Pérez, 2009), esta vez para profesores de química en formación inicial, que se estructuró a partir de actividades de iniciación (problematización y experimentación), desarrollo (evolución histórica y construcción de conceptos), y evaluación (ejercicios de lápiz y papel y análisis de situaciones problema). Para la evaluación de la estrategia implementada se diseñó un cuestionario con opciones únicas y algunos ítems con opción múltiple. Debido a lo destacado de los reactivos diseñados se reportan en el anexo I.

Un instrumento de evaluación novedoso acerca de la temática es la prueba de aprendizaje sobre conceptos de cinética o CKAT (Chemical Kinetics Concepts Achievement Test, 2010). Por su relevancia para este trabajo el documento se coloca en el anexo II.

Entre las analogías publicadas resalta la que aparece en Bender y colaboradores (2007), acerca de la función de los catalizadores de disminuir el umbral de energía de activación de la reacción en la que intervienen. Podemos imaginarnos que pasamos del otro lado de una montaña que está atravesada por un túnel, teniendo dos caminos a elegir, subir la montaña o cruzarla por el túnel. ¿Cuál de ellos le supondría menos esfuerzo? Obviamente, se llegará antes y con mayor facilidad cruzando la montaña a través del túnel, (ver figura 3.2).



Figura 3.2 Catálisis (Rothenberg, 2008))

En el contexto del trabajo experimental, Franco (2009) realizó un estudio específico sobre ideas previas de alumnos de primer grado del nivel medio superior. La investigación se dedicó a la realización de las experiencias y al seguimiento de los procesos con el tiempo de la reacción fotosensible del ion plata y su posterior oxidación espontánea al exponerse al oxígeno atmosférico. En el experimento se utiliza una disolución de nitrato de plata para pintar dos figuras recortadas, una se deja sin cambio y a la otra se le pinta encima con una disolución de yoduro de potasio. Se observa que cada reacción se efectúa con diferente rapidez de reacción. A continuación se presentan las ideas de los estudiantes para explicar estos hechos (ver tabla 3.2).

|   |
|---|
| 1. El color amarillo es más cercano al marrón que al transparente, es un color intermedio entre transparente y marrón claro (35,71%).   |
| 2. La reacción se acelera porque ahora hay dos líquidos transparentes. En el primer experimento solamente hay un líquido (23,81%).  |
| 3. Una nueva sustancia acelera la reacción química / KI es un potenciador en la mezcla (16,67%).  |
| 4. La sustancia amarilla se seca más rápida que la transparente (11,90%).   |
| 5. AgI formado se descompone más rápido que $\text{AgNO}_3$ (4,76%).  |
| 6. Las radiaciones que el líquido absorbe producen el color amarillo. Al absorber tantas radiaciones se llega a un punto de saturación, momento en el que cambia a negro (4,76%). |
| 7. La mezcla es menos densa y se favorece la oxidación (2,38%).   |

Tabla 3.2 Respuestas de estudiantes de primer año de bachillerato para explicar la diferencia de rapidez de dos reacciones (Franco, 2009).



### 3.2 Análisis de los libros de texto recomendados

Como contexto del análisis del contenido de cinética química en libros de texto, conviene recordar los comentarios de Justi (2002) que indica que los modelos presentados no corresponden a ningún modelo histórico y son, más bien, híbridos, que contienen características de diferentes modelos y, por lo tanto, son inconsistentes. Por ejemplo, hablan de complejo activado (intermediario) al mismo tiempo que estado de transición, que provienen de modelos diferentes. Para corregir esta situación se propone no favorecer a uno en especial ni presentar una progresión lineal de todos, sino que conviene, poner en claro la utilidad de cada modelo y sus limitaciones, proporcionando una idea más adecuada de la naturaleza de la ciencia y su evolución.

Los libros de texto seleccionados fueron elegidos por aparecer como bibliografía básica recomendada y fuente de consulta complementaria en los programas de estudio de las instituciones educativas oficiales consultadas (ENP, CCH, DGB), además de su disponibilidad. Por lo introductorio del tema de este trabajo se utilizó como referencia básica la definición de rapidez de reacción, obteniéndose el siguiente resultado en los tres libros de texto consultados.

1. Chang, R., *Química general para bachillerato*, McGraw-Hill, México, 2008, 4ª ed. Pp. 438-477.

Contenido: Velocidad de reacción; Leyes de velocidad; Relación entre concentraciones de reactivos y tiempo; Energía de activación y dependencia de las constantes de velocidad con la temperatura; Mecanismos de reacción; Catálisis.

- Definición de velocidad de reacción: se denomina cinética química a la parte de la química que se dedica al estudio de la rapidez o la velocidad con la que tiene lugar una reacción química, la palabra "cinética" sugiere el concepto de movimiento o cambio, en este caso el término se refiere a la velocidad de reacción o velocidad con la que tiene lugar una reacción química, durante la cual se produce una variación en la concentración de reactivos o productos con el tiempo (M/s)
- Química de Chang es un libro de texto de carácter pre-universitario y universitario, incluye unidades con los temas de termodinámica, cinética, equilibrio, ácido-base y equilibrios ácido-base, emplea un lenguaje elevado que requiere conocimientos de cálculo diferencial e integral, para un curso introductorio de bachillerato puede ser una opción como libro de consulta.

2. Timberlake, K., *Química*, Pearson, México, 2008, 2ª ed., Pp. 411-417.

Contenido: Velocidad de reacciones: Teoría de las colisiones; Energía de activación; Factores que afectan la velocidad de reacción.

- Para que tenga lugar una reacción química, las moléculas de los reactivos deben estar en contacto. La teoría de las colisiones indica que una reacción sólo tiene lugar cuando las moléculas chocan con orientación adecuada y energía suficiente. La energía necesaria para romper los enlaces de los reactivos es la energía de activación. La velocidad (o rapidez) de reacción se determina al medir la cantidad de un reactivo agotado, o la cantidad de un producto formado, en determinado tiempo, la velocidad de reacción se calcula entonces, como el cambio en concentración / cambio de tiempo
- Química de Timberlake, revisa el tema de cinética de manera muy elemental dentro de la unidad correspondiente al tema del equilibrio químico considerándolo como un antecedente necesario para abordar dicho tema.

3. Brown, T., *Química la ciencia central*, Pearson, México, 2004, 9ª ed., Pp. 524-573.

Contenido: Factores que influyen en las velocidades de reacción; Velocidades de reacción; Concentración y velocidad; Cambio de concentración con el tiempo; Mecanismos de reacción; Catálisis.

- La rapidez de una reacción química (su velocidad de reacción) es el cambio de concentración de los reactivos o productos por unidad de tiempo, sus unidades son normalmente molaridad por segundo (M/s), es decir, cambio en la concentración (M) dividido entre el intervalo de tiempo (s)
- Química la ciencia central es un libro de texto de carácter propedéutico, incluye unidades con los temas de termodinámica, cinética, equilibrio y ácido-base, emplea un lenguaje elevado que requiere conocimientos de cálculo diferencial e integral, para un curso de química del bachillerato general se recomienda como libro de consulta.

Del análisis efectuado en los libros de texto, podemos comentar que, en general, el tratamiento es muy tradicional iniciando con una breve introducción teórica, pasando directamente a las definiciones formales, utilizan métodos poco didácticos sin considerar una secuencia adecuada, empleando términos complejos, inapropiados para un curso introductorio, que requieren de sólidos antecedentes de los alumnos con respecto al tema, por ejemplo: velocidad de reacción, concentración, complejo activado, mecanismo de reacción, etapa determinante de la velocidad de reacción, estado de transición, molecularidad, orden de reacción, por citar los más importantes.

La mayoría de los libros de texto se pueden clasificar en dos categorías:

La primera, trata los temas de manera excesivamente superficial únicamente con la intención de cubrir los aspectos elementales del tema, o porque se emplea como introducción de un tema al que se le atribuye mayor relevancia.

En el segundo grupo se encuentran los libros de texto de carácter pre-universitario y universitario, abordando conceptos avanzados propios de los cursos propedéuticos o de los primeros semestres de licenciatura, rebasando los objetivos de un curso introductorio, alejado de las recomendaciones que propone la investigación didáctica para el bachillerato donde se busca promover la divulgación de la ciencia y fomentar la alfabetización científica.

### 3.3 Programas de estudio del nivel medio superior

#### 3.3.1 Análisis del tema de cinética química de la Escuela Nacional Preparatoria (ENP)

La cinética química aparece en dos oportunidades dentro del programa de química de la ENP:

i) En primer lugar, una aplicación de los conceptos básicos del tema de cinética química, se incluye en la quinta unidad, “Alimentos, combustible para la vida”, de la asignatura de Química III que pertenece al núcleo básico de carácter obligatorio ubicada en el quinto año de bachillerato en el plan de estudios de la ENP, (DGENP, 2011).

El programa indica un tiempo total de 22 horas de carga horaria, para abordar todos los temas señalados en la unidad, correspondiéndole aproximadamente 6 horas al contenido parcial de la quinta unidad, mostrado en la tabla 3.5

Propósitos:

Que el alumno:

1. Identifique en el organismo humano los minerales y vitaminas requeridos y su función, mediante investigación bibliográfica o experimental.
2. Identifique experimentalmente la presencia de algunos minerales y vitaminas en diversos alimentos.
3. Reconozca los carbohidratos, lípidos y proteínas con base en su estructura y grupos funcionales, identificándolos en su alimentación cotidiana.
4. Calcule los requerimientos calóricos en su dieta con base en tablas convencionales.
5. Aplique y proponga diversos métodos en la conservación de alimentos.

Tabla 3.5

| Contenido   | Descripción del contenido   | Estrategias didácticas   |
|---|---|--|
| <p>5.3. Conservación de alimentos.</p> <p>5.3.1. Congelación, calor, desecación, salado, ahumado, edulcorado y al alto vacío.</p> <p>5.3.2. Aditivos y conservadores.</p> <p>5.3.3. Cuidemos los alimentos.</p> | <p>Mencionar azúcares, almidones, grasas, aceites y proteínas más comunes.</p> <p>Determinación de dietas idóneas de acuerdo a las características individuales del estudiante: sexo, edad, actividad, disponibilidad y variedad de alimentos; así como el cálculo calórico de los alimentos.</p> <p>Por último, se introducen los métodos de conservación de alimentos utilizados por los pueblos desde la antigüedad hasta nuestros días.</p> <p>Aditivos y conservadores en la industria.</p> <p>Se presenta la forma adecuada de manejar los alimentos para evitar su descomposición prematura, lo cual es motivo de desperdicio.</p> | <p>Identificación experimental de un azúcar y un almidón.</p> <p>Actividades experimentales en el laboratorio para calcular el calor de combustión de aceites.</p> <p>Elaboración de dietas. Cálculo de energía (calorías y joules) y costo de una dieta.</p> <p>Aplicación de métodos caseros en la elaboración de una conserva alimenticia.</p> <p>Investigación de las limitaciones o riesgos de los diversos métodos de conservación de alimentos.</p> |

Análisis del contenido conceptual de cinética química, en la unidad “Alimentos, combustible para la vida”, del programa de Química III de la ENP

- El tema de cinética química se aborda de forma elemental dentro del contexto de una de sus aplicaciones más conocidas por los estudiantes, la conservación de los alimentos. El docente debe considerar las limitantes del tiempo asignado, seleccionar las actividades de enseñanza y la secuencia de modo que se obtenga una experiencia de aprendizaje significativo cumpliendo con los objetivos de la unidad.

ii) El tema de cinética química se incluye nuevamente en el plan de estudios de la ENP abordándolo con mayor énfasis en la tercera unidad de la asignatura de Química IV, ubicada en el mapa curricular en el sexto año de bachillerato perteneciente al núcleo propedéutico del área II, con el título, “La energía y los seres vivos”, (DGENP, 2011).

El programa indica un tiempo total de 35 horas de carga horaria, para abordar todos los temas señalados en el contenido integral de la unidad (ver tabla 3.6).

Propósitos: Que el alumno:

1. Relacione algunas reacciones químicas que se realizan en los organismos vivos con sus requerimientos de energía.
2. Identifique la estructura y características principales de carbohidratos, lípidos y proteínas y las relacione con el efecto que producen en dietas cotidianas.
3. Relacione los factores que determinan la velocidad de reacción con la actividad enzimática y su importancia en los seres vivos.
4. Comunique en su entorno inmediato y aplique en su vida los conceptos tratados en esta unidad.

Tabla 3.6

| Contenido  | Descripción del contenido  | Estrategias didácticas  |
|--|--|---|
| <p>3.1. Vida y termodinámica.</p> <p>3.1.1 Reacciones exotérmicas y endotérmicas.<br/>Entalpía</p> <p>3.1.2 .Energía de activación.</p> <p>3.1.3. Entropía.</p> <p>3.1.4. Energía libre, espontaneidad.</p> <p>3.1.5.Reacciones exergónicas y endergónicas.</p> <p>3.2 Energéticos de la vida.</p> <p>3.2.1 Carbohidratos.<br/>Energía de disponibilidad inmediata.<br/>Estructura y actividad óptica.<br/>Mono, di y polisacáridos.</p> <p>3.2.2. Lípidos.<br/>Almacén de energía.<br/>Estructura.<br/>Grasas y aceites.<br/>Saponificación de grasas</p> <p>3.3. Enzimas, súper catalizadores específicos y eficientes.</p> <p>3.3.1. Velocidad de reacción y factores que influyen en ella.</p> <p>3.3.2. Estructura de aminoácidos y proteínas.</p> <p>3.3.3. Enzimas.<br/>Catalizadores biológicos.</p> | <p>En esta parte se tratan los cambios de energía asociados a los cambios químicos y la forma en que se representan gráficamente dichos cambios. Se introducen los conceptos de entalpía, entropía, energía libre y espontaneidad. Finalmente se estudia la relación que existe entre la energía libre, los procesos espontáneos y las reacciones exergónicas y endergónicas.</p> <p>En esta segunda parte se pone de manifiesto la importancia de los carbohidratos y lípidos como proveedores de energía. Se estudian las estructuras y propiedades de los carbohidratos más comunes como glucosa, sacarosa y almidón; se explica la actividad óptica.<br/>A continuación se estudia la estructura de los lípidos, la diferencia entre grasas y aceites y la saponificación de las grasas.</p> <p>Se introduce el concepto de velocidad de reacción. Se estudia y explica el efecto de la concentración, la temperatura y los catalizadores sobre la velocidad de reacción mediante la teoría de las colisiones. Se estudia la estructura de los aminoácidos y la estructura primaria de las proteínas, material requerido para la formación y reconstrucción celular. Por último, se introduce el estudio de las enzimas, como catalizadores biológicos de naturaleza proteica. Se hace hincapié en su especificidad y efectividad.</p> | <p>Realización de reacciones exotérmicas y endotérmicas. Determinación experimental de calores de reacción. Representación gráfica de los cambios energéticos en las reacciones. Realización de experimentos relacionados con el concepto de entropía. Lecturas y discusión grupal sobre el tema de entropía. Conferencia didáctica. Discusión grupal. Ejemplificación de procesos espontáneos. Elaboración por equipos de un mapa conceptual sobre esta parte de la unidad</p> <p>Exposición acerca de las características estructurales de carbohidratos y lípidos. Proyección de video o película sobre carbohidratos y/o lípidos. Utilización de modelos tridimensionales para demostrar carbonosa simétricos. Prácticas de laboratorio sobre carbohidratos y saponificación de grasas.</p> <p>Realización de experimentos sobre velocidad de reacción y factores que la modifican. Exposición del tema sobre energía de activación y teoría de las colisiones. Proyección de vídeo o película sobre proteínas. Investigación bibliográfica sobre la importancia de las enzimas. Discusión grupal sobre la especificidad de las enzimas (teoría llave candado). Realización de prácticas sobre proteínas y enzimas.</p> |

Análisis del contenido conceptual de cinética química, en la unidad “La energía y los seres vivos”, del programa de QIV de la ENP

- Debido a que el tema de cinética química en la ENP se encuentra contextualizado, dentro de una unidad formada por los temas de principios de termodinámica y fundamentos de cinética, introduce los conceptos que considera relevantes, como son: energía de activación; velocidad de reacción y factores que influyen en ella; y catalizadores, vertiéndolos en el orden requerido para los objetivos de la unidad, las actividades de enseñanza y la secuencia deben ser seleccionadas y adaptadas por el docente de modo que se alcancen los aprendizajes esperados.

### 3.3.2 Análisis del tema de cinética química del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH)

El tema de cinética química aparece en dos ocasiones dentro del programa de química del CCH:

i) En primera instancia en la asignatura de Química II de carácter obligatorio, ubicada en el mapa curricular en el segundo semestre del plan de estudios del CCH, localizado en la segunda unidad, con el título, “Alimentos, proveedores de sustancias esenciales para la vida”.

El programa indica un tiempo total de 30 horas para todos los temas de la unidad, asignando 7 horas de carga horaria para revisar los temas de:

a) Elementos: Elementos de importancia biológica; b) Compuestos: Lípidos (grasas), carbohidratos, proteínas, vitaminas y minerales, Catalizadores biológicos; c) Estructura de la materia: Relación entre la estructura de la molécula y las propiedades del compuesto; d) Reacción química: Condensación de sacáridos, Oxidación de grasas y carbohidratos, Hidrólisis de polisacáridos, Condensación de aminoácidos, Hidrólisis de proteínas, Factores que afectan la rapidez de la reacción: temperatura, pH y catalizadores.

La tabla 3.7 muestra el contenido parcial de la unidad en los que se abordan los conceptos de cinética química, (CCH, 2012).

#### Propósitos

Al finalizar la Unidad, el alumno:

1. Profundizará en la comprensión de los conceptos básicos de la química, mediante el estudio de la composición de los alimentos que en un primer acercamiento, le permitirán comprender las características de los compuestos del carbono.
2. Comprenderá la estructura molecular de los compuestos del carbono, mediante la construcción de modelos tridimensionales de compuestos sencillos (hidrocarburos, alcoholes, cetonas, ácidos



carboxílicos, ésteres, aminas y amidas) para reconocer que el ordenamiento de los átomos en el espacio determina las propiedades de las sustancias.

3. Reconocerá la importancia del análisis químico mediante la identificación de carbohidratos, lípidos y proteínas en los alimentos, para conocer la materia.
4. Incrementará el desarrollo de habilidades, actitudes y destrezas propias del quehacer científico y del comportamiento social e individual, mediante las actividades realizadas para contribuir a su formación.
5. Valorará la importancia de una dieta equilibrada, a través del conocimiento de la función de los nutrimentos en el organismo, para mantener la salud.

Tabla 3.7

| Aprendizajes   | Estrategias sugerida  | Temática  |
|--|---|---|
| <p>34. Incrementa sus habilidades en la búsqueda de información pertinente y en su análisis y síntesis.</p> <p>35. Aumenta sus capacidades de análisis y síntesis, y de comunicación oral y escrita al expresar fundamentando sus observaciones y opiniones.</p> <p>36. Explica cómo se obtiene la energía necesaria para realizar las funciones vitales a partir de la oxidación de las grasas y los carbohidratos.</p> <p>37. Ejemplifica la polimerización de los compuestos del carbono, mediante reacciones de condensación para obtener polisacáridos y proteínas.</p> <p>38. Reconoce mediante las reacciones estudiadas, que los grupos funcionales son los centros reactivos de los compuestos del carbono.</p> <p>39. Identifica a la temperatura, pH, y catalizadores como factores que afectan</p> | <p><b>¿Hay relación entre la estructura de los nutrimentos y su función en el organismo?</b><br/><b>4hrs.</b></p> <p>Investigación documental y explicación del profesor de los siguientes aspectos:</p> <p>a) En lípidos (grasas):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Estructura: resultado de la unión de una molécula de glicerol con tres moléculas de ácidos grasos (reacción de esterificación con pérdida de agua).</li> <li>- Diferencia entre la estructura de las grasas y de los aceites.</li> <li>- Presencia de un gran número de enlaces C-C y C-H que de forma similar a los hidrocarburos (combustibles) tienen alta energía potencial, por lo que una reserva de energía para el organismo.</li> <li>- Enranciamiento de grasas y aceites (oxidación).</li> <li>- Razón por la que debe evitarse el consumo excesivo de grasas.</li> </ul> <p>b) En carbohidratos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Importancia de la fotosíntesis en la producción de glucosa (monosacárido).</li> <li>- Monosacáridos: Aldosas y cetosas.</li> <li>- Reacción de condensación de monosacáridos para obtener polisacáridos (polímeros). Formación del enlace glucosídico.</li> <li>- Estructura de la molécula de almidón (polímero).</li> </ul> <p>Importancia de la cocción (efecto de la temperatura) y de las enzimas (catalizadores biológicos) durante la digestión, para fragmentar mediante su hidrólisis las moléculas de almidón y así poderlas asimilar.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reacción de oxidación (“combustión”) durante su metabolismo para generar energía.</li> </ul> <p>c) En fibras:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Estructura de la molécula de celulosa (polímero).</li> </ul> <p>Grupos funcionales presentes.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Diferencia entre la estructura del almidón y de la celulosa que determina la imposibilidad de metabolizar</li> </ul> | <p>ELEMENTO</p> <p>*Elementos de importancia biológica</p><br><p>COMPUESTO</p> <p>*Lípidos (grasas), carbohidratos, proteínas, vitaminas y minerales.</p> <p>*Catalizadores biológicos (enzimas)</p><br><p>ESTRUCTURA DE LA MATERIA</p> <p>*Relación entre la estructura de la molécula y las propiedades del compuesto</p> |

|  |   |   |
|--|---|---|
| <p>la rapidez de las reacciones químicas.</p> <p>40. Reconoce en fórmulas de biomoléculas los elementos de importancia biológica ( C, H, O, N, P, Ca, Na, K, Cl, Fe, I, Mg )</p> <p>41. Reconoce la importancia del análisis químico para la identificación de sustancias.</p> <p>42. Aumenta sus capacidades de análisis y de comunicación oral y escrita al expresar sus observaciones y fundamentando sus opiniones.</p> <p>43. Sintetiza lo aprendido mediante la elaboración de una dieta equilibrada.</p> <p>44. Señalará la importancia de conocer la composición química de los alimentos.</p> <p>45. Incrementa sus habilidades en la búsqueda de información pertinente y en su análisis y síntesis.</p> <p>46. Menciona algunas técnicas para la conservación de alimentos.</p> <p>47. Señala las razones por las que se agregan aditivos a los alimentos procesados.</p> <p>48. Aumenta su capacidad de comunicación oral y escrita al expresar fundamentando sus observaciones y opiniones.</p> <p>49. Analiza críticamente los problemas socioeconómicos generados en torno a la producción y procesamiento de los alimentos.</p> <p>50. Elabora una síntesis de los conceptos químicos estudiados en la unidad.</p> | <p>la celulosa por los humanos.</p> <p>d) En proteínas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Polímeros cuyas unidades son los aminoácidos.</li> <li>- Aminoácidos esenciales.</li> <li>- Reacción de síntesis de proteínas a partir de aminoácidos.</li> <li>- Formación del enlace peptídico.</li> <li>- Digestión de las proteínas: reacción de hidrólisis, importancia del pH y de las enzimas (catalizadores biológicos) en el estómago y en intestino delgado.</li> </ul> <p>e) En vitaminas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Clasificación en hidrosolubles y liposolubles.</li> <li>- Función de las vitaminas hidrosolubles como coenzimas.</li> </ul> <p>f) En minerales:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Elementos de importancia biológica: P, Ca, K, Na, Cl, Fe, I, Mg.</li> </ul> <p><b>Y tú, ¿Cómo te alimentas? 1hrs.</b></p> <p>*Revisar el listado de lo ingerido durante los tres días (tarea solicitada al inicio de la unidad) y, con base en lo aprendido, realizar una crítica de su dieta. Elaborar apoyados en listas que presentan los nutrimentos que contienen los alimentos, una dieta equilibrada para tres días aplicando lo aprendido. Entregar por escrito la crítica y la dieta elaborada. Discusión en grupo para establecer cuáles fueron las principales deficiencias detectadas en su alimentación.</p> <p><b>¿Cómo se conservan los alimentos? 2 hrs.</b></p> <p>*Investigación documental sobre las técnicas más comunes para conservar los alimentos y sobre la diferencia entre un aditivo y un conservador.</p> <p>*Visita de los alumnos a una tienda de autoservicio donde seleccionarán un determinado número de alimentos procesados (enlatados, congelados y refrigerados), observarán cuáles son las técnicas que emplean para conservarlos; revisar sus etiquetas y anotar las sustancias que se emplean como aditivos para mejorar su color, sabor o apariencia y para prevenir cambios indeseables (conservadores).</p> <p>*Análisis en grupo de las actividades anteriores, destacar el control que se tiene sobre la cantidad y tipo de conservadores para evitar efectos nocivos en la salud y el papel socioeconómico de la industria alimentaria.</p> <p>*Discusión sobre las noticias vinculadas con el tema y que se hayan presentado durante el tiempo de estudio de la unidad. Analizar los problemas políticos y económicos que se generan en torno a la producción y procesamiento de alimentos.</p> <p>*Elaboración individual de un resumen o mapa conceptual que sintetice lo aprendido en la unidad. Revisión en grupo.</p> | <p>Reacción química</p> <p>*Condensación de sacáridos</p> <p>*Oxidación de grasas y carbohidratos</p> <p>*Hidrólisis de polisacáridos</p> <p>*Condensación de aminoácidos</p> <p>*Hidrólisis de proteínas</p> <p>*Factores que afectan la rapidez de la reacción: temperatura, pH y catalizadores</p><br><p>Reacción química</p> <p>*Factores que afectan la rapidez de las reacciones.</p> |
|--|---|---|

Análisis del contenido conceptual de cinética química en la unidad, “Alimentos, proveedores de sustancias esenciales para la vida” de la asignatura de QII dentro del plan de estudios del CCH.

- En la unidad se pretende abordar los conceptos contextualizando los contenidos, integrando una unidad en la que se abordan los temas de: Nutrición; El carbono, sus propiedades y compuestos; Grupos funcionales en los nutrimentos; Función de los alimentos y su conservación. Es importante hacer notar que lo reducido del tiempo asignado supone un tratamiento superficial del tema. El docente debe integrar los temas, seleccionar actividades de enseñanza, diseñar una secuencia adecuada, de modo que pueda cumplir con los objetivos de la unidad,

ii) El tema de cinética aparece en una segunda oportunidad dentro del plan de estudios del CCH abordándolo con mayor profundidad en la asignatura de QIII de carácter optativo propedéutico localizado en la tercera unidad, con el título, “Fertilizantes: productos químicos estratégicos” ubicado en el mapa curricular en el tercer año del área II.

El programa indica un tiempo total de 28 horas para todos los temas de la unidad, asignando 12 horas de carga horaria para revisar los temas de: Energía de enlace; equilibrio y cinética química. La tabla 3.8 muestra el contenido parcial de la unidad en los que se abordan los conceptos de cinética química, (CCH, 2012).

#### Propósitos

Al finalizar la Unidad, el alumno:

1. Profundizará en la comprensión de la reacción química, al estudiar algunos procesos industriales empleados en la fabricación de fertilizantes, para valorar la importancia de la producción de sustancias que ayudan a satisfacer nuestras necesidades.
2. Reconocerá mediante la experimentación los factores que afectan el desarrollo de las reacciones químicas, para acercarse a la comprensión de el porqué y cómo ocurren los cambios químicos.
3. Conocerá aspectos socioeconómicos y ambientales de la industria de los fertilizantes, al analizar su efecto en la producción de alimentos y sobre el medio ambiente, para valorar la importancia de esta industria.

Tabla 3.8

| Aprendizajes  | Estrategias sugerida   | Temática  |
|---|--|---|
| <p>Selecciona, analiza e Interpreta información relevante.</p> <p>Comunica en forma oral y escrita los resultados de su investigación y sus opiniones.</p> <p>Comprende la relación entre energía de reacción y el rompimiento formación de enlaces químicos. Formula hipótesis y las fundamenta.</p> <p>Establece qué variable debe Medir (variable dependiente), cuál debe modificar (variable independiente) y cuáles debe mantener constantes, para resolver experimentalmente un problema</p> <p>Maneja con destreza y precaución las sustancias y el material y equipo de laboratorio al experimentar.</p> <p>Explica a escala molecular, la forma en que los cambios de temperatura, presión y concentración, afectan la rapidez de las reacciones químicas, basándose en la energía cinética de las partículas que participan en la reacción y en la teoría</p> | <p><b>¿Cómo modificar el equilibrio de una reacción química?</b></p> <p>* Investigación bibliográfica sobre:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Concepto de energía de enlace o energía de Unión, valores de la energía de los enlaces <math>N\equiv N</math>, H-H y N-H;</li> <li>- Reacción de obtención de amoniaco a partir de <math>H_2</math> y <math>N_2</math>, las condiciones óptimas de reacción, tablas y gráficas que muestren cómo se afecta el rendimiento de la reacción.</li> </ul> <p>* Con lo investigado realizar un análisis grupal para destacar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La energía involucrada en las reacciones químicas (ruptura de enlaces) en los reactivos y formación de nuevos enlaces en los productos) y su relación con las reacciones exotérmicas y endotérmicas</li> <li>- La reacción de obtención del amoniaco con base en la energía para romper los enlaces <math>N\equiv N</math> y la reversibilidad de esta reacción</li> </ul> <p>En un primer acercamiento, concluir que existen condiciones de reacción que permiten mejorar el rendimiento de obtención de amoniaco.</p> <p><b>¿Cómo efectuar reacciones químicas con mayor rapidez y mayor rendimiento?</b></p> <p>Actividad experimental para observar cómo los factores: tamaño de la partícula, temperatura, concentración y catalizador, afectan la rapidez de una reacción química.</p> <p>Por ejemplo, el efecto de la temperatura y superficie de contacto en la reacción de Alka-Seltzer, y el efecto de la concentración y catalizadores en la descomposición del <math>H_2O_2</math>. Solicitara los alumnos que planteen hipótesis sobre el efecto que tendrá en la rapidez de la reacción los cambios a efectuar.</p> <p>Enfatizar la importancia rapidez de la reacción los cambios a efectuar. Enfatizar la importancia del control de variables en la experimentación. Discusión grupal de la actividad para concluir sobre los factores que afectan la rapidez de las reacciones químicas</p> <p>Entrega del reporte.</p> <p>Investigación documental sobre la teoría de las Colisiones y la energía de activación.</p> | <p>Energía de ionización y de disociación de enlace.</p> <p>Factores que afectan la rapidez de una reacción química:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• temperatura</li> <li>• concentración</li> <li>• presión</li> <li>• superficie de contacto</li> <li>• catalizadores</li> </ul> |

|  |  |  |
|--|--|--|
| <p>de las colisiones.</p> <p>Identifica a los catalizadores como sustancias que modifican la energía de activación de las partículas que participan en una reacción química.</p> <p>Indica hacia donde se desplaza el equilibrio al modificar la presión, concentración o temperatura de algunas reacciones químicas.</p> <p>Reconoce la importancia del conocimiento químico para el control de los procesos.</p> | <p>Análisis grupal de la investigación para explicar a escala molecular el efecto de la temperatura, concentración, presión, superficie de contacto y catalizadores sobre la rapidez de las reacciones químicas.</p> <p>Solicitar a los alumnos que apliquen lo estudiado a la reacción de obtención de amoníaco e imaginando cómo ocurre la reacción a escala molecular, formulen hipótesis en las que indiquen en qué condiciones podría llevarse a cabo en el menor tiempo. Revisar las hipótesis formuladas para verificar los aprendizajes. Plantear la dificultad que representa el que la síntesis del amoníaco, a temperatura y presión ambiente, sea una reacción reversible, exotérmica en equilibrio, pero que el conocimiento químico ha permitido su obtención a escala industrial.</p> <p>Investigación bibliográfica sobre los factores que afectan el equilibrio y con base en esto, retomar el análisis del proceso industrial de obtención de amoníaco para hacer énfasis en los factores que afectan su equilibrio.</p> <p>Actividad experimental para analizar cómo afectan al equilibrio de una reacción química los factores - variables- concentración de reactivos o productos, temperatura, presión. Por ejemplo, la reacción del <math>\text{Fe}^{+3}</math> con <math>\text{SCN}^{-1}</math>, del cloruro de cobalto con agua o en disolución alcohólica, o del equilibrio</p> $\text{NO}_2 \leftrightarrow \text{N}_2\text{O}_4.$ <p>Enfatizar la importancia del control de variables para obtener información adecuada de lo que se desea observar.</p> <p>Discusión grupal de la actividad. Elaborar el reporte.</p> <p>Concluir con base en la investigación bibliográfica y la actividad experimental, cómo se modifica el estado de equilibrio de una reacción química.</p> <p>Destacar el efecto del cambio en la:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- concentración de reactivos y productos</li> <li>- presión del sistema (si la reacción es gaseosa y son diferentes en número de moles de reactivos que de productos)</li> <li>- temperatura de reacción si la reacción es exotérmica o endotérmica.</li> </ul> <p>Concluir que la elección de las mejores condiciones en que se efectúa una reacción determina su rendimiento.</p> | <p>Teoría de las colisiones.</p> <p>Energía de activación.</p> <p>Factores que afectan el estado de equilibrio de una reacción: concentración, presión y temperatura</p> <p>Elección de las mejores condiciones en que se efectúan las reacciones químicas</p> |
|--|--|--|

Análisis contenido conceptual de cinética química en la unidad, “Fertilizantes: productos químicos estratégicos” de la asignatura de QIII del programa de Química del CCH.

- En la unidad “Alimentos, proveedores de sustancias esenciales para la vida” se pretende abordar los conceptos contextualizando los contenidos, integrando una unidad formada por tres aspectos fundamentales de los programas de química: energía de enlace, equilibrio químico y cinética química, lo que aumenta el grado de complejidad, además, de que la secuencia con la que aparecen no resulta ser la más adecuada, por lo tanto el docente tiene que integrar tres temas, seleccionar actividades de enseñanza, diseñar una secuencia adecuada, de modo que pueda cumplir con los objetivos de la unidad.

### 3.3.3 Análisis del tema de cinética química de la Dirección General de Bachillerato (DGB)

A continuación se presenta el contenido del octavo bloque (ver tabla 3.9) de la asignatura de QI localizado en el mapa curricular en primer semestre dentro del plan de estudios de la DGB dependiente de la SEP, con el título, “Comprendes los procesos asociados con el calor y la velocidad de las reacciones químicas”, (DGB, 2010)

Desempeños del estudiante al concluir el bloque: 7 horas

Distingue entre reacciones químicas endotérmicas y reacciones químicas exotérmicas partiendo de los datos de entalpía de reacción. Explica el concepto de velocidad de reacción. Calcula entalpía de reacción a partir de entalpías de formación.

Objetos de aprendizaje:

Entalpía: Entalpía de reacción. Entalpía de formación. Reacciones exotérmicas y endotérmicas.

Velocidad de reacción. Desarrollo sustentable.

Tabla 3.9

| Actividades de enseñanza  | Actividades de aprendizaje   | Evaluación   |
|---|--|--|
| <p>Explicar, utilizando ejemplos de la vida cotidiana, en qué consiste la entalpía de reacción y la entalpía de formación.</p> <p>Coordinar la realización de una actividad experimental que permita reconocer los factores que intervienen</p> | <p>Elaborar una lista de ejemplos de aplicación de las entalpías de reacción y de formación.</p> <p>Investigar sobre reacciones endotérmicas o exotérmicas que se llevan a cabo en su entorno y la utilidad que representan para diversas actividades del ser humano.</p> <p>Realizar una actividad experimental que permita identificar los factores que intervienen en la velocidad de una reacción química: naturaleza de</p> | <p>Portafolio de evidencias:<br/>Listado de ejemplos.</p> <p>Portafolio de evidencias:<br/>Reporte de investigación.</p> |

|   |   |   |
|---|---|---|
| <p>en la velocidad de una reacción química.</p> <p>Explicar la noción de desarrollo sustentable, discutiendo sobre la importancia de implementar acciones, a nivel personal o comunitario, que lo promuevan.</p> <p>Solicitar reporte de investigación documental sobre el desarrollo sustentable y las necesarias para ponerlo en práctica.</p> <p>Solicitar una visita guiada a una empresa que realice procesos químicos en los que se involucre la aplicación del calor o a partir de un experimento sencillo que le permita identificar la participación del calor en una reacción.</p> <p>Desarrollar una retroalimentación general de la asignatura, en la que se destaque la importancia de la química en nuestra vida cotidiana y los riesgos que se corren al no conocer las propiedades, características, formas de reaccionar o de manejar las sustancias que forman parte de nuestro entorno</p> | <p>los reactivos, tamaño de partícula, temperatura, concentración y catalizadores, valorando la conveniencia de la lentitud o la rapidez de algunos procesos químicos que se presentan en su vida diaria.</p> <p>Realizar en equipos una investigación documental sobre el desarrollo sustentable y las necesarias para ponerlo en práctica. En equipos investigar acerca de las formas aplicadas por comunidades indígenas para el cuidado del medio ambiente y las de tu comunidad. En plenaria comentar los resultados de la investigación y comparar las formas de cuidado del medio ambiente utilizadas por comunidades indígenas y las utilizadas en tu comunidad. En equipos realizar una propuesta acerca de formas de cuidado del medio ambiente para tu comunidad y exponerla ante alguna autoridad ambiental de la comunidad. Argumentar, en una plenaria los resultados de la investigación así como los beneficios y riesgos relacionados al consumismo y su impacto en el medio ambiente considerando el desarrollo sustentable como una medida para aminorar los problemas ambientales a través de propuestas viables aplicables en su entorno. Elaborar una ficha técnica, a partir de una visita guiada a una empresa que realice procesos químicos en los que se involucre la aplicación del calor o a partir de un experimento sencillo que le permita identificar la participación del calor en una reacción.</p> <p>Elementos de la ficha técnica:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Nombre común del proceso.</li> <li>Nombre químico del proceso.</li> <li>Materiales que se necesitan para llevar a cabo el experimento.</li> <li>Insumos o ingredientes necesarios para la reacción química.</li> <li>Fundamentación de la reacción química.</li> <li>Conclusiones.</li> <li>Fuentes de información.</li> </ol> | <p>Guía de observación.</p> <p>Guía de observación</p> <p>Rúbrica para evaluar la exposición y la propuesta de cuidado del medio ambiente.</p> <p>Portafolio de evidencias:<br/>Ficha técnica</p> <p>Rúbrica de autoevaluación, coevaluación y evaluación acerca de las competencias desarrolladas durante el semestre.</p> |
|---|---|---|

Análisis contenido conceptual de cinética química, en la unidad “Comprendes los procesos asociados con el calor y la velocidad de las reacciones químicas”, del programa Química de la DGB.

- En este plan de estudios se abordan los conceptos más elementales de termodinámica y cinética en una unidad con únicamente siete horas de carga horaria, correspondiéndole al tema de cinética química aproximadamente tres horas, debido a ello los conceptos deben ser tratados de manera muy superficial, proponiendo una sola actividad experimental para introducir los conceptos básicos, también, al igual que la mayoría de los nuevos planes de estudio busca contextualizar los contenidos con temas ambientales y socioeconómicos.

#### 3.3.4 Análisis de la unidad de cinética química del programa de la OBI

El plan de estudios del curso de química del programa del diploma de la OBI, contenido en la guía de química, consta de tres partes: los temas troncales, los temas adicionales del nivel superior y las opciones, divididos en función de su mayor amplitud y profundidad.

La tabla 3.10 presenta el contenido del tema de cinética química ubicado en la sexta unidad de los temas troncales incluyendo los tiempos sugeridos para la exposición del tema, la extensión solicitada y las recomendaciones indicadas (OBI, 2007).



Tabla 3.10

| <b>Tema 6: Cinética (5 horas)</b>  |  |
|--|--|
| <b>6.1 Velocidad de reacción (2 horas)</b>   |  |
| <b>Enunciado de evaluación</b>   | <b>Notas para el profesor</b>  |
| 6.1.1 Defina el término velocidad de reacción.   |  |
| 6.1.2 Diseñe procedimientos experimentales adecuados para medir velocidades de reacción.   | Pueden utilizarse registradores de datos para obtener datos y elaborar graficas. Debe hacerse hincapié en la naturaleza empírica del tema. Los resultados experimentales pueden apoyar la teoría pero no demostrarla.  |
| 6.1.3 Analice los datos obtenidos en experimentos de velocidad.  | Los alumnos deben conocer las graficas de variación de la concentración, el volumen o la masa en función del tiempo.   |
| <b>6.2 Teoría de las colisiones (3 horas)</b>  |  |
| <b>Enunciado de evaluación</b>   | <b>Notas para el profesor</b>  |
| 6.2.1 Describa la teoría cinética desde el punto de vista del movimiento de partículas cuya energía media es proporcional a la temperatura en Kelvin.  |  |
| 6.2.2 Defina el término energía de activación, $E_a$ .   |  |
| 6.2.3 Describa la teoría de las colisiones   | Los alumnos deben saber que la velocidad de reacción es función de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• la frecuencia de las colisiones</li> <li>• el número de partículas con <math>E \geq E_a</math></li> <li>• la orientación o geometría de colisión adecuada.</li> </ul> |
| 6.2.4 Prediga y explique, utilizando la teoría de las colisiones, los efectos cualitativos del tamaño de las partículas, la temperatura, la concentración y la presión sobre la velocidad de una reacción. | Pueden realizarse simulaciones interactivas a modo ilustrativo.  |
| 6.2.5 Esquematice y explique cualitativamente las curvas de distribución de energía de Maxwell–Boltzmann para diferentes temperaturas y sus repercusiones en los cambios de la velocidad de reacción.      | Los alumnos deben ser capaces de explicar por qué la superficie que encierra la curva es constante y no cambia con la temperatura. Pueden realizarse simulaciones interactivas a modo ilustrativo  |
| 6.2.6 Describa el efecto de un catalizador sobre una reacción química.   |  |
| 6.2.7 Esquematice y explique las curvas de Maxwell–Boltzmann de reacciones con o sin catalizador   |  |

Análisis del contenido conceptual de cinética química, ubicado en la unidad seis, "cinética química" de la guía de química del documento de la OBI.

- No considera las ideas previas de los estudiantes ni los antecedentes necesarios para abordar el tema.
- Propone una unidad muy extensa, asignando muy poco tiempo de carga horaria lo que puede provocar un tratamiento superficial de los conceptos y un aprendizaje memorístico.
- Emplea términos técnicos, muy especializados que resultan complejos y ambiguos, como, velocidad y concentración sin una introducción previa.
- No propone una secuencia adecuada de los conceptos, empezando por lo más sencillo y terminando con lo más complejo, solicita iniciar el tema con la definición de velocidad de reacción, primero propone la introducción del concepto de energía de activación y posteriormente abordar la teoría de las colisiones.
- No ofrece una propuesta innovadora, acorde con la didáctica actual de la disciplina, involucrando a los estudiantes en las propuestas y diseño de experimentos, favoreciendo, primero la observación macroscópica de los fenómenos, seguida de la explicación microscópica con modelos adecuados, para pasar finalmente al lenguaje simbólico propio de la disciplina.
- Recomienda, pero no propone experiencias de cátedra, prácticas, analogías, modelos de computadora, simulaciones, bibliografía, entre otros.

## CAPÍTULO 4. PROPUESTA DE SECUENCIA DIDÁCTICA

### 4.1 Cuestionario de diagnóstico e ideas previas de cinética química

El proyecto de propuesta de secuencia didáctica para impartir el tema de cinética química a estudiantes de bachillerato, se inicia aplicando el cuestionario de diagnóstico e ideas previas, diseñado específicamente para detectar el grado de conocimiento que los alumnos tienen acerca de los antecedentes necesarios para abordar dicho tema, así como, las pre-concepciones de los estudiantes sobre los conceptos y procedimientos fundamentales de la cinética química, de modo que se pueda identificar los conocimientos e ideas previas que tiene los alumnos al respecto.

En ocasiones se aplicó en forma individual y en otras formando pequeños grupos, pero siempre resolviéndolo de manera grupal, poniendo en práctica la primera etapa de la propuesta didáctica, que considera relevante fomentar la participación de todos los estudiantes en la discusión, propiciando una lluvia de ideas, permitiendo que los alumnos después de manifestarse en forma escrita, también puedan expresarse de modo oral, favoreciendo la participación de todo el grupo, fomentando su integración, proyectando confianza, estimulándolos para que puedan surgir los conocimientos que poseen, valorando todas sus aportaciones, sin contradecirlos o exponerlos a pesar de sus errores, de modo que identifiquen al profesor como un moderador en el proceso de aprendizaje, guiándolos para corregir sus confusiones, hasta logren alcanzar una solución.

En esta etapa debe evidenciarse la necesidad de un repaso en el que se retomen los prerrequisitos necesarios para abordar el tema de la rapidez de reacción buscando homologar los conocimientos del grupo.

Los conceptos considerados en el cuestionario de diagnóstico son en primera instancia, identificar si los estudiantes son capaces de distinguir entre un cambio físico y un cambio químico, además, si pueden reconocer y clasificar a las reacciones químicas de acuerdo con el tiempo que tardan en efectuarse y si tiene la habilidad para determinar los factores que influyen en la rapidez, así como, la destreza para aplicar de manera muy simple, los procedimientos necesarios para modificarla. Finalmente, incluye los conceptos básicos de cinética química, como son: Rapidez de reacción, colisión de partículas, temperatura y el uso de catalizadores.

En algunas oportunidades, concretamente en los años 2008, 2011 y 2012, se contó con la colaboración del Prof. Fabián Villavicencio, colega que impartía la asignatura de química en la misma institución aplicando un método de enseñanza tradicional apegado al programa oficial, de modo que se pudo comparar el aprendizaje de mis alumnos con grupos de referencia evaluando las ventajas de dicha propuesta.

El cuestionario aplicado es el siguiente:

### Cuestionario de diagnóstico

1. De los siguientes fenómenos, marca con ( Q ) los que identifiques como cambios químicos y señala con ( F ) los que reconozcas como cambios físicos:

- |                                    |  |
|------------------------------------|--|
| a) Agregar azúcar al agua de limón | b) Oxidación de hierro por acción del medio ambiente |
| c) Hervir agua                     | d) Cocción de frijoles en olla de barro              |
| e) Respirar                        | f) Cuando la leche se corta (se echa a perder)       |

2. Si indicaste dos o más cambios químicos en la pregunta anterior, trata de ordenarlos de acuerdo con el tiempo que tardan en ocurrir, del más rápido al más lento.

|    | Cambio Químico | Tiempo aproximado que tarda |
|----|----------------|-----------------------------|
| a) | _____          | _____                       |
| b) | _____          | _____                       |
| c) | _____          | _____                       |
| d) | _____          | _____                       |

3. Para la reacción más rápida que identificaste o la que más conozcas. Di ¿cómo lograrías hacer que se ocurra más lenta?

4. Para la reacción más lenta que escogiste o la que prefieras. Menciona ¿cómo podrías hacer que suceda más rápido?

5. ¿De qué palabras te acuerdas o que conceptos relacionas? Cuando escuchas los términos: Rapidez de reacción, colisión y catalizador.

#### 4.1.1 Evaluación y análisis del cuestionario de diagnóstico e ideas previas

La tabla 4.1 muestra la recopilación de nueve años en los que se aplicó y evaluó el cuestionario de diagnóstico, identificando el grado de conocimientos que presentan los alumnos de acerca del tema de las reacciones químicas, prerrequisito necesario para abordar la unidad de cinética química, así como, las ideas previas que tienen en torno de dicho tema.

Se puede observar que un porcentaje muy bajo de alumnos, aproximadamente 6%, tienen los conocimientos suficientes para abordar el tema citado, sin que sea imprescindible incluir un capítulo de antecedentes.

También se identifica, que un porcentaje importante de alumnos, alrededor del 60%, requieren de una introducción para recuperar los conocimientos mínimos para cursar con mayores probabilidades de éxito el nuevo tema.

Por otro lado, un porcentaje considerable de estudiantes, poco más del 30%, presentan un nivel bajo de conocimientos previos, que requerirán mayor atención y apoyo para seguir avanzando en la asignatura.

Los datos sombreados en la tabla corresponden a los años en los que se contó con la colaboración del profesor Fabián Villavicencio y la participación de sus alumnos en el estudio, por lo que se observa en la información reportada un número mayor de alumnos.

Es importante mencionar que la participación del profesor Fabián Villavicencio se limitó en aplicar a sus alumnos dicho cuestionario, sin evaluarlo o prestar atención a los resultados.

La tabla 4.1 muestra los datos de la evaluación del cuestionario de diagnóstico e ideas previas, reportando la suma total de aciertos obtenidos por todos los alumnos a los que se les aplicó dicho instrumento.

No se consideró necesario reportar por separado los grupos en los que se implementó la propuesta didáctica, de los que siguieron una enseñanza tradicional, debido que la aplicación del cuestionario se realizó antes de la instrucción en cinética química.

Es importante mencionar que la institución realizaba la conformación de los grupos de manera uniforme y equitativa tomando como referencia el promedio e historial académico de los estudiantes.

Tabla 4.1

| Resultados de la evaluación del “cuestionario de diagnóstico e ideas previas” |               |              |  |                   |               |
|---|---------------|--------------|--|-------------------|---------------|
| Datos: año, número de alumnos y número de grupos                              |               |              | Suma total de aciertos obtenidos en el cuestionario de diagnóstico |                   |               |
| Año   | Nº de alumnos | Nº de grupos | Puntos obtenidos   | Número de alumnos | Evaluación    |
| 2004  | 40            | 1            | 15   | 5                 | Brillante     |
| 2005  | 27            | 1            | 14   | 7                 |               |
| 2006  | 25            | 1            | 13   | 13                | Admirable     |
| 2007  | 75            | 3            | 12   | 16                |               |
| 2008  | 170           | 6            | 11   | 25                | Sobresaliente |
| 2009  | 31            | 1            | 10   | 34                |               |
| 2010  | 24            | 1            | 9  | 71                | Aceptable     |
| 2011  | 118           | 4            | 8  | 51                |               |
| 2012  | 120           | 5            | 7  | 84                | Suficiente    |
| <b>Total</b>  | <b>630</b>    | <b>23</b>    | <b>6</b>   | <b>97</b>         |               |
|   |               |              | 5  | 96                | Deficiente    |
|   |               |              | 4  | 45                |               |
|   |               |              | 3  | 37                |               |
|   |               |              | 2  | 26                |               |
|   |               |              | 1  | 10                |               |
|   |               |              | 0  | 13                |               |
|   |               |              |  | <b>630</b>        |               |

## 4.2 Selección de conceptos y habilidades básicas de la cinética química

Después de efectuar una extensa revisión de diversos planes y programas de estudio de las asignaturas de química para el bachillerato, así como, de diferentes propuestas didácticas dirigidas a la enseñanza de la cinética química en el nivel medio superior, señalados en la siguientes referencias: (OBI 2009), (DGENP, 2011), (CCH, 2012), (DGB, 2012), (IPN, 2011), (Química, Educar Chile, 2000), (DFQ I.E.S., 2007), (Sánchez, et al., 2002b), se realizó una selección de los conceptos y habilidades básicas que deben aprender los estudiantes de bachillerato en un curso introductorio del tema de nuestro interés, que se incluyen en las tablas 4.2a y 4.2b.

Tabla 4.2a

| Conceptos básicos (saber decir) de la cinética química  |   |   |
|---|---|---|
| Macro (hechos)  | Micro (modelos)   | Simbólico (lenguaje)  |
| <p>Variables para servir para identificar los cambios en las reacciones químicas con el tiempo:</p> <p>Masa, volumen, temperatura, presión, tiempo</p>  | <p>Rapidez de reacción</p>  | <p><math>V_r = \text{Rapidez de reacción}</math></p>  |
| <p>Factores que influyen en la rapidez de reacción:</p> <p>Concentración, temperatura, naturaleza de los reactivos (estado de agregación), superficie de contacto (tamaño de partícula) y catalizador</p> | <p>Modelo del cambio químico, choques elásticos, colisiones efectivas, energía de activación, intermediario</p> | <p><math>M = \text{mol} / L</math></p> <p><math>E_a</math></p> <p><math>E_a'</math></p> <p><math>E_a \geq E_a'</math></p> |
| <p>Comportamiento de la rapidez de reacción, a partir de datos experimentales</p>   | <p>Modelos de orden de reacción</p>   | <p>Ecuación de rapidez de reacción</p>  |



Tabla 4.2b

| <b>Habilidades básicas (saber hacer) de la cinética química</b>  |  |  |
|--|--|--|
| <b>Macro (hechos)</b>  | <b>Micro (modelos)</b>   | <b>Simbólico (lenguaje)</b>  |
| Reconocer una reacción química, así como, la rapidez con la que ocurre, clasificarlas como: instantáneas, rápidas, lentas y muy lentas   | Explicar la rapidez de reacción  | <p>Escribir la fórmula de rapidez de reacción</p> <p>Escribir la ley de rapidez de reacción</p>  |
| Identificar los factores que influyen en la rapidez de reacción: Concentración, temperatura, superficie de contacto (tamaño de partícula) y catalizador.   | Explicar vía choques entre partículas o colisiones efectivas (Teoría de las colisiones), la formación de un intermediario así como, la intervención de la energía de activación y posición adecuada para su formación. | <p>Trazar las gráficas de cambio de energía en función del avance de reacción:</p> <p>a) Sin catalizador</p> <p>b) Con catalizador positivo (catalizador)</p> <p>c) Con catalizador negativo (conservador ,inhibidor)</p>  |
| Proponer experimentos sencillos, experiencias de cátedra, prácticas de laboratorio o experimentos caseros, etc. para identificar la rapidez con la que ocurre una reacción química, modificando variables fácilmente observables y cuantificables como: Temperatura, masa, volumen, adición de catalizadores | Explicar mediante simulaciones de computadora (interactivas), la rapidez reacción y las variables que intervienen, como: Temperatura, masa, volumen, acción de catalizadores   | <p>Determinar las ecuaciones de rapidez de reacción, a partir del trazado de gráficas de:</p> <p>a) Cambios de masa, volumen o presión en función del tiempo</p> $V_r = \frac{\Delta m}{\Delta t} = \frac{m_2 - m_1}{t_2 - t_1}$ <p>b) Rapidez de reacción en función de la concentración de un reactivo</p> $V_r = k [A]^x [B]^y$ |

#### 4.3 Propuesta de secuencia didáctica para introducir los alumnos de bachillerato en el estudio de la cinética química

El plan de estudios del Bachillerato Internacional de la Escuela Bancaria y Comercial (EBC), toma como referencia las guías de estudio de la Organización del Bachillerato Internacional (OBI).

El curso de química de la EBC, se imparte en dos semestres, durante el primer año del bachillerato y comprende las siguientes unidades:

Química I: Materia y energía, teoría atómica, periodicidad, enlaces y reacciones químicas

Química II: Cinética química, equilibrio químico, ácido-base y química orgánica.

La unidad de cinética química del programa de química de la EBC está ubicada en la primera unidad del curso de Química II, originalmente reproducía integralmente el contenido conceptual de la unidad seis de los temas troncales de la guía de química del programa del diploma de la OBI.

La propuesta didáctica desarrollada en este proyecto de tesis de investigación educativa se fue implementando gradualmente a partir del año 2006, primero diseñando una planeación didáctica que permitió introducir paulatinamente las estrategias enseñanza. Posteriormente se presentó como un proyecto de actualización del programa de estudios en el año 2010 al departamento de diseño curricular de la EBC, siguiendo los lineamientos establecidos para evaluar las guías de estudio y productos académicos con el fin de realizar mejoras y actualización de los cursos vigentes, la cual fue aceptada y aplicada oficialmente a partir de agosto de 2010.

Se presenta a continuación en la tabla 4.3, el contenido conceptual de "la propuesta didáctica para introducir a los alumnos de bachillerato en el estudio de la cinética química", que comprende una duración de dieciséis horas, impartidas en un periodo de cuatro semanas. Cuatro horas dedicadas a la introducción, durante una semana y doce horas impartidas a lo largo de tres semanas para abordar los conceptos de cinética química. Se incluyen, los aprendizajes esperados, estrategias de enseñanza, recursos implementados y recomendaciones didácticas. Se desarrollo una propuesta innovadora de acuerdo con la didáctica actual de la disciplina y dentro del contexto de la investigación educativa de la asignatura de química en el nivel medio superior, en general, y de la cinética química para el bachillerato en particular.

El desarrollo de las sesiones de enseñanza considera:

Los conocimientos previos que los alumnos deben conocer para abordar el tema de cinética química, la selección de conceptos fundamentales y habilidades básicas, la secuencia con la que se presentan de los conceptos, abordándolos de manera sencilla pasando de lo más elemental a lo

más complejo, de las observaciones macroscópicas, a los modelos y a las explicaciones microscópicas, para llegar finalmente a su representación simbólica, de acuerdo con la didáctica actual de la disciplina y el lenguaje propio de la asignatura, la profundidad adecuada en función con los objetivos de la unidad, la contextualización de los conceptos relacionándolos con el entorno cercano de los estudiantes de modo que les permita vincular la cinética química con la vida cotidiana, buscando fomentar el aprendizaje significativo.

Además de prestarle atención especial a las innovaciones didácticas realizadas por la investigación educativa en cinética química en años recientes, encontradas en nuestra revisión bibliográfica.

Es importante mencionar que la propuesta de incluir una introducción o antecedentes en la secuencia didáctica, está fundamentada en los resultados del cuestionario de diagnóstico que pone en evidencia la necesidad de homologar los conocimientos del grupo, así mismo, tiene como argumento la secuencia y contenido de las asignaturas de Química I y II del plan de estudios de la EBC, el cual no contempla el tema de disoluciones o sistemas dispersos, que consideramos básico tanto para la unidad de cinética química, así como, para los temas siguientes. Dejamos a criterio del profesor y los tiempos asignados para la asignatura la inclusión o no de dicho subtema.

Tabla 4.3

| <b>Desarrollo de las sesiones</b>                                       |  |  |
|---|--|--|
| <b>1.0 Cinética Química</b>   |  |  |
| <b>Contenido</b>  | <b>Aprendizajes esperados</b>  | <b>Estrategias didácticas</b>  |
| <p><b>1.1 Antecedentes</b></p> <p>1.1.1 Cuestionario de diagnóstico</p> | <p>Los alumnos lograrán recuperar los prerrequisitos necesarios: Cambios físicos y químicos; reacciones químicas y su rapidez; se buscará identificar las ideas previas que los estudiantes tienen acerca de los conceptos básicos de cinética (rapidez, colisión, catalizador).</p> | <p>Sesión # 1:</p> <p>El profesor aplicará el cuestionario de diagnóstico e ideas previas, que incluye los prerrequisitos: Cambios físicos y químicos; reacciones químicas y su rapidez, los alumnos podrán identificar que existen reacciones instantáneas, rápidas, lentas y muy lentas, además, reconocerán las ideas previas que tienen sobre los conceptos básicos de cinética química (rapidez, colisión, catalizador).</p> <p>Para finalizar la sesión, iniciará una discusión grupal propiciando una lluvia de ideas hasta alcanzar la solución del cuestionario de manera colectiva.</p>  |
| <p>1.1.2 Cambios físicos y químicos</p>                                 | <p>Podrán reconocer y diferenciar los cambios físicos y químicos.</p>  | <p>Sesión # 2:</p> <p>El profesor iniciará una lluvia de ideas favoreciendo que los alumnos recuperen los conocimientos con respecto al tema de los cambios físicos y químicos, induciéndolos para hagan referencia a diversos fenómenos con los que están muy familiarizados, de modo que ellos podrán reconocer, por un lado, los cambios físicos, como son: Evaporación, fusión, solidificación, fragmentación, pulverización, disolución, métodos de separación de mezclas, entre otros.</p> <p>Identificarán que durante los cambios físicos no cambia la composición de las sustancias y en general son fácilmente reversibles, por otro lado, propondrán ejemplos cotidianos de cambios químicos, como: digestión, cocción, respiración, fotosíntesis, combustión, oxidación de</p> |
| <p>1.1.3 Ecuaciones químicas</p>  | <p>Emplearán la simbología de las reacciones químicas. Deberán ser capaces de balancear las ecuaciones químicas.</p>   | <p>Identificarán que durante los cambios físicos no cambia la composición de las sustancias y en general son fácilmente reversibles, por otro lado, propondrán ejemplos cotidianos de cambios químicos, como: digestión, cocción, respiración, fotosíntesis, combustión, oxidación de</p>  |

|  |  |   |
|--|--|---|
|  |  | <p>metales, fermentación, descomposición, entre los más conocidos, haciendo énfasis en el hecho de que en los cambios químicos se obtiene una nueva sustancia que no existía anteriormente, además de ser un cambio difícilmente reversible.</p> <p>Identificarán con ejemplos sencillos, una reacción química planteándola en sus diversas expresiones, iniciando con su forma más simple, con palabras, hasta llegar a su expresión más compleja, empleando las fórmulas químicas de las sustancias, reconociendo todos sus elementos, como son: reactivos, condiciones de reacción, cambio químico y productos, concluyendo con el balanceo hasta obtener la ecuación química.</p> |
| 1.1.4<br>Mezclas homogéneas y heterogéneas | Clasificarán las mezclas como homogéneas y heterogéneas.                                       | <p>Sesión # 3:</p> <p>Los estudiantes recuperarán el concepto de mezclas homogéneas y heterogéneas. El profesor introducirá el concepto de disolución retomando experiencias cotidianas, como por ejemplo, la preparación de bebidas, recuperando paulatinamente los términos soluto, disolvente, disolución y concentración (cucharadas/vaso; g/L; g/mL; porcentaje)</p>   |
| 1.1.4.1<br>Disoluciones                    | Identificarán a las disoluciones como mezclas homogéneas, podrán describir sus características | <p>Posteriormente, abordaremos el tema de unidades de concentración utilizando información conocida por los estudiantes, haciendo referencia a ciertos productos comerciales que contienen estos datos, por ejemplo, suero al 5%, cerveza al 6%, peróxido al 20%, vinagre al 5%, entre otros.</p>   |
| 1.1.5<br>Unidades de concentración         | Conocerán las formas más empleadas para expresar la concentración de las disoluciones.         | <p>Sesión # 4:</p> <p>Revisaremos el concepto de cantidad de sustancia y su unidad el mol, para finalmente abordar el tema de molaridad, como la principal forma de determinar la concentración de una sustancia.</p>   |
| 1.1.5.1<br>Molaridad                       | Identificarán a la molaridad como la unidad de concentración más                               |   |

|   |   |   |
|---|---|---|
|   | empleada en química.  |   |
| <b>1.2</b><br><b>Rapidez de reacción</b>              | Los alumnos mediante la percepción del fenómeno lograrán describir qué ocurre.  | <b>Sesión # 5:</b><br>El profesor iniciará una discusión grupal en torno a las reacciones químicas con el objetivo de enganchar a los alumnos hacia la propuesta de una actividad experimental que logre despertar su interés y facilite la observación de los indicativos que nos señalan el desarrollo de un cambio químico (cambios de estado, cambios de color y cambios de temperatura) y la manipulación de la principales variables de las reacciones químicas (masa, volumen, temperatura y presión), además debe permitir realizar mediciones de tiempo durante su desarrollo, de modo que aporten diversos ejemplos con los que estén muy familiarizados, induciéndolos hasta que propongan la reacción del Alka-Seltzer en agua, entonces realizaremos el experimento y percibiremos el proceso, surgiendo las siguientes preguntas:<br>¿Qué ocurre?, ¿Qué cambios percibes?, ¡Tócalo!, ¿Cuál es la reacción? ¿Puedes determinar los reactivos y productos?, ¡Escribe la reacción!, ¡Balancéala! ¿Qué se puede medir?, ¿Qué técnicas de medición emplearías? |
| 1.2.1<br>Estudio experimental de una reacción química | Podrán establecer cuál es la reacción y determinar los reactivos y productos. Identificarán qué variables son factibles de medir a las reacciones químicas, así como, proponer y diseñar técnicas de medición. Medirán los cambios de la masa en función del tiempo de algunas reacciones químicas. Recopilarán datos experimentales en tablas para su análisis. Construirán gráficas de masa en función del tiempo y realizarán su análisis. Lograrán proponer | Los alumnos con el docente como guía deberán expresar sus ideas para dar respuesta a estas interrogantes.<br><br><b>Sesión # 6:</b><br>Recuperemos los avances de la sesión anterior en la que se propuso la reacción de Alka-Seltzer en agua, de modo que con el apoyo del profesor los alumnos aportarán sus ideas para diseñar el experimento de modo que sea factible realizar mediciones de la masa en función del tiempo. Los estudiantes registrarán los datos obtenidos experimentalmente en tablas para su análisis y los emplearán para construir la gráfica de masa en función del tiempo y realizarán su interpretación.<br>El profesor conducirá a los alumnos para que consigan   |

|   |   |   |
|---|---|---|
|   | <p>una definición preliminar u operativa de rapidez de reacción.</p> <p>Propondrán experimentos modificando las condiciones de reacción.</p>  | <p>proponer una definición preliminar u operativa de rapidez de reacción.</p>   |
| <p>1.2.2<br/>Cálculo de la rapidez de reacción.</p> | <p>Identificarán que la rapidez de reacción disminuye conforme avanza la reacción.</p> <p>Calcularán la rapidez en diferentes etapas del cambio químico: Al inicio, en la parte media y al final del proceso.</p> <p>Lograrán expresar una definición formal de rapidez en función de propiedades simples de medir.</p> <p>Determinarán los cambios de la rapidez al modificar las principales variables de las reacciones químicas: masa, temperatura y volumen.</p> | <p>Sesión # 7:</p> <p>Retomaremos los datos de la sesión anterior y partir de la gráfica, calcularemos la rapidez de reacción en diferentes etapas de su desarrollo. Con la dirección del docente los alumnos expresarán sus ideas para lograr construir un modelo que explique microscópicamente que ocurre durante el avance de una reacción química. El profesor conducirá a los estudiantes a establecer una definición formal de rapidez en función de propiedades simples de medir, como la masa.</p> <p>A continuación el docente dirigirá a los alumnos de modo que aporten ideas que les permitan modificar las condiciones de reacción:</p> <p>Temperatura, volumen, tamaño de partícula y concentración. Realizarán mediciones de la masa en función del tiempo para cada uno de las diferentes propuestas, registrarán los datos en tablas y los analizarán.</p> <p>Sesión # 8:</p> <p>Los alumnos con la conducción del docente construirán gráficas de masa en función del tiempo para cada uno de los experimentos realizados, los analizarán y finalmente identificarán a partir de los datos experimentales, el comportamiento de la rapidez de reacción al modificar cada una de las variables.</p> |

|   |   |  |
|---|---|--|
|   |   | <p>Sesión # 9:<br/>Práctica # 1</p> <p>“Rapidez de las reacciones químicas I”</p> <p>Objetivos, el alumno: Reconocerá las principales variables que caracterizan a las reacciones químicas; Comprobará que la concentración y temperatura son los factores más importantes que modifican la rapidez de reacción; Verificará el comportamiento de la rapidez al variar la concentración de un reactivo; Determinará la influencia de un catalizador en la rapidez de una reacción; Analizará cómo afecta el tamaño de partícula a la rapidez de reacción en las reacciones donde intervienen sustancias sólidas; Identificará que la rapidez de reacción disminuye conforme avanza la reacción.</p> <p>Experimentalmente mediremos de manera indirecta, la rapidez con la que se produce hidrógeno al reaccionar magnesio con ácido clorhídrico. El protocolo de la práctica I se incluye en el anexo III</p> |
| <p><b>1.3 Teoría de las colisiones</b></p> <p>1.3.1 Colisión efectiva y no efectiva</p> | <p>Reconocerán que las reacciones químicas inician con una colisión entre partículas.</p> | <p>Sesión # 10:</p> <p>El profesor impartirá las sesiones teóricas en forma de clase expositiva acerca del tema de la teoría de las colisiones, empleando recursos audiovisuales. Los estudiantes ahora deben construir modelos explicativos para la rapidez de reacción, las partículas que constituyen a los reactivos, deben de colisionar en una posición espacial específica y con la suficiente energía (energía de activación) para provocar la ruptura de enlaces y la formación de nuevos enlaces (colisión efectiva), algunas</p>  |
| <p>1.3.2 Energía de activación</p>  | <p>Identificarán que las reacciones requieren una energía mínima para que sucedan</p>     |  |



|   |   |  |
|---|---|--|
| 1.3.2.1<br>Intermediario  | Reconocerán la formación de una especie transitoria durante la transformación de reactivos en productos.  | colisiones entre partículas son elásticas y no conducen a una reacción química (colisión no efectiva). Identificarán la formación de una especie transitoria (Intermediario). Se recomienda utilizar como herramienta didáctica las simulaciones de computadora (Vaquero, 2008), (FIDO, 2013).   |
| 1.3.2.2<br>Gráficas del cambio de energía potencial en función del avance de reacción | Representarán una gráfica que muestre los cambios de energía de las reacciones químicas conforme avanza la reacción, identificando las etapas incluyendo la representación de la energía de activación. | Sesión # 11:<br>El profesor expondrá la clase empleando material audiovisual, que permitirá a los alumnos reconocer en forma gráfica, las etapas de una reacción (reactivos, intermediario, productos), así como, sus cambios de energía que ocurren durante su desarrollo, representando gráficamente la energía de activación.<br>Formularán modelos que expliquen a nivel microscópico los resultados observados en los experimentos sobre la influencia de la temperatura, concentración y naturaleza de los reactivos, en la rapidez de reacción, el profesor apoyará sus deducciones utilizando simulaciones de computadora (Vaquero, 2008), (FIDO, 2013). |
| 1.3.3<br>Factores que modifican la rapidez de reacción                                | Reconocerán las variables que modifican la rapidez de las reacciones químicas.  |  |
| 1.3.3.1<br>Temperatura  | Identificarán que al aumentar la temperatura se incrementa la energía cinética de las partículas y la probabilidad de colisiones.   |  |
| 1.3.3.2<br>Concentración  | Comprobarán que el aumento en el número de partículas   |  |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | incrementa la probabilidad de colisiones.  |  |
| 1.3.3.3<br>Naturaleza de los reactivos | Identificarán que el estado de agregación de los reactivos influye en la rapidez. Lograrán reconocer que el grado de división de los sólidos, en el caso de las reacciones heterogéneas, es un factor que modifica la rapidez. |  |
| 1.3.3.4<br>Catalizador                 | Reconocerán que los catalizadores participan en la formación del intermediario de reacción, modificando la forma en la que ocurre una reacción química.  | <p style="text-align: center;"><b>Sesión # 12: Catalizadores</b></p> <p>El profesor expondrá la clase empleando material audiovisual. Los alumnos reconocerán los cambios de energía potencial en función del avance de reacción para una reacción bajo tres condiciones distintas (sin catalizador, con catalizador positivo “<i>catalizador</i>” y con catalizador negativo “<i>conservador, inhibidor, antioxidante</i>”), y realizarán su representación gráfica. Identificarán que los catalizadores participan en la formación del intermediario de reacción modificando la energía de activación, de modo que la reacción ocurre de un modo o “camino”, diferente como ejemplo de una explicación de la acción de un catalizador se sugiere utilizar las simulaciones: (CERG, 2008); (ADILAC, 2013); (PDA, 2013); (Morcillo Ortega, J. G. 2013)</p> |

|  |   |  |
|--|---|--|
| <p><b>1.4 Ecuaciones de rapidez de reacción</b></p> <p>1.4.1 Gráficas de rapidez de reacción en función de la concentración</p> <p>1.4.1.1 Comportamiento de la rapidez de reacción en función de la concentración</p> | <p>Determinarán la rapidez inicial realizando varios experimentos a diversas concentraciones, los alumnos deben saber que es más conveniente medir únicamente la rapidez inicial.</p> | <p>Sesión # 13:<br/>Práctica # 2</p> <p>“Rapidez de las reacciones químicas II”</p> <p>Objetivos, el alumno: Medirá la rapidez de una reacción en la que se forma un coloide. Verificará que la rapidez de reacción puede depender en forma diferente de la concentración de cada reactivo. Ilustrará el método de obtención de una gráfica estándar y utilizará esta para encontrar la concentración desconocida de una solución. Mediremos experimentalmente la formación de azufre coloidal, a partir, de la descomposición del ión tiosulfato en medio ácido. Determinando el tiempo que tarda en enturbiarse un volumen constante de solución, variando en primera serie la concentración de la solución de tiosulfato y en la segunda la solución de ácido clorhídrico. El protocolo de la práctica II se incluye en el anexo IV.</p> <p>Sesión # 14:</p> <p>Los alumnos podrán a partir de datos de rapidez de reacción en función de la concentración, construir gráficas que les permitan determinar el comportamiento de la rapidez de reacción, deben describir la tendencia que muestra la gráfica e interpretarlo como el comportamiento de la velocidad de reacción:</p> |
| <p>1.4.1.2 Obtención de una expresión matemática que represente el comportamiento de la rapidez.</p>   | <p>Graficarán la rapidez en función de la concentración de los reactivos para determinar el comportamiento de la rapidez al variar la concentración de los reactivos.</p>             | <p>a) La rapidez de reacción es directamente proporcional a la concentración del reactivo.</p> <p>b) La rapidez de reacción permanece constante y es independiente de la concentración del reactivo.</p> <p>El docente podrá apoyarlos para expresar dicho comportamiento en una expresión matemática sin ser necesario para un curso introductorio de cinética, que los alumnos conozcan los términos, ecuación de rapidez, ley de velocidad y orden de reacción.</p>   |

|  |  |   |
|--|--|---|
|  |  | <p style="text-align: center;">Sesión # 15:</p> <p>Como actividad grupal, realizaremos la evaluación de la unidad, con una discusión sobre los conceptos aprendidos, seleccionando algunas de las siguientes actividades, experimentales conduciendo a los estudiantes hasta que logren explicar y justificar los resultados.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Agregar con una espátula aproximadamente la misma cantidad de bicarbonato de sodio en cinco tubos de ensayo con diluciones sucesivas a partir de una disolución concentrada de ácido clorhídrico.</li> <li>• Exponer a la llama del mechero un terrón de azúcar sin ceniza y con ceniza, (IES, 2010).</li> <li>• Obtención de yoduro de zinc, a partir de yodo, hierro y agua, (Vaquero, 2008).</li> <li>• Descomposición del peróxido de hidrógeno por acción de la enzima catalasa, (Ayala, 2005).</li> <li>• Desnaturalización de las proteínas de la leche por la acción del jugo de limón, (González Mañas, 2013).</li> <li>• La acción antioxidante del jugo de limón sobre de algunas frutas y verduras, (Química recreativa, 2013).</li> <li>• Oxidación de hierro con oxígeno atmosférico exponiéndolo a la llama del mechero, empleando diferentes formas del metal, como son: una varilla, clavos de varios tamaños, fibras para lavar trastes de distinto grosor de malla y granalla de hierro.</li> <li>• La combustión de etanol en diferentes grados de dispersión: en una corcholata, en un envase de plástico de 5L y en un garrafón de 20L.</li> </ul> <p style="text-align: center;">Sesión # 16:</p> <p>Evaluación: En esta última sesión se sugiere aplicar el cuestionario de evaluación formativa se puede recurrir a diversas estrategias, resolverlo en forma individual o en equipo fortaleciendo el trabajo colaborativo.</p> |
|--|--|---|

#### 4.4 Datos experimentales de rapidez de reacción

La parte medular consistió en implementar en esencia la propuesta de secuencia didáctica, cuyos principios fundamentales se basaron en involucrar a los alumnos en la propuesta, diseño y manipulación de los experimentos, en la cual se consideraron situaciones de la vida diaria que ocurren en el entorno cercano de los jóvenes, de modo que lograron captar su interés, cubriendo sus inquietudes y necesidades, que les permitieron efectuar percepciones macroscópicas de los fenómenos, de manera que pudieron obtener y analizar los datos experimentales, llevándolos a la formulación de razonamientos simples y por ende a la propuesta de modelos explicativos sencillos, permitiéndoles, en segunda instancia, con un análisis más profundo, conducirlos hacia la formulación de definiciones y expresiones matemáticas elementales, que explicaron los fenómenos observados.

Las sesiones de enseñanza se iniciaron propiciando una lluvia de ideas, con el profesor en el rol de moderador, buscando enganchar a los estudiantes hasta que propusieron la reacción de Alka-Seltzer en agua, conocida por los alumnos como efervescencia, como una reacción factible de llevarse a cabo por su simplicidad y disponibilidad de los reactivos (bajo costo, nula toxicidad, no produce desechos de difícil manejo), considerando también, que es un fenómeno que han observado frecuentemente, además, se encuentra insertado en un contexto cotidiano, el uso de medicamentos.

A continuación se procedió a la realización de la reacción de la misma forma en que los estudiantes la conocen, agregando agua a un vaso desechable al que se le adiciona posteriormente una pastilla del antiácido.

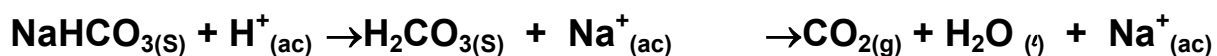
Se condujo a los alumnos de modo que reconocieron los indicativos que señalan el desarrollo de un cambio químico, siendo los más destacados: Los cambios de color, cambios de estado, cambios de temperatura y los cambios de masa, así como, las variables que son factibles de medir durante el desarrollo de la reacción (masa, volumen, temperatura, tiempo).

Se fomentó la participación de los estudiantes introduciendo gradualmente los conceptos de manera que pudieron aportar en el diseño de los experimentos, ¿Cuál es la composición del gas que se desprende?, ¿Cuál es la reacción química que está ocurriendo?, ¿Qué medir?, ¿Qué instrumentos utilizar?, ¿Qué variables se pueden relacionar?, ¿Cómo obtener y registrar los datos experimentales?

Sus primeras suposiciones son, el gas que se desprende puede ser oxígeno, tal vez hidrógeno o posiblemente dióxido de carbono. Para plantear la reacción se requirió de observaciones más

detalladas con el apoyo del docente, consistiendo en identificar a los reactivos a partir de los datos a su alcance, como son, los datos del producto en el empaque que indican la fórmula de la pastilla efervescente que contiene como principales componentes, bicarbonato de sodio, una sustancia con propiedades básicas y ácido cítrico, un compuesto con propiedades ácidas, como sustancias activas, permitiendo establecer los reactivos y entonces proponer los posibles productos de la reacción. Retomando conceptos básicos con fundamentos químicos, como son, electronegatividad y número de oxidación más común, los alumnos pudieron reconocer que el único gas factible que se puede formar es dióxido de carbono.

Con la información anterior se pudo identificar que a los estudiantes les resultó complicado plantear la efervescencia como una reacción ácido-base, debido a que, rebasó los objetivos del experimento. Información adicional acerca de la reacción de Alka-selzer en agua, se incluye en el anexo V. Por otro lado, los antecedentes de los estudiantes no les permitieron analizar con tanto detalle la reacción efectuada, de modo que se debió simplificar el proceso, mencionando simplemente con el apoyo de los conocimientos que tenían los alumnos sobre las reacciones químicas, logramos plantearla como una reacción ácido-base de forma simplificada, de la siguiente manera:



A continuación se tomaron en cuenta sus primeras propuestas, a partir de la observación la efervescencia, que mencionaron inicialmente: Pesa la masa de la pastilla; mide el volumen de agua y su temperatura.

El procedimiento experimental consistió en medir previamente la masa una pastilla de Alka-Seltzer determinando su masa inicial de 3.3g, posteriormente se colocó sobre la balanza electrónica apagada un vaso desechable al que se le adicionó un volumen aproximado de 50mL de agua, a continuación se encendió el instrumento, observando que el panel marca 0.0g, los estudiantes reconocieron la precisión de la balanza era de decimas de gramo. El primer experimento se realizó a temperatura ambiente (20°C), agregando una pastilla de Alka-Seltzer, en el momento que se puso en marcha cronómetro, al ocurrir la efervescencia se desprendió dióxido de carbono por lo que la masa inicial de 3.3g fue disminuyendo paulatinamente, registrándose el tiempo (en segundos) que tardó en disminuir la masa en intervalos de 0.1g de acuerdo con la precisión de la balanza.

En la tabla 4.4 aparecen los datos experimentales de un grupo modelo con disposición, actitud y aptitudes para el estudio de las ciencias, que les permitió desarrollar habilidades experimentales,

por lo que los datos obtenidos superan al promedio de los valores registrados por todos los demás grupos, sin mostrar dispersiones importantes, que son muy comunes en alumnos con poca pericia o debido a los errores experimentales que se presentan con frecuencia.

La figura 4.1 muestra el equipo y reactivos utilizados durante el desarrollo experimental de esta propuesta didáctica para la recopilación de datos experimentales

Figura 4.1 Equipo para determinar experimentalmente la rapidez (montaje del autor).

Tabla 4.4 Resultados experimentales de rapidez para la reacción de Alka-Seltzer en agua.

| Valores x<br>Experimento # | Valores de y<br>masa (g) |                     |                    |   |                             |
|----------------------------|--------------------------|---------------------|--------------------|---|-----------------------------|
|                            | 1                        | 2                   | 3                  | 4   | 5                           |
| Variables                  | Temperatura<br>amb. 20°C | Temperatura<br>50°C | Temperatura<br>5°C | Temperatura amb./<br>Alka-Selzer en polvo | Temperatura<br>amb./vinagre |
| 0                          | 3.3                      | 3.3                 | 3.3                | 3.3                                       | 3.3                         |
| 2                          |                          | 3.2                 |                    |   | 3.2                         |
| 3                          |                          |                     |                    | 3.2                                       |                             |
| 5                          | 3.2                      | 3.1                 |                    |   |                             |
| 6                          |                          |                     | 3.2                | 3.1                                       |                             |
| 7                          |                          | 3.0                 |                    |   | 3.1                         |
| 9                          |                          | 2.9                 |                    |   |                             |
| 10                         |                          | 2.8                 |                    |   |                             |
| 12                         |                          | 2.7                 |                    |   |                             |
| 13                         |                          |                     |                    | 3.0                                       |                             |
| 14                         |                          |                     |                    |   | 3.0                         |
| 15                         |                          | 2.6                 |                    |   |                             |
| 18                         | 3.1                      |                     |                    |   |                             |
| 22                         |                          |                     |                    |   | 2.9                         |
| 27                         |                          |                     |                    |   | 2.8                         |
| 31                         | 3.0                      |                     |                    |   | 2.7                         |
| 32                         |                          |                     |                    | 2.9                                       |                             |
| 33                         |                          |                     | 3.1                |   |                             |
| 37                         |                          |                     |                    |   | 2.6                         |
| 44                         |                          |                     |                    |   | 2.5                         |
| 45                         | 2.9                      |                     |                    |   |                             |
| 47                         |                          | 2.5                 |                    |   |                             |
| 61                         |                          |                     |                    | 2.8                                       |                             |
| 66                         |                          |                     | 3.0                |   |                             |
| 67                         |                          |                     |                    |   | 2.4                         |
| 88                         | 2.8                      |                     |                    |   |                             |
| 94                         |                          |                     | 2.9                |   |                             |
| 110                        |                          | 2.4                 |                    |   |                             |
| 114                        |                          |                     |                    |   | 2.3                         |
| 153                        |                          |                     |                    | 2.7                                       |                             |
| 166                        |                          |                     | 2.8                |   |                             |
| 177                        | 2.7                      |                     |                    |   |                             |
| 181                        |                          | 2.3                 |                    |   |                             |
| 255                        |                          |                     |                    | 2.6                                       |                             |
| 282                        |                          |                     |                    |   | 2.2                         |
| 333                        |                          |                     | 2.7                |   |                             |
| 350                        | 2.6                      |                     |                    |   |                             |



#### 4.4.1 Análisis de los datos experimentales y construcción de la gráfica de rapidez de reacción

La primera serie de datos (experimento 1), aparecen sombreados dos primeras columnas de la tabla 4.4, que relaciona los cambios de masa en función del tiempo, de la pastilla de Alka-Seltzer al producirse la efervescencia en agua, que les permitió a los alumnos identificar, en primera instancia, el concepto de rapidez, que pudieron expresar inicialmente, en este caso, como:

“La disminución de la masa del Alka-Seltzer conforme avanza la reacción”.

A partir del análisis de los datos experimentales de rapidez para la reacción de Alka-Seltzer en agua, se les pidió a los estudiantes que aportaran sugerencias acerca de una mejor herramienta para interpretar los datos experimentales, así como, identificar las variables que se pudieran relacionar. Lográndose a partir de sus sugerencias, empleando los mismos datos experimentales analizados con anterioridad, la construcción de la gráfica que se muestra en la figura 4.2, su posterior descripción, les permitió a los alumnos acercarse a una definición más adecuada de rapidez de reacción, que expresaron con sus propias palabras de la siguiente manera:

“La rapidez de reacción se puede identificar como la disminución de la masa reactivos conforme avanza la reacción”.

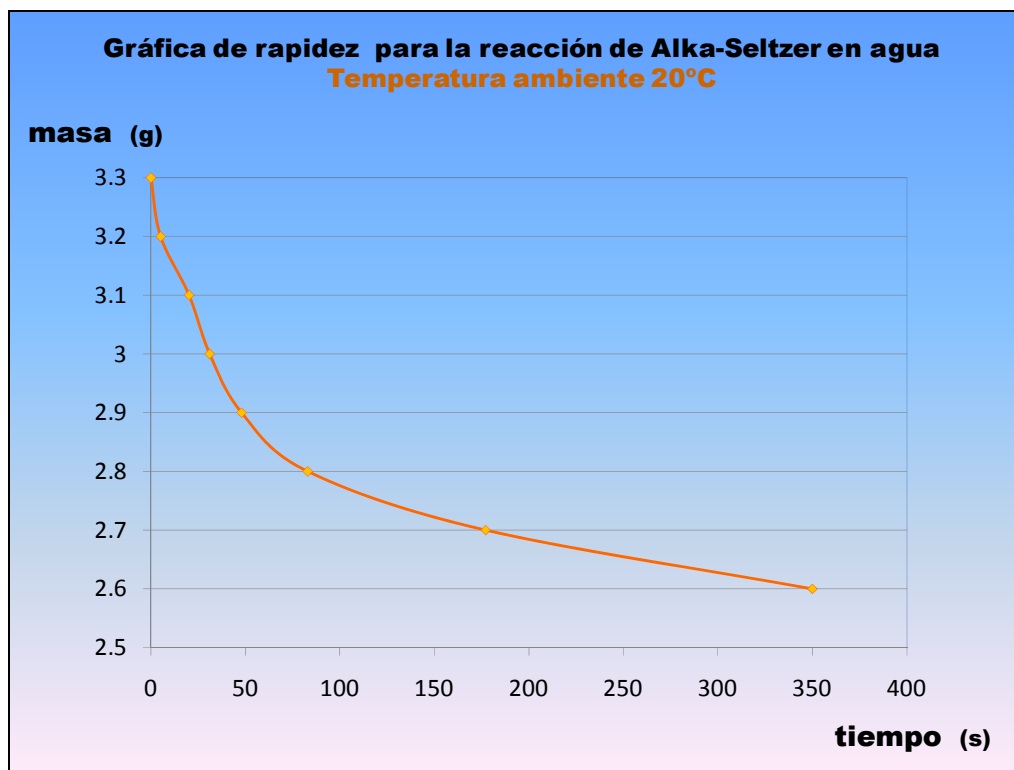


Figura 4.2 Gráfica de rapidez para la reacción de Alka-Seltzer y agua construida con los datos experimentales de la tabla 4.4

#### 4.4.2 Construcción y análisis de la gráfica de rapidez en función de las variables que la modifican

Después de determinar la rapidez de reacción a temperatura ambiente, realizar el análisis de los datos experimentales y su interpretación gráfica, se les pidió a los estudiantes que sugirieran las posibles variables que pudieran modificar la rapidez de reacción. A partir las sugerencias mencionadas por los alumnos, como fueron, ¡usemos agua caliente! ¡Hay que emplear agua fría! ¡Romparamos la pastilla! Se procedió a la realización de los ensayos, del 2 al 4, efectuando la modificación propuesta en cada caso, los datos obtenidos experimentales se encuentran incluidos en la tabla 4.4.

En la figura 4.3 se puede observar el comportamiento de la rapidez al modificar las variables que influyen en la velocidad de reacción, construida con los datos reportados en la tabla 4.4

Los diferentes pasos que se desarrollaron en esta etapa del proceso de enseñanza que comprendieron: Las propuestas de modificación de las variables que influyen en la rapidez, la realización de los procedimientos experimentales, así como, la obtención de datos, fueron efectuados por los alumnos, siempre bajo la conducción del profesor en el papel de moderador.

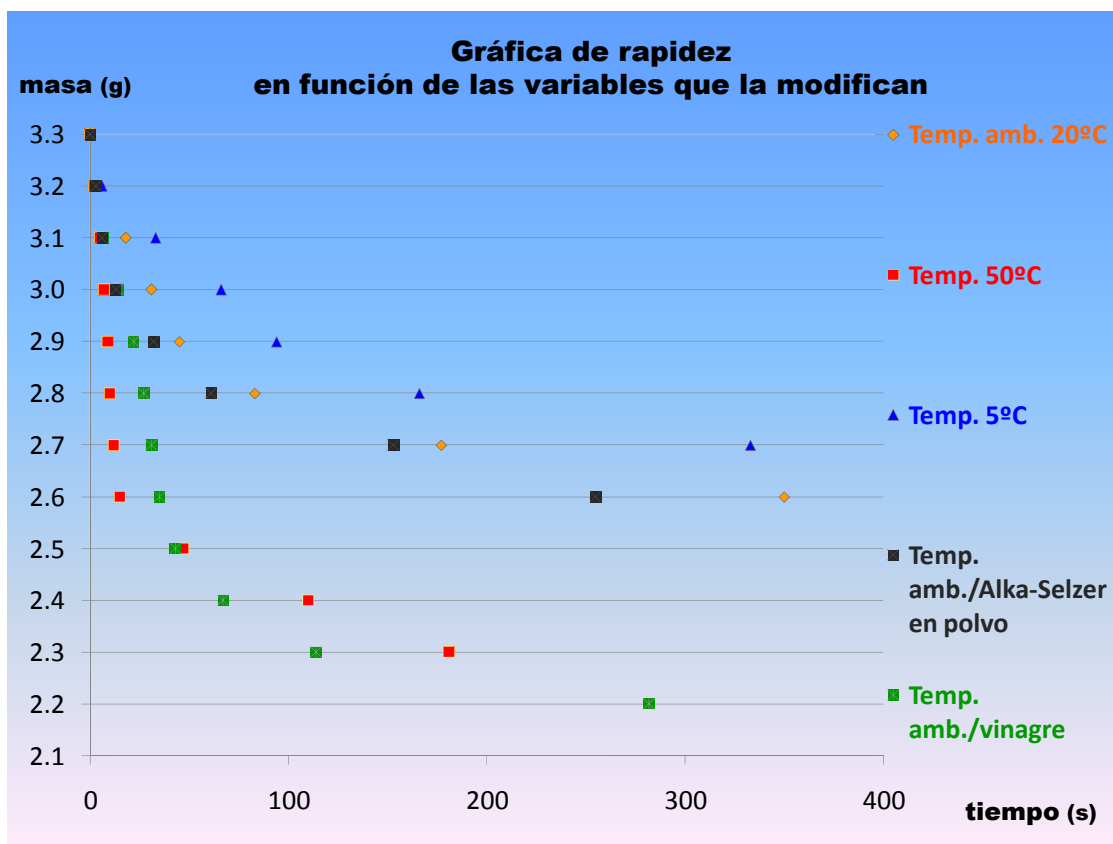


Figura 4.3 Gráfica de rapidez de reacción, modificando las variables que influyen en la rapidez, construida con los datos experimentales de la tabla 4.4

La interpretación de los experimentos, 2, 3 y 4, por separado permitió a los estudiantes alcanzar las siguientes conclusiones:

- La rapidez aumenta con un incremento en la temperatura (experimento 2)
- La rapidez disminuye al bajar la temperatura (experimento 3)
- Se puede suponer que la rapidez de reacción es directamente proporcional a la temperatura.
- A mayor grado de división de la pastilla de Alka-Seltzer aumenta la rapidez (experimento 4)
- Se supone entonces que, a menor tamaño de partícula de los reactivos en estado sólido, aumenta la rapidez de reacción

#### 4.4.4 Cálculo de rapidez de reacción

Para calcular la rapidez de reacción de una manera formal, se procedió a elaborar con la participación activa de los estudiantes, una interpretación teórica que permitiera describir a nivel microscópico, lo que puede ocurrir a medida que avanza la reacción, con base en la evidencias experimentales, como son, la observación de un burbujeo intenso (efervescencia) al inicio de la reacción y su disminución gradual con forme esta avanza, logrando que los alumnos aportaran con el apoyo del docente, a la construcción de un modelo microscópico descrito en la figura 4.4, en el que se observa que deberá disminuir la cantidad inicial de los reactivos conforme avanza la reacción.

Es pertinente señalar que las partículas que representan en este modelo a los reactivos, equivalen a la concentración del ácido y de la base que conforman la composición del Alka-Seltzer y que al disolverse simultáneamente en el agua permiten que suceda la reacción ácido-base propuesta.

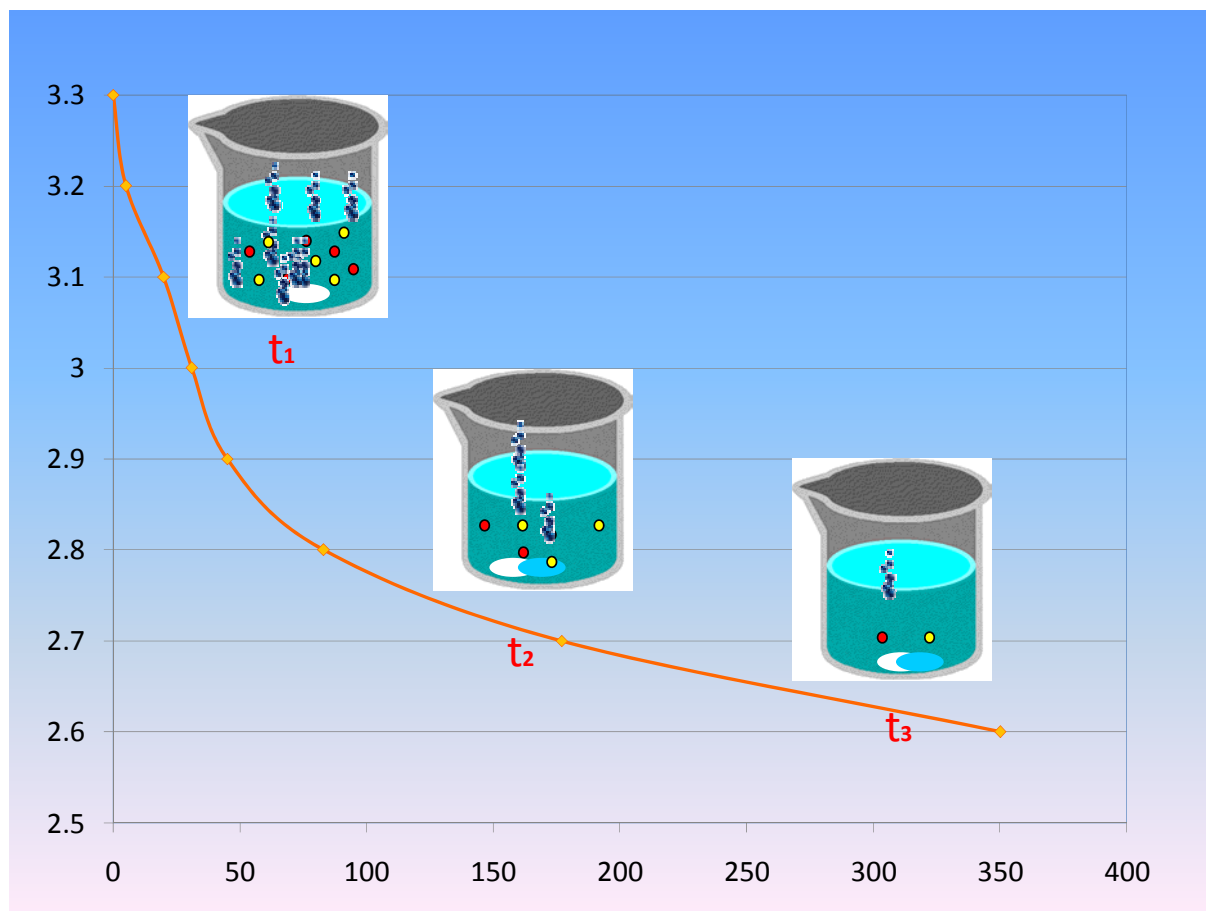


Figura 4.4 Evolución de la concentración de los reactivos con el avance de la reacción

La interpretación de las evidencias experimentales y el análisis de la gráfica que aparece en la figura 4.4, les permitió reconocer a los alumnos, que la rapidez de reacción disminuye conforme avanza la reacción a medida que los reactivos se van agotando, registrándose su valor más alto al inicio de la misma, permitiéndoles manifestar una definición cada vez más acertada de rapidez de reacción, redactada de la siguiente manera, como, “El cambio de reactivos en función del tiempo”.

Del mismo modo, con el apoyo del modelo microscópico propuesto que muestra de lo que sucede durante el desarrollo la reacción, los alumnos con la asesoría del docente logran aunque con dificultad observar que el grado acidez presente en el agua también es un factor que puede modificar la rapidez de reacción, de modo que la concentración del ácido es una variable que influye en la rapidez, solicitándoles propongan otras disoluciones acuosas de uso cotidiano que puedan tener mayor acidez, escuchándose propuestas como son: ¡utilicemos refrescos, jugos, agua de limón, vinagre! en lugar de agua de la llave, reconociendo a la concentración como la última variable que puede modificar la rapidez y que se estudió experimentalmente para la reacción de Alka-Seltzer en agua. Los datos obtenidos empleando una solución comercial de vinagre blanco aparecen en la tabla 4.4 en el experimento 5, su representación gráfica se muestra en la figura 4.3.

Después de identificar que la rapidez de reacción disminuye con forme avanza la reacción, se propuso a partir de las conclusiones obtenidas hasta el momento, efectuar el cálculo numérico de la rapidez de reacción empleando la expresión matemática que se desprende de la gráfica que se muestra en la figura 4.5, surgiendo la primer fórmula matemática hasta este momento,  $V_r = \Delta m / \Delta t$ , que pudieron interpretar, de la siguiente forma, la rapidez de reacción se puede identificar como el cambio en la masa de los reactivos en función del tiempo.

La figura 4.5, permitió identificar gráficamente el cálculo re la rapidez en un intervalo determinado.

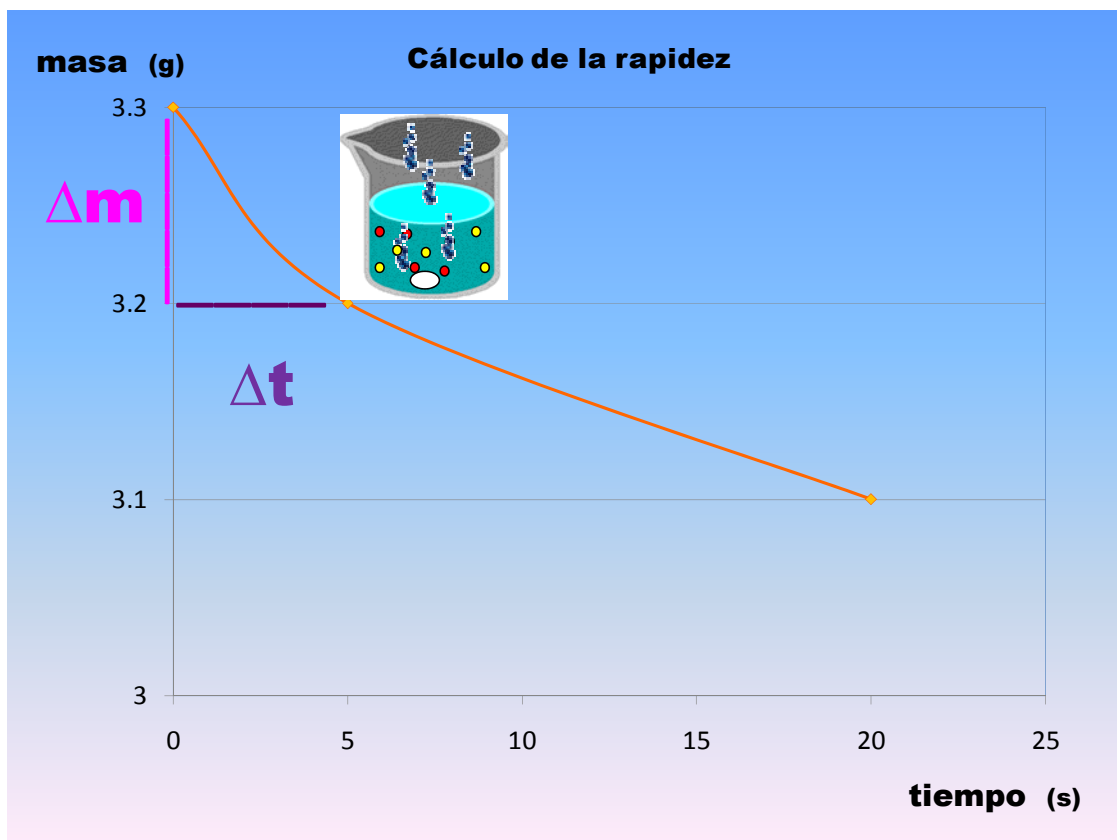


Figura 4.5 Cálculo gráfico de rapidez de reacción

A continuación se les propuso a los estudiantes realizar la representación gráfica de la rapidez de reacción conforme avanza la reacción en etapas representativas del proceso, como son, al inicio de la reacción cuando se observó un burbujeo muy intenso y un mayor disminución en la masa de los reactivos, en un punto intermedio del desarrollo de la reacción y al final cuando se observa una considerable disminución de los indicadores que nos señalan el cambio químico (burbujeo en este caso). En la figura 4.6 se observa su representación gráfica, acompañada del modelo microscópico propuesto, que identifica el avance de reacción en cada etapa.

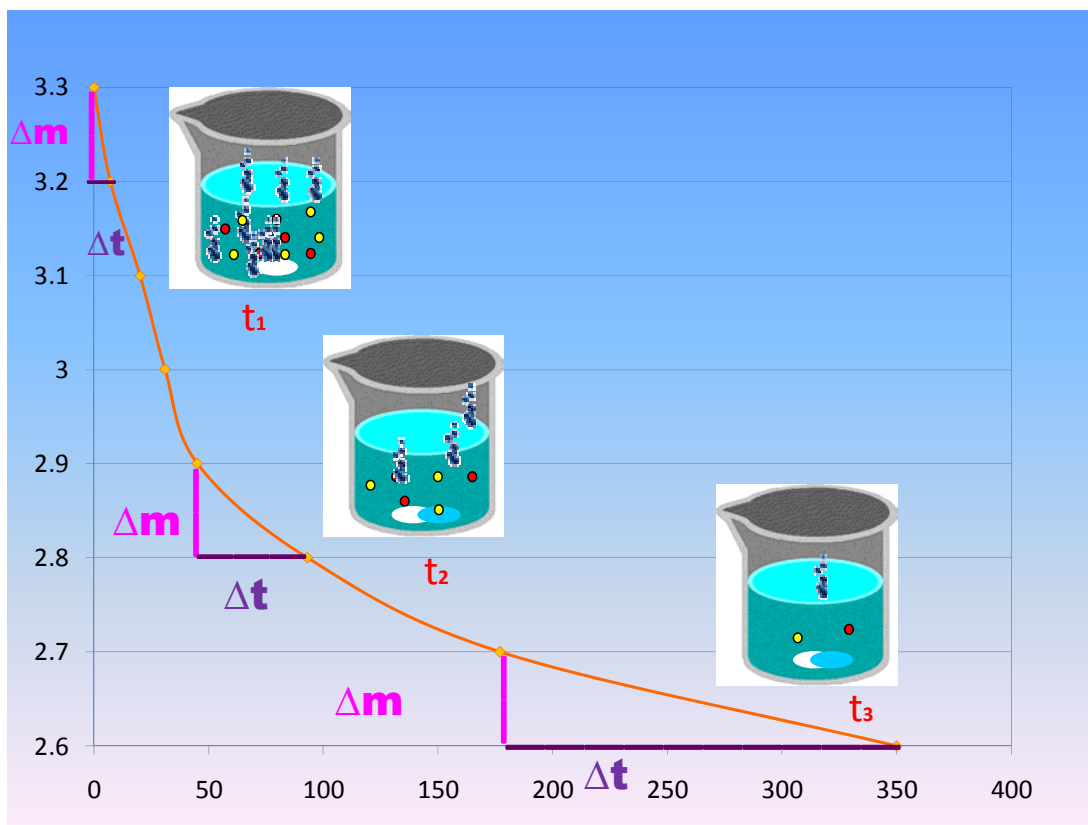


Figura 4.6 Cálculo gráfico de rapidez de reacción conforme avanza la reacción

Gráficamente se puede identificar fácilmente, que para un mismo cambio de masa se requiere más tiempo para que ocurra el mismo cambio de masa conforme avanza la reacción, que fueron de acuerdo con las observaciones experimentales. Finalmente los valores numéricos que se obtienen al aplicar la fórmula de rapidez de reacción aparecen en la tabla 4.5, donde se muestra el cálculo de la rapidez de reacción a partir de la fórmula que se puede obtener de la representación gráfica de los datos experimentales de rapidez.

Se les hizo notar a los estudiantes el significado del signo negativo en la fórmula de rapidez cuando se emplean datos experimentales de velocidad de reacción en función del cambio en los reactivos.

### Cálculo de rapidez de reacción

| tiempo (s) | masa (g) | Rapidez: $V_r = - (m / (t) (g/s)$ |
|------------|----------|-----------------------------------|
| 0          | 3.3      | 0.02                              |
| 5          | 3.2      |                                   |
| 20         | 3.1      |                                   |
| 31         | 3.0      |                                   |
| 48         | 2.9      | 0.0028                            |
| 33         | 2.8      |                                   |
| 177        | 2.7      | 0.00053                           |
| 350        | 2.6      |                                   |

Tabla 4.5 Cálculo de la rapidez de reacción

Los alumnos deben reconocer que la masa no es la única variable que se puede determinar, por lo tanto la rapidez de reacción se puede expresar en función de alguna otra propiedad que sea factible de cuantificarse de una reacción química, del mismo modo, se debe hacer evidente que no solo los reactivos son susceptibles de medirse, ya que también se puede medir la cantidad de algún producto obtenido en la reacción. En este momento con la participación de los estudiantes se logró identificar que para el caso de la reacción estudiada puede ser posible medir el volumen del gas producido, si se diseña un experimento con un sistema cerrado que permita capturar y medir su volumen.

El diseño de un experimento que permitiera medir el volumen de dióxido de carbono producido no pudo ser realizado por las limitaciones de tiempo, de modo que, la gráfica que se observa a continuación en la figura 4.7, es una propuesta que se desarrollo con la contribución de los alumnos bajo la conducción del profesor, mostrando cómo deberán ser las gráficas de rapidez de reacción construidas a partir de datos experimentales en los que se mide los cambios de alguna variable relacionada con la obtención de un producto.



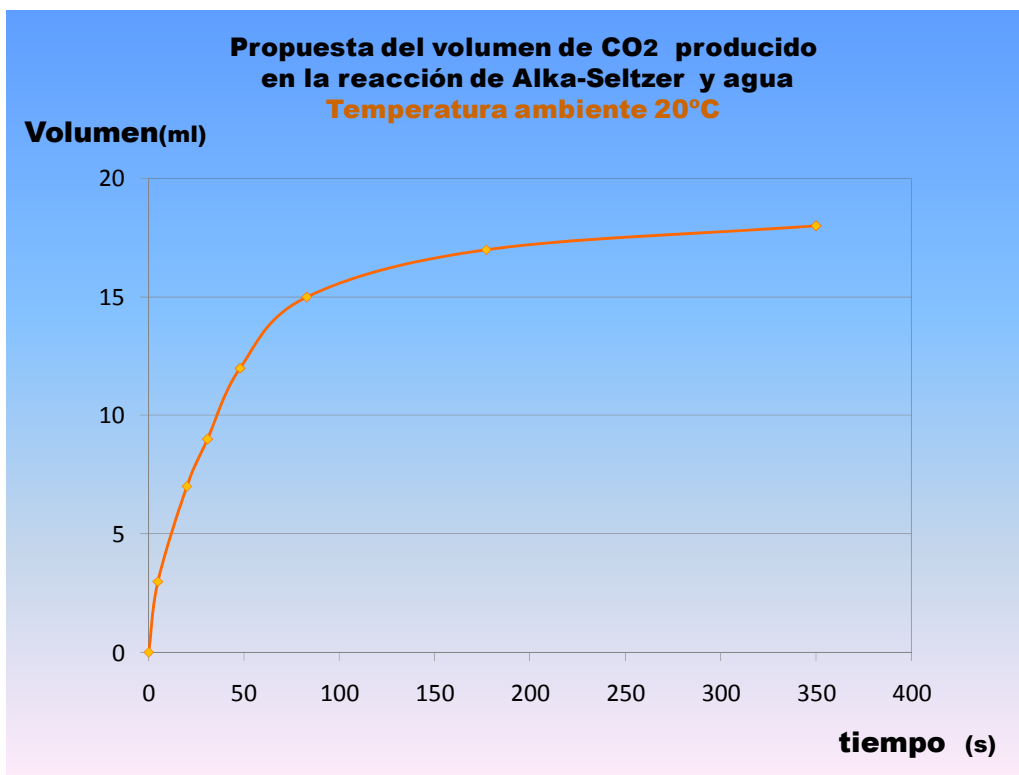


Figura 4.7 Gráfica de rapidez en función de un producto de reacción

Como cierre de la etapa experimental de la propuesta didáctica implementada, los alumnos lograron expresar sus conclusiones finales, descritas a continuación:

- La rapidez de reacción presenta su valor más alto al inicio de la reacción
- La rapidez disminuye conforme avanza la reacción
- La rapidez de reacción es directamente proporcional a la concentración de los reactivos
- La rapidez de una reacción química se puede determinar midiendo alguna de las diferentes propiedades que cambian durante el desarrollo de la reacción, las más simples de cuantificar pueden ser, los cambios de masa, volumen, temperatura, concentración.
- La rapidez de reacción se puede identificar como, “El cambio en la concentración de reactivos o productos en función del tiempo”

#### 4.5 Cuestionario de evaluación formativa de cinética química

Al final de la unidad, se aplicó el cuestionario de evaluación formativa (ver tablas 4.6a y 4.6b), para obtener evidencias del aprendizaje de los alumnos con respecto al tema, buscando identificar en primera instancia los conocimientos aprendidos, señalando conceptos, hechos, principios, a continuación, los estudiantes debieron identificarlos plenamente en situaciones de la vida cotidiana, dando un ejemplo, de modo que debieron mostrar un mayor nivel de comprensión.

Posteriormente, se determinó el grado de desarrollo de sus destrezas para realizar los procedimientos, habilidades, reglas, técnicas, estrategias, diseñando experimentos sencillos, con sustancias de uso diario, empleando sus propios recursos, fomentando el trabajo colaborativo y la integración con sus compañeros.

Se contó nuevamente con la participación de los grupos del Prof. Fabián Villavicencio como referencia, que siguieron una instrucción tradicional.

Tabla 4.6a

| Cuestionario de evaluación formativa  |                       |   |
|---|-----------------------|---|
| Objetivo: Vincula los conocimientos adquiridos en la unidad de cinética química con tu entorno  |                       |   |
| Conceptos, hechos, principios   |                       |   |
| 1 = Tengo poco conocimiento o se me dificulta expresarlo      2 = Tengo algún conocimiento;<br>3 = Lo sé bien;      4 = Sería capaz de explicarlo a un compañero y dar un ejemplo |                       |   |
| Concepto  | Nivel de conocimiento | Si tu nivel de conocimiento es de 2 a 4, justifica tu respuesta |
| Rapidez de reacción   |                       |   |
| Colisión de partículas, colisión efectiva y no efectiva   |                       |   |
| Energía de activación   |                       |   |
| Factores que afectan la rapidez de reacción   |                       |   |

Tabla 4.6b

| Procedimientos, habilidades, reglas, técnicas, estrategias   |                                    |  |
|--|------------------------------------|--|
| 1 = Tengo pocas habilidades o se me dificulta realizarlo; 2 = Tengo algunas habilidades;<br>3 = Lo sé hacer bien; 4 = Sería capaz de diseñar un experimento con mis compañeros |                                    |  |
| Procedimientos   | Grado de desarrollo de habilidades | Si tu grado de desarrollo de habilidades es de 2 a 4, justifica tu respuesta |
| ¿Puedes construir gráficas de rapidez de reacción, en función de las variables que la modifican?   |                                    |  |
| ¿Podrías describir un experimento que muestre cómo afecta la temperatura a la rapidez de una reacción química?   |                                    |  |
| ¿Sabes para qué se utiliza un catalizador y cómo afecta a la rapidez de una reacción química?  |                                    |  |

La tabla 4.7 presenta la recopilación de los datos obtenidos de la ponderación de los cuestionarios de evaluación formativa aplicados a los estudiantes del segundo semestre de bachillerato de la EBC, al término de la instrucción en el tema de la rapidez de las reacciones químicas, comparando el aprendizaje conceptual y desarrollo de habilidades de los grupos en los que se aplicó la propuesta de secuencia didáctica para introducir a los alumnos de bachillerato en el estudio de la cinética química, con grupos que recibieron una enseñanza tradicional.

Las figuras 4.8 y 4.9 muestran en forma de gráfica los resultados globales de la ponderación del cuestionario de evaluación formativa, aplicado a grupos en los que se implementó la propuesta didáctica innovadora comparada con grupos que siguieron una enseñanza tradicional

Tabla 4.7 Resultados del cuestionario de evaluación formativa

| Resultados del "cuestionario de evaluación formativa" comparando el aprendizaje de cinética química de grupos en los que se implementó la propuesta didáctica innovadora con grupos de referencia donde se siguió con la enseñanza tradicional en los años 2008, 2011 y 2012 |   |    |    |    |                                    |    |   |   |   |    |    |    |                                    |    |    |    |   |   |    |    |                                    |    |    |   |
|--|---|----|----|----|------------------------------------|----|---|---|---|----|----|----|------------------------------------|----|----|----|---|---|----|----|------------------------------------|----|----|---|
| Año  | 2008  |    |    |    |                                    |    |   |   | 2011  |    |    |    |                                    |    |    |    | 2012  |   |    |    |                                    |    |    |   |
|  | Aplicando la propuesta didáctica innovadora                         |    |    |    | Siguiendo la enseñanza tradicional |    |   |   | Aplicando la propuesta didáctica innovadora |    |    |    | Siguiendo la enseñanza tradicional |    |    |    | Aplicando la propuesta didáctica innovadora |   |    |    | Siguiendo la enseñanza tradicional |    |    |   |
| N° de alumnos  | 30  |    |    |    | 25                                 |    |   |   | 60  |    |    |    | 48                                 |    |    |    | 50  |   |    |    | 43                                 |    |    |   |
| N° de grupos   | 1   |    |    |    | 1                                  |    |   |   | 2   |    |    |    | 2                                  |    |    |    | 2   |   |    |    | 2                                  |    |    |   |
| Conceptos  | Grado de aprendizaje mostrado                                       |    |    |    |                                    |    |   |   |   |    |    |    |                                    |    |    |    |   |   |    |    |                                    |    |    |   |
|  | 1   | 2  | 3  | 4  | 1                                  | 2  | 3 | 4 | 1   | 2  | 3  | 4  | 1                                  | 2  | 3  | 4  | 1   | 2 | 3  | 4  | 1                                  | 2  | 3  | 4 |
| Rapidez  | 0   | 3  | 11 | 16 | 3                                  | 11 | 4 | 7 | 0   | 7  | 23 | 30 | 4                                  | 13 | 18 | 13 | 2   | 3 | 26 | 19 | 9                                  | 15 | 13 | 6 |
| Colisión   | 1   | 2  | 18 | 9  | 5                                  | 14 | 4 | 2 | 1   | 8  | 34 | 17 | 5                                  | 13 | 29 | 1  | 3   | 4 | 25 | 18 | 10                                 | 16 | 14 | 3 |
| Ea   | 0   | 3  | 20 | 7  | 5                                  | 12 | 7 | 1 | 4   | 7  | 38 | 11 | 12                                 | 20 | 11 | 5  | 3   | 4 | 29 | 14 | 11                                 | 18 | 12 | 2 |
| Factores   | 0   | 1  | 8  | 21 | 2                                  | 13 | 7 | 3 | 1   | 3  | 22 | 34 | 2                                  | 13 | 21 | 12 | 2   | 3 | 21 | 24 | 8                                  | 18 | 13 | 4 |
| Habilidades  | Grado de pericia alcanzado para realizar actividades experimentales |    |    |    |                                    |    |   |   |   |    |    |    |                                    |    |    |    |   |   |    |    |                                    |    |    |   |
|  | 1   | 2  | 3  | 4  | 1                                  | 2  | 3 | 4 | 1   | 2  | 3  | 4  | 1                                  | 2  | 3  | 4  | 1   | 2 | 3  | 4  | 1                                  | 2  | 3  | 4 |
| Construcción de gráficas   | 1   | 11 | 13 | 5  | 6                                  | 12 | 4 | 3 | 3   | 14 | 27 | 16 | 9                                  | 19 | 12 | 8  | 3   | 3 | 27 | 17 | 11                                 | 11 | 20 | 1 |
| Experimento / Temperatura  | 1   | 10 | 14 | 5  | 5                                  | 10 | 9 | 1 | 2   | 13 | 21 | 24 | 10                                 | 23 | 8  | 7  | 3   | 3 | 25 | 19 | 9                                  | 14 | 18 | 2 |
| Uso de catalizadores   | 2   | 14 | 11 | 3  | 6                                  | 11 | 7 | 1 | 5   | 19 | 22 | 14 | 15                                 | 15 | 10 | 8  | 3   | 3 | 29 | 15 | 9                                  | 11 | 20 | 3 |

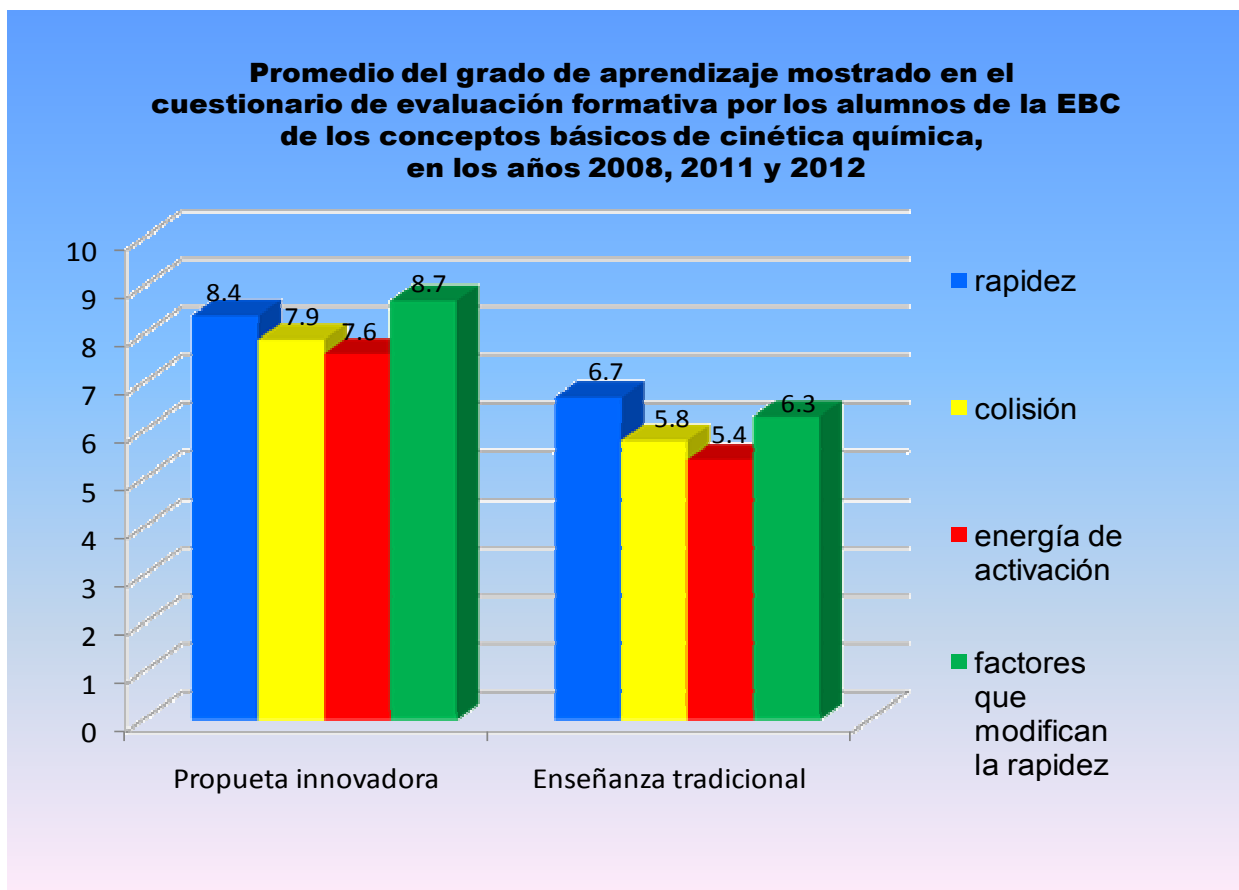


Figura 4.8 Muestra los resultados globales del “cuestionario de evaluación formativa” que compara el grado aprendizaje conceptual de grupos en los que se aplicó la propuesta innovadora vs enseñanza tradicional

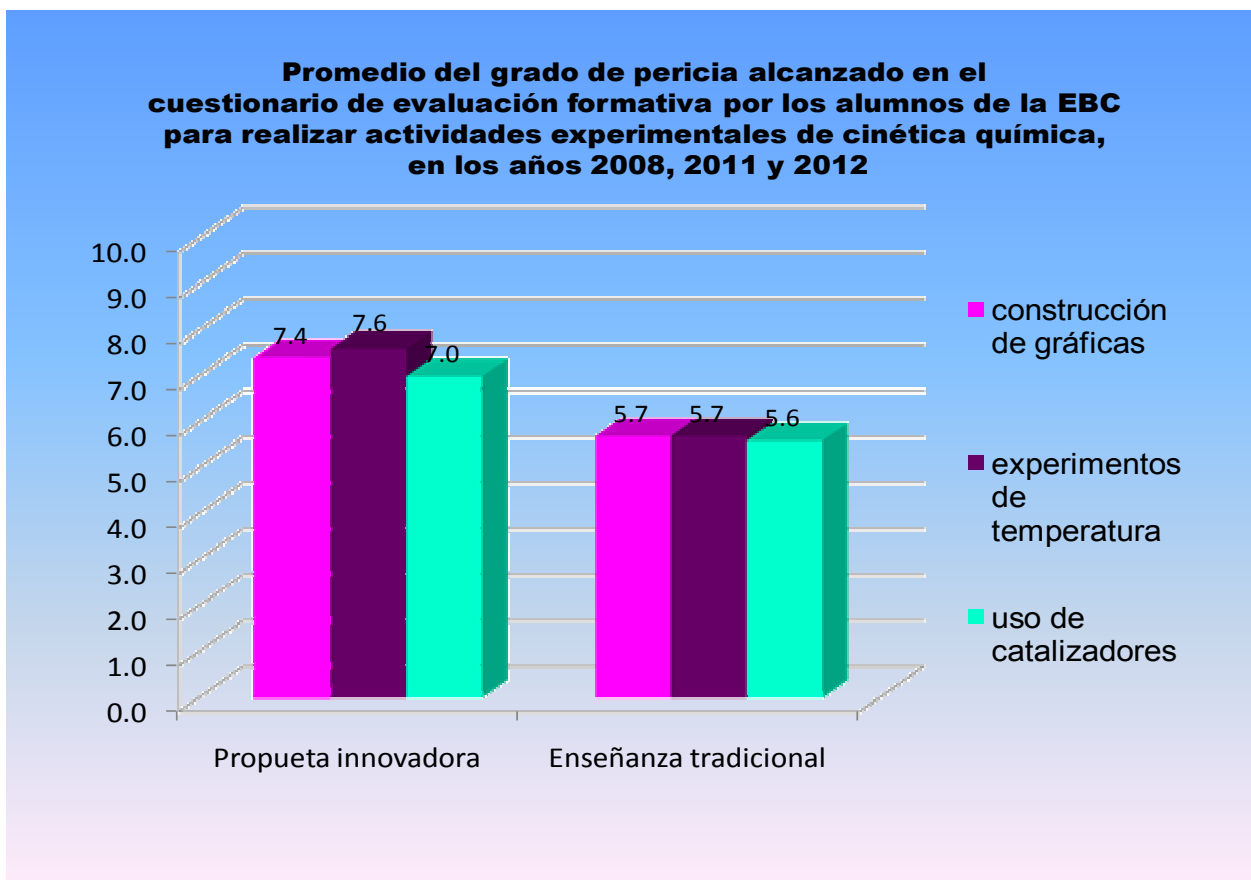


Figura 4.8 Muestra los resultados globales del “cuestionario de evaluación formativa” que compara el grado de desarrollo de habilidades experimentales de grupos en los que se aplicó la propuesta innovadora vs enseñanza tradicional

#### 4.5.1 Análisis del cuestionario de evaluación formativa

De acuerdo con los datos recopilados en la tabla 4.7 y los resultados globales mostrados en las figuras 4.8 y 4.9, se puede identificar que la propuesta didáctica para introducir a los alumnos de bachillerato en el estudio de la cinética, demuestra sus ventajas sobre la enseñanza tradicional, cuyos resultados son congruentes con los reportados por otros estudio similares, en los que se realiza una investigación educativa comparando los métodos de enseñanza tradicional con propuestas innovadores (Çalik y colaboradores, 2010), que señalan con respecto a la definición de rapidez de reacción, un avance del 46% a un 81% después de nueve sesiones apoyadas con animaciones y que tomaban en cuenta las ideas previas, mientras que en una clase tradicional se observaba un cambio de 50% a un 69%. En la tabla 4.8 se puede observar el procedimiento para calcular de forma numérica, un conjunto de datos tomados de la tabla 4.7 (resaltados en negrita, en el año 2012) que permite comparar los resultados del aprendizaje mostrado sobre uno de los conceptos básicos de cinética química (rapidez de reacción), entre los alumnos que tuvieron una enseñanza innovadora y los que siguieron una enseñanza tradicional.



Tabla 4.8

| Estrategia de enseñanza                             | Propuesta innovadora          |   |      |    | Enseñanza tradicional |    |      |    |
|---|-------------------------------|---|------|----|-----------------------|----|------|----|
| Nº total de alumnos                                 | 50                            |   |      |    | 43                    |    |      |    |
| Concepto/Rapidez                                    | Grado de aprendizaje mostrado |   |      |    |                       |    |      |    |
| Nivel de conocimiento                               | 1                             | 2 | 3    | 4  | 1                     | 2  | 3    | 4  |
| Nº de alumnos                                       | 2                             | 3 | 26   | 19 | 9                     | 15 | 13   | 6  |
| Puntos=<br>Nivel de conocimiento x<br>Nº de alumnos | 2                             | 6 | 78   | 76 | 9                     | 30 | 39   | 24 |
| Puntos totales                                      | 162                           |   |      |    | 102                   |    |      |    |
| Evaluación= Puntos<br>totales/<br>Nº de alumnos     | 162/50                        |   | 3.24 |    | 102/43                |    | 2.37 |    |
| Ponderación (base 10)=<br>Evaluación x 10/4         | 8.1                           |   |      |    | 5.9                   |    |      |    |
| Ponderación expresada<br>en %                       | 81%                           |   |      |    | 59%                   |    |      |    |

#### 4.6 Cuestionario de evaluación sumativa de cinética química

La evaluación sumativa se realizó al final de la instrucción, valorando los aprendizajes, que permitieron emitir juicios a cerca del programa y sobre la justificación del mismo. Tuvo como propósito certificar la utilidad del programa. Por lo tanto, estableció y verificó el alcance de los objetivos y metas propuestas.

Los criterios de evaluación del programa de química de la EBC, indican una ponderación del 60% para las actividades de evaluación continua y 40% para la evaluación sumativa (ver figura 4.9), que se aplica en forma de prueba escrita. El semestre se divide en dos periodos, de modo que los estudiantes deben presentar dos exámenes departamentales durante el semestre, el primer periodo evalúa las unidades de cinética química, equilibrio químico y ácido-base, que abarca de los meses de febrero a abril. El segundo periodo del semestre la unidad de Química Orgánica, de mayo a junio, las evaluaciones obtenidas por los alumnos se promedian, si ambas son aprobatorias, en caso contrario el alumno no acredita la asignatura.

Tabla 4.9

| CRITERIOS DE EVALUACIÓN PRIMER PERIODO<br>QUÍMICA II |   |   |   |   |                            |                                |               |                                      |               |
|--|---|---|---|---|----------------------------|--------------------------------|---------------|--------------------------------------|---------------|
| EVALUACIÓN CONTINUA 60%                              |   |   |   |   |                            |                                |               |                                      | EXAMEN<br>40% |
| LABORATORIO 20%                                      |   |   |   |   | ACTIVIDADES ACADÉMICAS 40% |                                |               |                                      |               |
| 1  | 2 | 3 | 4 | 5 | prácticas                  | Actividades<br>en clase<br>20% | Tareas<br>10% | Actividades<br>extraescolares<br>10% |               |

Criterios de evaluación de la asignatura de Química por periodo en la EBC,  
semestre febrero-julio 2012

El cuestionario de evaluación sumativa diseñado tiene la finalidad de ser una herramienta útil para ponderar de forma escrita los conocimientos adquiridos, así como, las habilidades desarrolladas por los estudiantes después de la instrucción, a continuación se presenta en forma parcial, centrado en los reactivos elaborados para el tema de cinética química. Debido a que en un principio no se tenía contemplado recopilar datos de la evaluación final de los estudiantes, no se reportan los resultados de la evaluación sumativa, principalmente porque incluiría un resultado conjunto con la demás unidades que integran el primer periodo. Por misma razón, no aparecen los reactivos correspondientes a las unidades de equilibrio químico y ácido-base que complementan la primera evaluación parcial.

**Instrucciones:** Contesta cada ejercicio de forma clara y legible. Para la realización del examen únicamente se requiere lápiz, bolígrafo, colores, regla y calculadora.  
**No se requiere ni permite el uso de ningún material adicional.**

1. Ejercicios de molaridad:

- a) Calcula cuantos gramos de hidróxido de sodio **NaOH** se encuentran en 100 mL de una disolución **1 molar**, las masas atómicas del sodio, oxígeno e hidrógeno son respectivamente: [ <sup>23</sup>Na <sup>16</sup>O <sup>1</sup>H ]

**100 mL**

- b) Se realizó la reacción entre dos sustancias, representadas por:  $A_{(ac)} + B_{(ac)} \rightarrow C_{(ac)} + D_{(ac)}$  en dos ocasiones, adicionándole 500 mL de una disolución de concentración **1 molar** del reactivo  $A_{(ac)}$  y 500 mL de una disolución concentración **1 molar** del reactivo  $B_{(ac)}$  a cada uno de los dos matraces representados a continuación. Indica, ¿Cómo debe ser la rapidez de reacción en el matraz I con respecto al matraz II?

**1L**

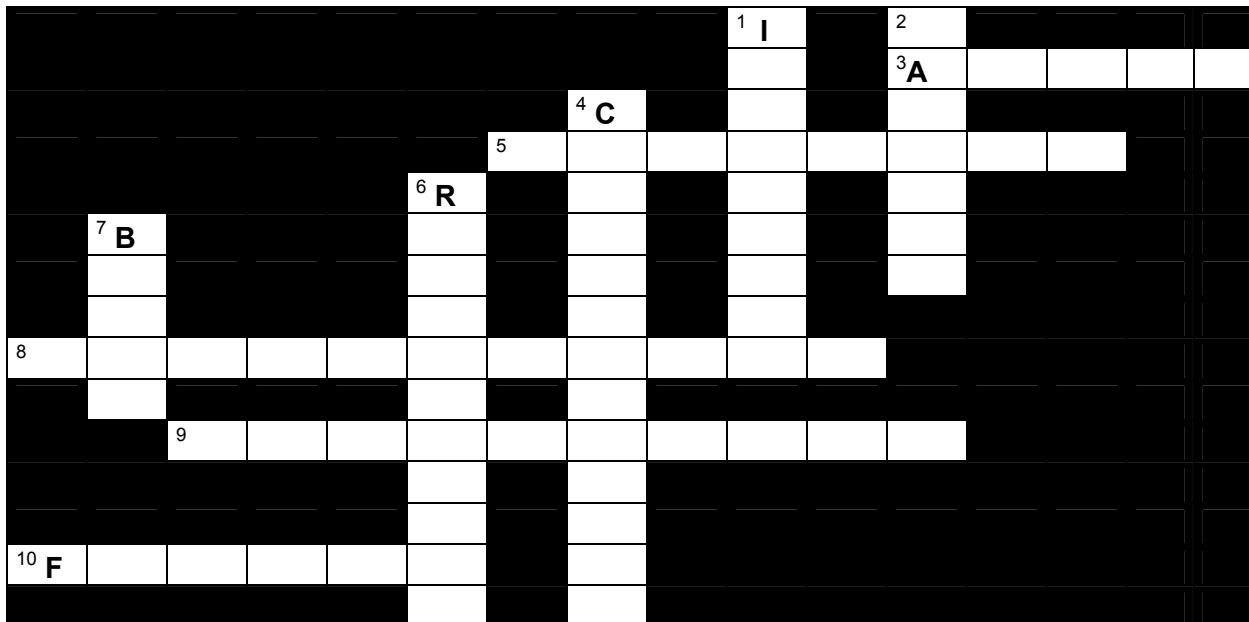
**1L**

**I**

**II**

valor del ejercicio: 10 puntos

2. Resuelve el siguiente químicograma.



| Horizontales   | Verticales   |
|--|--|
| <p>3. Sabor característico de los ácidos.</p> <p>5. Choque de partículas con la que inicia una reacción química.</p> <p>8. Es una de las principales variables que influye en la rapidez de reacción, que modifica la energía cinética de las partículas.</p> <p>9. Energía necesaria para el inicio de una reacción química.</p> <p>10. Ácido o base que se disocia totalmente en agua.</p> | <p>1. Sustancias que tienen la propiedad de cambiar de color en función del pH.</p> <p>2. Se puede definir como el cambio en la concentración de reactivos o productos en función del tiempo sus unidades son: [mol/Ls].</p> <p>4. Cantidad de materia por unidad de volumen de un soluto presente en una solución.</p> <p>6. Reacciones que suceden en sentido directo reactivos transformándose en productos y en sentido inverso productos convirtiéndose reactivos.</p> <p>7. Sustancias de carácter iónico que al disolverse en agua liberan iones hidróxido, [HO].</p> |

valor del ejercicio: 10 puntos

3. Realiza la gráfica del cambio de energía potencial en función del avance de reacción, para uno de los cambios químicos más comunes con la que estás muy familiarizado, “la fermentación de la leche”, por medio del cual, un tipo de bacterias llamadas lactobacilos producen enzimas conocidas como fermentos que transforman la lactosa de la leche, obteniendo yogur, un producto lácteo más fácil de digerir, que restablece y fortalece la flora intestinal, de acuerdo con la siguiente reacción:



Describe en la gráfica todos sus elementos: variables que aparecen en los ejes, reactivos, catalizador, energía de activación, intermediario y productos, además, identifícala en función del cambio de energía.

valor del ejercicio: 15 puntos

4. Se determino la rapidez para la reacción empleando como reactivos 100 mL de una solución de ácido clorhídrico y una piedra caliza de carbonato de calcio con una masa de 5.0g. Se colocó un vaso de precipitados sobre una balanza digital apagada, conteniendo la solución del ácido para tarar su peso, al encender la balanza, la pantalla señala 0.0g, a continuación se agrega la piedra caliza registrándose una masa inicial de 5.0g, al momento que se pone en marcha el cronómetro, que marca un tiempo de 0.0s, determinando la disminución de la masa de los reactivos en función del tiempo. Traza la gráfica que muestre el cambio de masa en función del tiempo con los datos experimentales reportados en la tabla y calcula la rapidez de reacción en tres intervalos representativos, al inicio, en la parte media y al final de la reacción. Indica gráficamente el cálculo de la rapidez. La reacción se describe a continuación:



| masa en gramos | tiempo en segundos | Rapidez $V_r = \frac{\Delta m}{\Delta t}$ |
|----------------|--------------------|---|
| 5.0            | 0                  |   |
| 4.0            | 23                 |   |
| 3.0            | 71                 |   |
| 2.0            | 135                |   |
| 1.0            | 222                |   |
| 0.5            | 297                |   |

**masa (g)**

**tiempo (s)**

valor del ejercicio = 15 puntos

## CAPÍTULO 5.0 COMENTARIOS, SUGERENCIAS Y CONCLUSIONES

### 5.1 Comentarios.

Después de evaluar los resultados de los cuestionarios de diagnóstico y evaluación formativa, se pudo identificar, en primera instancia, la importancia de aplicar métodos de evaluación diagnóstica e ideas previas para tomar como punto de partida la condición en la que se encuentran los estudiantes, reconociendo la necesidad de implementar al menos una breve introducción que considere los prerrequisitos necesarios para abordar el tema, homologando en la medida de lo posible los conocimientos del grupo, sobre todo, considerando que es la unidad con la que se está iniciando el curso.

Por otro lado, los resultados del cuestionario de evaluación formativa, permitieron identificar un considerable avance en el aprendizaje de los conceptos fundamentales de la cinética química y el desarrollo de habilidades procedimentales en los alumnos en los que se implementó la propuesta didáctica, comparado con el aprendizaje alcanzado por los grupos piloto en los que se aplicó una enseñanza tradicional, mostrando sus ventajas la propuesta didáctica implementada, sin embargo, existen algunos factores no considerados, como son, la planeación docente y la motivación e interés personal que conducen hacia la obtención de resultados más favorables.

### 5.2 Sugerencias para trabajos futuros

Es importante mencionar que la determinación de la rapidez de reacción puede ser en algunos casos más complicada, debido a ello, los estudiantes deben reconocer la posibilidad de medir más variables, como son, temperatura, volumen, presión, conductividad, pH, intensidad de color, entre otras, durante el desarrollo de las reacciones químicas, que nos puedan dar información acerca de la rapidez con la que ocurren y poder comparar dichos resultados.

En el presente trabajo quedaron pendientes tres actividades importantes:

En primer lugar, para la reacción de Alka-Seltzer en agua, se pueden realizar pruebas que permitan identificar que el gas que se forma durante la efervescencia es efectivamente dióxido de carbono y no oxígeno o hidrógeno.

Para esta misma reacción, se puede armar un experimento que permita medir el volumen de dióxido de carbono obtenido y realizar cálculos de rapidez a partir de los productos.

Por otro lado, un recurso valioso y de actualidad que es necesario brindar a nuestros estudiantes, es el diseño de instrumentos de evaluación utilizando las herramientas TIC, elaborados preferentemente en forma colaborativa, que desafortunadamente no fueron incluidos en esta propuesta.

Finalmente, implementar un método computarizado para recopilar los datos de cambios de masa en función del tiempo y posteriormente graficarlos con un programa de computadora, de modo que, los estudiantes primero manipulen y comprendan los procedimientos que les permiten desarrollar habilidades experimentales, para que posteriormente, puedan comparar utilizando métodos automatizados que se aplican en la actualidad.

Adicionalmente podemos comentar que después de realizar una revisión actualizada de artículos de investigación educativa, encontramos una analogía interesante de rapidez de reacción, en Clonan y colaboradores (2011), muy factible de aplicarse, a la que se le puede realizar modificaciones, como puede ser, emplear modelos moleculares esféricos en los que únicamente exista una opción para ensamblarse y se pueda tratar como una reacción química irreversible, en su forma más simple.

### 5.3 Conclusiones

Es importante mencionar que aunque ningún trabajo de investigación educativa o propuesta didáctica se puede considerar como exitoso y concluido, la presente propuesta logró cristalizar algunos de los objetivos planteados, como son:

- La revisión de los diferentes planes de estudio que se encuentran fácilmente disponibles de instituciones educativas de carácter público, que por su naturaleza atienden un número importante de estudiantes, permitió identificar la relevancia que en la actualidad está cobrando el tema de la cinética química en el currículo de la asignatura de química, el cual se encuentra presente en todos los programas de estudio, en mayor o menor medida, resaltando la importancia de diseñar una unidad coherente y actualizada, de acuerdo con la didáctica actual de la disciplina.
- Después de revisar los libros de texto que aparecen en la bibliografía de los programas de química para el bachillerato, conviene recomendarlos únicamente como libros de consulta que les faciliten a los estudiantes reafirmar de algunos aspectos importantes.
- La amplia revisión bibliográfica facilitó reconocer la creciente relevancia que día con día está cobrando la cinética química en los diferentes campos de la ciencia y de la educación.



- Esta misma revisión permitió identificar una creciente investigación educativa en torno al tema de interés con la aportación de una importante diversidad de trabajos que presentan, analogías, actividades experimentales, estudio de ideas previas, simulaciones, programas de computadora, investigación didáctica, fundamentalmente.
- Pudimos comprobar que el uso de instrumentos de diagnóstico que permitan identificar las ideas previas de los estudiantes y el grado de prerrequisitos que poseen para iniciar un nuevo tema, es una herramienta que nos sirve como directriz para diseñar un plan de clase de acuerdo con las particularidades de cada grupo de estudiantes.
- Identificamos que la implementación de estrategias de enseñanza que logren la participación activa de los estudiantes favoreciendo el desarrollo de su creatividad, incorporando sus aportaciones en las actividades experimentales, proporciona un ambiente más propicio para el aprendizaje.
- Demostramos la trascendencia de actualizar los programas de estudio en el marco de los avances recientes de la didáctica de la química en el nivel bachillerato, que propone cuatro criterios fundamentales: selección, secuencia, profundidad y contextualización.
- Comprobamos que en el bachillerato es conveniente abordar los temas en un nivel introductorio evitando términos complejos, buscando como objetivo principal la alfabetización científica.
- Reconocimos la importancia de considerar la ubicación de la asignatura dentro del mapa curricular identificando el carácter interdisciplinario de la química y su relación con otras asignaturas como las matemáticas, la física, la biología etc.
- Logramos identificar que los alumnos de bachillerato encuentran más estimulante y enriquecedor una propuesta didáctica variada que incluya lo menos posible las clases teóricas de pizarrón y en su lugar se realicen experiencias de cátedra, prácticas, sesiones en el centro de cómputo, empleando simulaciones y programas de computadora, analogías, experiencias con materiales comunes que vinculen lo aprendido con su entorno cercano.
- Diseñamos métodos de evaluación diagnóstica, formativa y sumativa, que favorecieron el aprendizaje y promovieron el aprendizaje de los conceptos y desarrollo de habilidades.

Adicionalmente debemos reconocer que el diseño de una propuesta didáctica para introducir a los alumnos de bachillerato en el tema de cinética química, es apenas un paso en el largo camino que nos conduzca hacia la impostergable renovación del currículo de química, intentando establecer criterios que permitan actualizar los diversos planes y programas de estudios que se ofrecen en el nivel medio superior, que les proporcione a los alumnos elementos para relacionarse de forma más amigable con su entorno, colocando los conocimientos científicos al alcance de todos, fomentando la alfabetización científica, insertándolos dentro del tan anhelado desarrollo sostenible que nos procure un futuro más promisorio, conduciéndonos con paso firme a la formación ciudadanos que pueda tomar decisiones con responsabilidad.

Un comentario final, debemos reconocer que la preocupación por actualizar los planes y programas de estudio, así como, realizar una planeación didáctica, empleando los criterios actuales que nos señala la investigación educativa, nos permite ofrecer a nuestros estudiantes una educación de calidad, crear un ambiente de clase más agradable buscando la satisfacción que nos da la aplicación de los conocimientos adquiridos, así como, un mejor comprensión del mundo en el que vivimos y como meta ulterior alcanzar la felicidad.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bello, S., (2004) Ideas previas y cambio conceptual, *Educación Química*, **15**(3), 60-67.
- Brown, T., (2004) Cinética química, Capítulo 14, *Química la ciencia central*, Pearson, México, 9ª ed., Pp. 524-573.
- Caamaño, A., Oñorbe, A., (2004) La enseñanza de la química: conceptos y teorías, dificultades de aprendizaje y replanteamientos curriculares, *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, **41**, 68-81.
- Cakmakci, G., Aydogdu, C., (2011) Designing and evaluating an evidence-informed instruction in chemical kinetics, *Chem. Educ. Research and Practice*, **12**(1). 15-28.
- Cakmakci, G., (2010) Identifying alternative conceptions of chemical kinetics among secondary school and undergraduate students, *Turkey J. Chem. Educ.*, 2010, **87**(4), 449-455.
- Cakmakci, G., (2009) Emerging issues from textbook analysis in the area of chemical kinetics. *The Australian J. Educ. in Chem.*, **70**, 31-38.
- Cakmakci, G., Leach, J., Donnelly, J. (2006) Students' ideas about reaction rate and its relationship with concentration or pressure, *Int. J. Sci. Educ.*, **28**(15), 1795-1815.
- Çalik, M., Kolomuç, A., Karagölge, Z., (2010) The Effect of Conceptual Change Pedagogy on Students' Conceptions of Rate of Reaction, *J. Sci. Educ. Technol.*, **19**(5), 422-433.
- Chang, R., (2008) Cinética química, Capítulo 14, *Química general para bachillerato*, McGraw-Hill, México, 4ª ed., Pp. 438-477.
- Chairam, S., Somsook, E., & Coll, R.K., (2009) Enhancing Thai students' learning of chemical kinetics. *Research in Science & Technological Education*, **27**(1), 95–115.
- Cloonan, C. A., Nichol, C. A., Hutchinson, J. S., (2011) Understanding Chemical Reaction Kinetics and Equilibrium with Interlocking Building Blocks, *J. Chem. Educ.*, **88**(10), 1400–1403.

Consejo Académico del Bachillerato (CAB), UNAM y Red Nacional del Nivel Medio Superior Universitario (RNNMSU) (2006) Mapas curriculares del bachillerato 2005-2006: México y otros países. CAD y RNNMSU.

DFQ I.E.S. (2007) Programación didáctica de la asignatura de química para el 2º de bachillerato, Departamento de Física y Química I.E.S. Soto del Real, Programación didáctica del curso 2006-2007.

Franco-Mariscal, A. J., (2009) De día todos los toros son negros: un trabajo de investigación con nitrato de plata, *Enseñanza de las Ciencias*, **27**(1), 137-148.

Furió, C. J., Furió, C., (2010) Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los conceptos químicos, *Educación Química*, **11**(3), 300-8.

Gillespie, R. J., (1997) The Great Ideas of Chemistry, *J. Chem. Educ.*, **74**(7), 862-4.

Guevara, M. S., Valdez, R. G., (2004) Los modelos en la enseñanza de la Química: algunas de las dificultades asociadas a su enseñanza y a su aprendizaje, *Educación Química*, **15**(3), 243-247.

Izquierdo, M. A., (2004) Un nuevo enfoque en la enseñanza de la química: contextualizar y modelizar, *J. Argent. Chem. Soc.*, **92**(4/6), 115-136.

Johnstone, A. H., (1993) The development chemistry teaching, *J. Chem. Educ.* **70**(9), 701-705.

Kolomuc, A., Tekin, S., (2011) Chemistry teachers' misconceptions concerning concept of chemical reaction rate, *Eurasian J. Phys. and Chem. Educ.*, **3**, 84-101.

Koç, Y., Doymuş, K., Karaçöp, A., Şimşek, Ü., (2010) The effects of two cooperative learning strategies on the teaching and learning of the topics of chemical kinetics, *Journal of Turkish Science Education* **7**(2), 52-65.

Martínez-Pérez, L. F., (2009) Enseñanza constructivista sobre conceptos de cinética en la formación inicial de profesores de química, *Educación Química*, **20**(3), 383-392.

OBI (Organización del Bachillerato Internacional) 2009, Programa del Diploma, Guía de Química, Cardiff, Wales Great Britain, Pp. 61-62.

Sánchez Piso, J., Domínguez Castiñeiras, J. M., García-Rodeja Fernández, E., (2002a) Revisión de la investigación sobre la enseñanza de la cinética química, *ADEXE-Revista de Estudios y Experiencias Educativas*, **18**, 171-90.

Timberlake, K., (2008) Equilibrio químico, Capítulo 13, *Química*, Pearson, México, 2<sup>a</sup> ed., Pp. 411-417

Turányi, T., Tóth, Z., (2013) The effects of two cooperative learning strategies on the teaching and learning of the topics of chemical kinetics, *Chemistry Education Research and Practice* **14**(1) 105-116.

## MESOGRAFÍA

ADILAC (Asociación de intolerancia a la lactosa) 2013, España, Consultada por última vez el 25 de junio de 2013 en la URL <http://goo.gl/LCZBb>

Ayala, P., (2005) Universidad de Sonora, Determinación de la actividad de catalasa y desnaturalización, Consultada por última vez el 25 de junio de 2013 en la URL <http://goo.gl/ELTnw>

Bayer Región Andina (Bayerandina, 2013) Consultada por última vez el 25 de junio de 2013 en la URL <http://goo.gl/2bl5J>

Caamaño, A., (2007) Modelizar y contextualizar el currículum de química: un proceso en constante desarrollo, en Izquierdo, M., Caamaño, A., Quintanilla, M. (Eds.), Investigar en la enseñanza de la química, Nuevos horizontes: contextualizar y modelizar, Universitat Autònoma de Barcelona, Cerdanyola del Vallès, Barcelona, España, Pp. 19-39. Consultada por última vez el 25 de junio de 2013 en la URL <http://goo.gl/Bl8f>

Caamaño, A., (2006) Repensar el currículum de química en el bachillerato. Primer Encuentro de profesores de Química de la Universidad de Barcelona y profesores de química de bachillerato. Barcelona, 28 de junio de 2006. Consultada por última vez el 25 de junio de 2013 en la URL <http://goo.gl/IQ3nJ>

Cakmakci, G., (2010) Chemical Kinetics Concepts Achievement Test (CKCAT), Department of Science Education, Ankara, Turkey, 1-12. Consultada por última vez el 25 de junio de 2013 en la URL <http://goo.gl/JWpWE>

CERG, (Chemical Education Research Group) 2008, Dept. of Chemistry, Iowa State University. Consultada por última vez el 25 de junio de 2013 en la URL <http://goo.gl/J8nHk>

CCH (Colegio de Ciencias y Humanidades) 2012, Universidad Nacional Autónoma de México. Colegio de Ciencias y Humanidades. Área de Ciencias Experimentales. Programas de Estudio de Química I a IV, Pp. 37-44, 66-72, Consultada por última vez el 25 de junio de 2013 en la URL <http://goo.gl/9SDsw>

Connors, K. A., (1981) Capítulo 1, Valoraciones ácido-base, *Curso de análisis farmacéutico*, Reverte, S. A., Barcelona, España, Pp. 50, Consultada por última vez el 25 de junio de 2013 en la URL <http://goo.gl/eUSYx>

Díaz, M., (2008) experimentos caseros de física y química, Arde-el-azúcar, Consultada por última vez el 25 de junio de 2013 en la URL <http://goo.gl/Cwef1>

DGB (Dirección General del Bachillerato) 2012, Campo Disciplinar, Ciencias Experimentales, Componente Básico, Química I, Octavo Bloque, Pp. 42-45, Consultada por última vez el 25 de junio de 2013 en la URL <http://goo.gl/pyhPu>

DGENP (Dirección General de la Escuela Nacional Preparatoria) 2011, Universidad Nacional Autónoma de México. Escuela Nacional Preparatoria. Colegio de Química. Programa de Estudios de la asignatura de Química III, Pp. 21, Consultada por última vez el 25 de junio de 2013 en la URL <http://goo.gl/AneBz>

DGENP (Dirección General de la Escuela Nacional Preparatoria) 2011, Universidad Nacional Autónoma de México. Escuela Nacional Preparatoria. Colegio de Química. Programa de Estudios de la asignatura de Química IV, Área II. Pp. 11-12, Consultada por última vez el 25 de junio de 2013 en la URL <http://goo.gl/kIHbV>

Eilks, I., Rauch, F., Ralle, B., y Hofstein, A., (2013) How to allocate the chemistry curriculum between science and society, en Eilks, I. y Hofstein, A. (eds.) *Teaching Chemistry – A Studybook A Practical Guide and Textbook for Student Teachers, Teacher Trainees and Teachers*. Sense Publishers: Rotterdam, Holanda. Pp. 8-12. Consultada por última vez el 25 de junio de 2013 en la URL <http://goo.gl/Z5AQV>

Evaluación, La evaluación es un proceso de búsqueda del profesor y los estudiantes, donde ambos verifican sus aciertos y desaciertos, Consultada por última vez el 25 de junio de 2013 en la URL <http://goo.gl/h9vQq>

FIDO (Flash Interactive Digital Overheads) 2013, Chemical Education at The University of Arizona. Chemical Kinetics. Consultada por última vez el 25 de junio de 2013 en la URL <http://goo.gl/QVc90>, <http://goo.gl/S3tqL>, <http://goo.gl/0t6AF>, <http://goo.gl/gmKNe>

Gillespie, R. J., (1990) Capítulo 14, Equilibrio químico, *Química*, Reverte, S. A., Barcelona, España, Pp. 641, Consultada por última vez el 25 de junio de 2013 en la URL <http://goo.gl/IHgBy>

González Mañas, J. M., (2013) Curso de biomoléculas, Universidad del País Vasco, Consultada por última vez el 25 de junio de 2013 en la URL <http://goo.gl/0iMd4>

IPN (2011) Instituto Politécnico Nacional, Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos, “Narciso Bassols”, Problemario de Química IV, Plan 2008 Academia de Química, Consultada por última vez el 25 de junio de 2013 en la URL <http://goo.gl/Nb8ba>

Justi, R., (2002) Teaching and learning chemical kinetics, en Gilbert, J.K., De Jong, O., Justi, R. Treagust, D. F., van Driel, J. H., (Eds.), *Chemical Education: Towards Research-based Practice*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, Pp. 293-315. Consultada por última vez el 25 de junio de 2013 en la URL <http://goo.gl/laoxx>

Morcillo Ortega, J. G., (2013) Portal de las Ciencias Experimentales, Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad Complutense, Madrid, Consultada por última vez el 25 de junio de 2013 en la URL <http://goo.gl/zqi3j>

OBI (Organización del Bachillerato Internacional) 2013, Organización del Bachillerato Internacional. Consultada por última vez el 25 de junio de 2013 en la URL <http://goo.gl/7IK6T>

PDA (Plataforma Educativa Aragonesa) 2013, Tipos de catálisis, Consultada por última vez el 25 de junio de 2013 en la URL <http://goo.gl/LwFuB>

Presidencia de la República (2012) Anexo Estadístico del 6º Informe de Gobierno. Consultada por última vez el 25 de junio de 2013 en la URL <http://goo.gl/bLSNY>

Química, Educar Chile (200), El Portal de la educación. Química / Ciencias Naturales, Programa de Estudio, Tercer Año Medio, Formación General Educación Media, Unidad de Curriculum y Evaluación Ministerio de Educación, República de Chile, Consultada por última vez el 25 de junio de 2013 en la URL <http://goo.gl/Ky3mW>



Química recreativa (2013) Química recreativa, experimentos caseros. Consultada por última vez el 25 de junio de 2013 en la URL <http://goo.gl/uTukN>

Red de maestros (2013) Programa de apoyo a la docencia, Ministerio de Educación, República de Chile, Consultada por última vez el 25 de junio de 2013 en la URL <http://goo.gl/HWzxW>

Sánchez Piso, J., Domínguez Castiñeiras, J. M., García-Rodeja Fernández, E. y Gallástegui Otero, J. R., (2002b) Una propuesta para la enseñanza de la cinética química en cuarto de E.S.O. XX Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Del 11 al 13 de septiembre de 2002. Universidad de La Laguna. Consultada por última vez el 25 de junio de 2013 en la URL <http://goo.gl/xuxm1>

SEP (Secretaría de Educación Pública) 2012, Sistema Educativo de los Estados Unidos Mexicanos. Principales cifras. Ciclo escolar 2011-2012. Consultada por última vez el 25 de junio de 2013 en la URL <http://goo.gl/hwvdf>

UAEMEX (Universidad Autónoma del Estado de México) 2009, Cobertura educativa República Mexicana y Estado de México. Diagnóstico. Consultada por última vez el 25 de junio de 2013 en la URL <http://goo.gl/x8oME>

Ulloa, S., Chamizo, J. A., (2005) Análisis de los planes de estudio de la asignatura de química básica a nivel medio superior en México, Enseñanza de las Ciencias, N° Extra. VII Congreso, 1-5. Consultada por última vez el 25 de junio de 2013 en la URL <http://goo.gl/aCKh3>

Vaquero, M., (2008) Velocidad de las reacciones químicas y concentración. Consultada por última vez el 25 de junio de 2013 en la URL <http://goo.gl/ZAYQu>

## CRÉDITO DE IMAGENES

Canal Blog (2013), Consultada por última vez el 19 de marzo de 2013 en la URL <http://goo.gl/1o8k8>

DD (dondedeporte.com) 2013, Cronómetro Casio HS-80TW-1EF, Consultada por última vez el 19 de marzo de 2013 en la URL <http://goo.gl/bhgU7>

EMID (Equipos de Medición Industrial Especializado) 2007, Balanza electrónica LT-GM5001, Consultada por última vez el 19 de marzo de 2013 en la URL <http://goo.gl/urr9I>

Rothenberg, G., (2008) *Catalysis: concepts and green applications*, Wiley-VCH, Weinheim, Germany. Consultada por última vez el 19 de marzo de 2013 en la URL <http://goo.gl/ar99S>

TOD (The office Dealer) 2013, Lil' Drug Store 51060 Alka-Seltzer LIL51060, Consultada por última vez el 19 de marzo de 2013 en la URL <http://goo.gl/xvL7s>

## ANEXOS

Anexo I: La prueba CKAT (2010) (Chemical Kinetics Concepts Achievement Test) es un instrumento de evaluación sobre el aprendizaje de conceptos de cinética química.



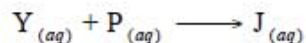
## Chemical Kinetics Concepts Achievement Test (CKCAT)

Gultekin Cakmakci  
B.Sc. (Ankara), M.A. (York), Ph.D (Leeds)  
Associate Professor of Science Education

Hacettepe University  
Faculty of Education  
Department of Science Education  
06532 Beytepe / Ankara  
TURKEY  
E-mail: [cakmakci@hacettepe.edu.tr](mailto:cakmakci@hacettepe.edu.tr)  
<http://gultekincakmakci.weebly.com/>

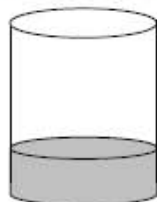
**Question-1:**

The following reaction occurs at room temperature (298 K):



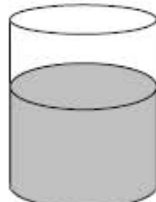
The reaction is set up under two different sets of initial conditions:

**First set of conditions**



Initial amount of Y= 10 mL, 2 mol/L  
Initial amount of P= 10 mL, 2 mol/L

**Second set of conditions**



Initial amount of Y= 20 mL, 2 mol/L  
Initial amount of P= 20 mL, 2 mol/L

These two identical beakers contain **different amount** of substances of Y and P. In each of the two cases compare the reaction rates.

(i) What would you say about **the rate** of these reactions?

Tick **ONE** box (✓)

The reaction under first set of conditions is **faster** than the reaction under second set of conditions

The rates of reactions are **the same**

The reaction under second set of conditions is **faster** than the reaction under first set of conditions

(ii) Explain your answer by providing reasons to support the claim you are making.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

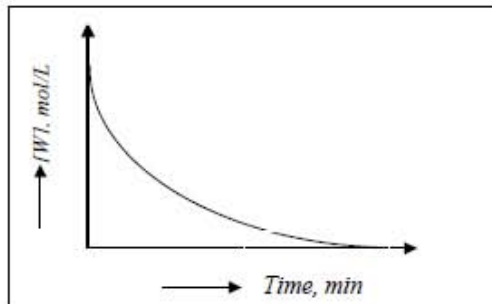
.....

**Question-2:**

Consider a reaction where two chemicals 'W' and 'J' react to form 'Z'



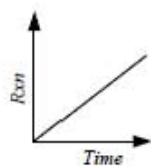
The teacher drew a graph showing how the concentration of W changes with time.



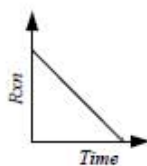
The teacher asks students to use the graph to draw a graph for the reaction rate against time.

(i) How would the reaction rate change against time?

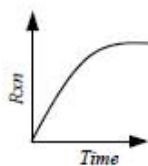
Tick ONE box (✓)



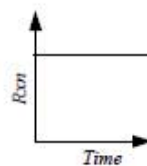
The reaction rate increases

  
(A)

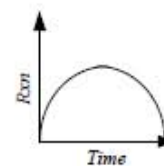
The reaction rate decreases

  
(B)

The reaction rate increases and then remains constant

  
(C)

The reaction rate is constant

  
(D)

The reaction rate increases and then decreases

  
(E)

(ii) Explain your answer by providing reasons to support the claim you are making.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

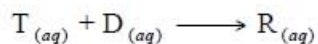
.....

.....

.....

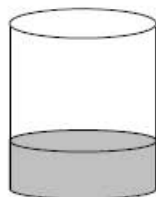
**Question-3:**

The following reaction occurs at room temperature (298 K):



The reaction is set up under two different sets of initial conditions:

**First set of conditions**



Initial amount of T= 10 mL, 2 mol/L  
Initial amount of D= 10 mL, 2 mol/L

**Second set of conditions**



Initial amount of T= 10 mL, 2 mol/L  
Initial amount of D= 10 mL, 2 mol/L

Both beakers contain **same amount** of chemical species of T and D, however as can be seen from drawings the shapes of the beakers are different. In each of the two cases compare the reaction rates.

(i) What would you say about **the rate** of these reactions?

Tick **ONE** box (✓)

The reaction under first set of conditions is **faster** than the reaction under second set of conditions

The rates of reactions are **the same**

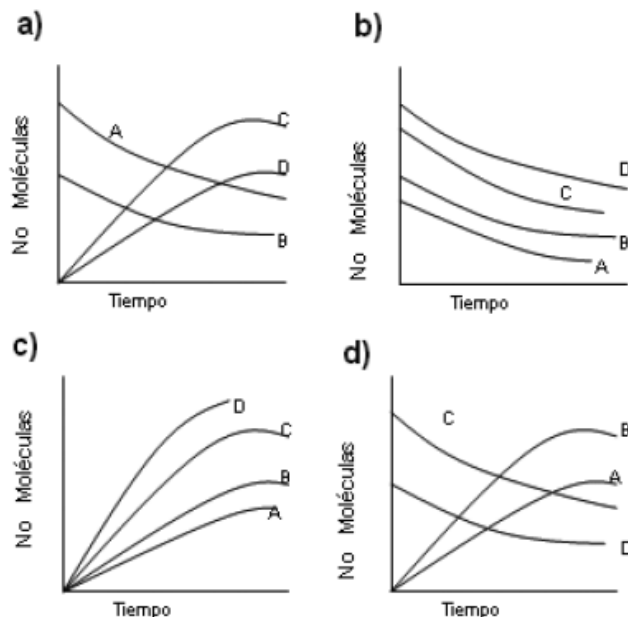
The reaction under second set of conditions is **faster** than the reaction under first set of conditions

(ii) Explain your answer by providing reasons to support the claim you are making.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Anexo II: La secuencia didáctica sobre conceptos de cinética incluye el ciclo de aprendizaje referido (Martínez Pérez, 2009), que propone la realización de una evaluación continua.

1) La gráfica que mejor representa la rapidez de la reacción  $aA + bB \rightarrow bC + cD + \text{Energía}$  es:



2) En la reacción  $A + B \rightarrow \text{productos}$ , al aumentar la temperatura, lo más probable que puede suceder es (en este ítem puede seleccionar más de una opción):

- a) Que la rapidez de la reacción aumente, por el incremento de choques entre las formas activas de A y B.
- b) Que la rapidez de reacción aumente, debido al incremento de la energía cinética de las moléculas, lo cual produce más choques entre las formas activas de A y B.
- c) Que la rapidez de la reacción disminuya, por el incremento de choques entre A y B.
- d) Que la rapidez de reacción disminuya, debido al incremento de la energía cinética de las moléculas, lo cual deviene en más choques entre A y B.

3) En la reacción  $A + B \rightarrow \text{productos}$ , si se aumenta el número de moléculas de A y B, permaneciendo constante la temperatura, es probable que:

- a) La rapidez de la reacción aumente, por el incremento de choques entre A y B.
- b) Que la rapidez de reacción aumente, debido al incremento de la energía cinética de las moléculas.
- c) Que la rapidez de la reacción disminuya, por el incremento de choques entre A y B.
- d) Que la rapidez de reacción disminuya, debido al incremento de la energía cinética de las moléculas.

Anexo III:  
Práctica 1: Rapidez de las reacciones químicas  
Por: Ricardo González Guerra y Fabián Villavicencio Rojas

## Objetivos



## El alumno:

- Reconocerá las principales variables que caracterizan a las reacciones químicas.
- Verificará que el tiempo es una variable determinante en el desarrollo de las reacciones químicas.
- Identificará el concepto de rapidez de reacción.
- Comprobará que la concentración y temperatura son los factores más importantes que modifican la rapidez de reacción.
- Determinará la influencia de un catalizador en la velocidad de reacción.
- Analizará como afecta el tamaño de partícula a la rapidez en las reacciones donde intervienen sustancias sólidas.

Para la realización de la presente práctica es necesario que investigues previo al desarrollo de la misma y entregues un reporte por escrito de los siguientes conceptos:

- Campo de estudio de la cinética química.
- Factores que modifican la rapidez de las reacciones químicas.
- Reacciones químicas en fase homogénea y heterogénea.
- Métodos de laboratorio para medir la rapidez de reacción.

## Procedimiento

A continuación encontrarás tanto la lista de materiales a utilizar como los procedimientos a seguir.

### Materiales y equipo

- Cronómetro.
- Tubo de ensayo provisto de un tapón de hule con gotero incrustado.
- Vaso de precipitados de 250mL.
- Termómetro.
- Anillo, tela de asbesto y soporte.
- Mechero.
- Dos vasos de precipitados de 500mL.

### Sustancias

- Disoluciones de ácido clorhídrico de las siguientes concentraciones: 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, y 0.5 molar
- Magnesio en polvo y en cinta
- Cristales de cloruro sodio.

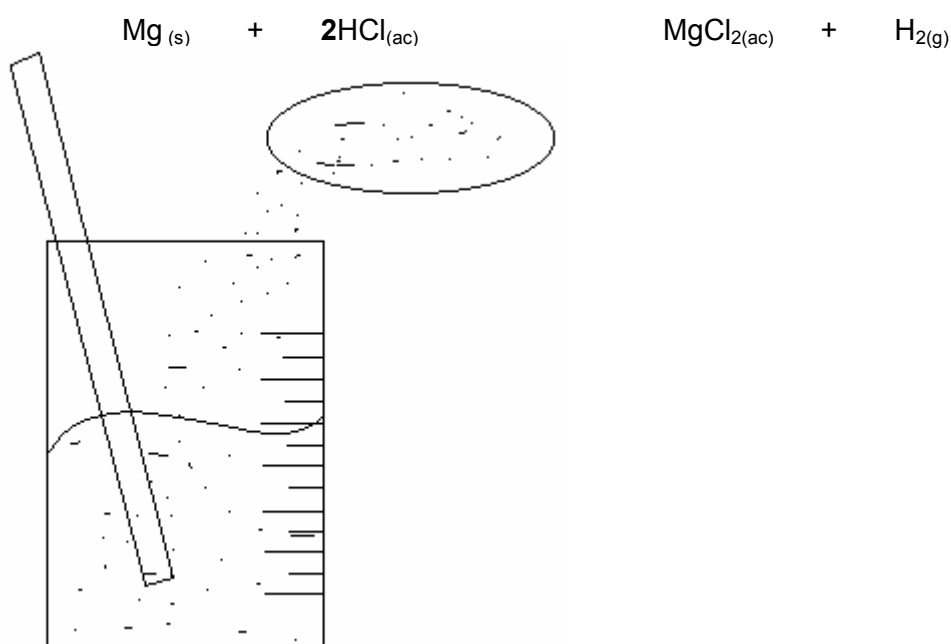


## Introducción

La cinética química es la rama de la química dedicada al estudio de la rapidez de las reacciones químicas, así como, los factores que la modifican. El primer objetivo de su campo de estudio, es el de reconocer en forma cualitativa como influyen en la rapidez de reacción las principales variables macroscópicas, como son: la masa, el volumen, la temperatura y la presión. Posteriormente, aborda de manera cuantitativa la rapidez de reacción, midiendo los cambios que ocurren en las concentraciones de reactivos y productos durante el desarrollo de la reacción. Debido a su naturaleza empírica sus resultados dependen de datos obtenidos experimentalmente.

## Experimentos

En la presente práctica determinaremos experimentalmente la cinética de la siguiente reacción:



1. Rapidez de reacción en función de la concentración del ácido clorhídrico a temperatura ambiente.

a) Adiciona la disolución de ácido clorhídrico 0.1 molar al tubo de ensayo hasta la línea señalada en el mismo.

b) Coloca la cinta de magnesio en la boca del tubo de ensayo que debe estar húmeda para que se adhiera a la pared del tubo, de manera que la disolución y el magnesio no entren en contacto todavía.

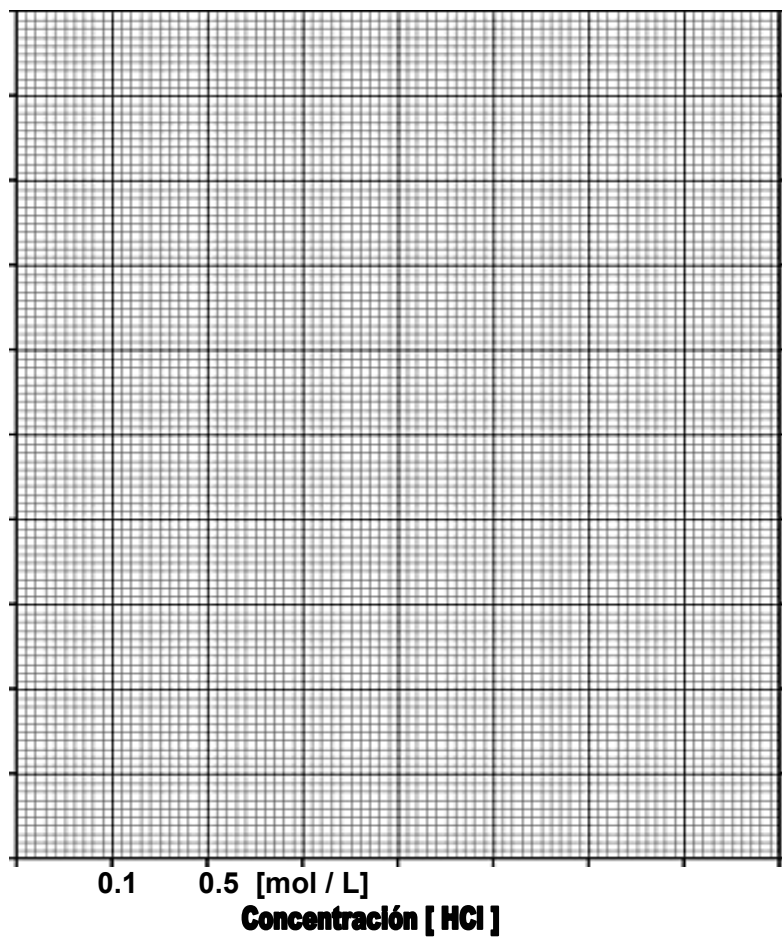
- c) Ajusta el tapón con gotero al tubo e inviértelo con precaución sobre el vaso de precipitados de 250mL. Pon en marcha el cronómetro en el momento que observes la caída de la primera gota.
- d) Registra el tiempo que tardan en caer veinte gotas sucesivas.
- e) Rápidamente vierte el líquido sobrante en el recipiente que te indique tu profesor y lava el tubo con una buena cantidad de agua, recupera la cinta de magnesio para utilizarla en las siguientes determinaciones.
- f) Repite los incisos (a, b, c, d, e) para las otras cuatro concentraciones (0.2, 0.3, 0.4 y 0.5) de ácido clorhídrico.
- g) Registra tus datos experimentales en la **tabla 1**, calculando la rapidez de reacción como el tiempo que tardan en caer veinte gotas aplicando la fórmula:  **$V_r = 20 \text{ gotas} / t$** .

**Tabla 1**

| Experimento # | Concentración molar de la disolución de ácido clorhídrico [HCl] | Tiempo en segundos | Rapidez de reacción <b><math>V_r = \text{gotas} / s</math></b> |
|---------------|---|--------------------|--|
| 1             | 0.1   |                    |  |
| 2             | 0.2   |                    |  |
| 3             | 0.3   |                    |  |
| 4             | 0.4   |                    |  |
| 5             | 0.5   |                    |  |

- h) Realiza la gráfica 1, de rapidez de reacción en función de la concentración, anota en las abscisas (eje x) la concentración del ácido contra la rapidez de reacción en las ordenadas (eje y).

**$V_r = \text{gotas} / s$**  (Temperatura <sub>amb.</sub>; Presión <sub>atm.</sub>; Volumen; y Mg<sub>(s)</sub>) constantes



2. Influencia de la temperatura en la rapidez de reacción.

- a) Realiza dos experimentos más con la concentración de ácido clorhídrico 0.1 molar, modificando la temperatura, primero disminuyéndola a 5°C y posteriormente incrementándola a 50°C, respectivamente. Anota tus datos en la **tabla 2**.

**Tabla 2**

| Temperatura                       | Tiempo en segundos (s) | Rapidez de reacción<br><b>Vr = gotas / t</b> |
|-----------------------------------|------------------------|--|
| 5° C                              |                        |  |
| Ambiente 20° C<br>(experimento 1) |                        |  |
| 50° C                             |                        |  |

3. Rapidez de reacción en función del avance de reacción.

- a) Repite el procedimiento descrito anteriormente, para una de las concentraciones de ácido clorhídrico en la que hayas obtenido un tiempo menor a un minuto en el desplazamiento de veinte gotas. Determina el tiempo necesario para desplazar un volumen de veinte, cuarenta, sesenta y ochenta gotas de forma continua, sin detener el experimento ni el cronómetro. Anota tus resultados en la **tabla 3**.

Concentración de ácido clorhídrico seleccionada con  $t < 1\text{min}$ : \_\_\_\_\_ molar

**Tabla 3**

| Avance de reacción | Tiempo en segundos (s) | Rapidez de reacción<br><b>Vr = gotas / t</b> |
|--------------------|------------------------|--|
| 20 gotas           |                        |  |
| 40 gotas           |                        |  |
| 60 gotas           |                        |  |
| 80 gotas           |                        |  |

4. Influencia del cloruro de sodio como catalizador.

- a) Para determinar la influencia de un catalizador, repite el procedimiento con la concentración de ácido clorhídrico 0.1 molar agregando unos cristales de cloruro de sodio que actúa como catalizador en esta reacción, a temperatura ambiente. Utiliza la **tabla 4** para anotar los datos.

**Tabla 4**

| Influencia del catalizador      | Tiempo en segundos | Rapidez de reacción<br><b>Vr = gotas / t</b> |
|---------------------------------|--------------------|--|
| Sin catalizador (experimento 1) |                    |  |
| Con catalizador                 |                    |  |

5. Influencia de la superficie de contacto.

- a) Sigue el mismo procedimiento con la concentración de ácido clorhídrico 0.1 molar empleando ahora magnesio en polvo a temperatura ambiente. Registra tus datos en la **tabla 5**.

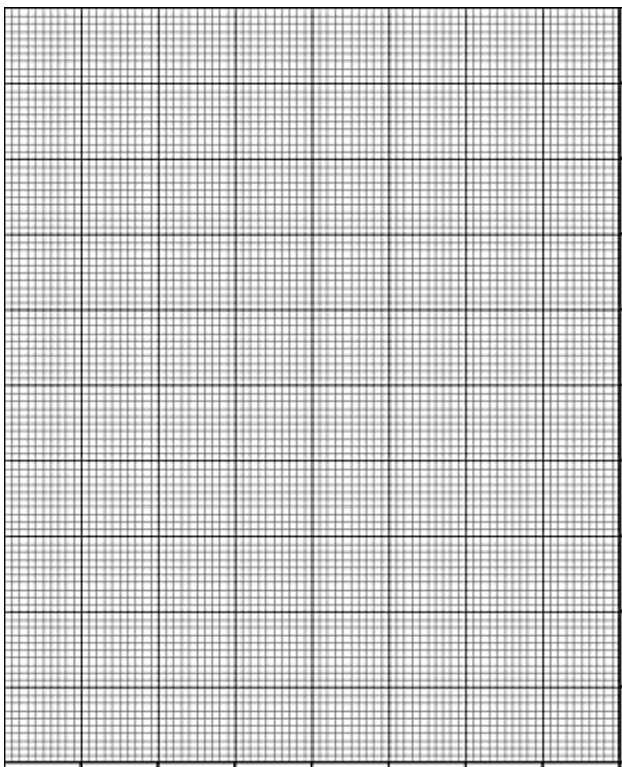
**Tabla 5**

| Influencia de la superficie de contacto | Tiempo en segundos | Rapidez de reacción<br><b>Vr = gotas / t</b> |
|---|--------------------|--|
| Magnesio en cinta (experimento 1)       |                    |  |
| Magnesio en polvo                       |                    |  |

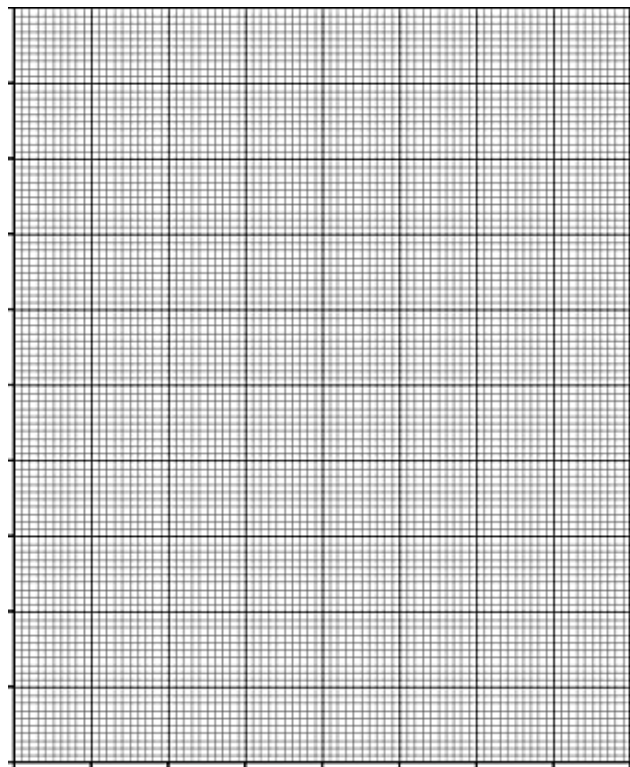
## Ejercicios

- a) Traza las gráficas que muestren el comportamiento de la rapidez de reacción con una línea continua, para los experimentos 2 y 3.

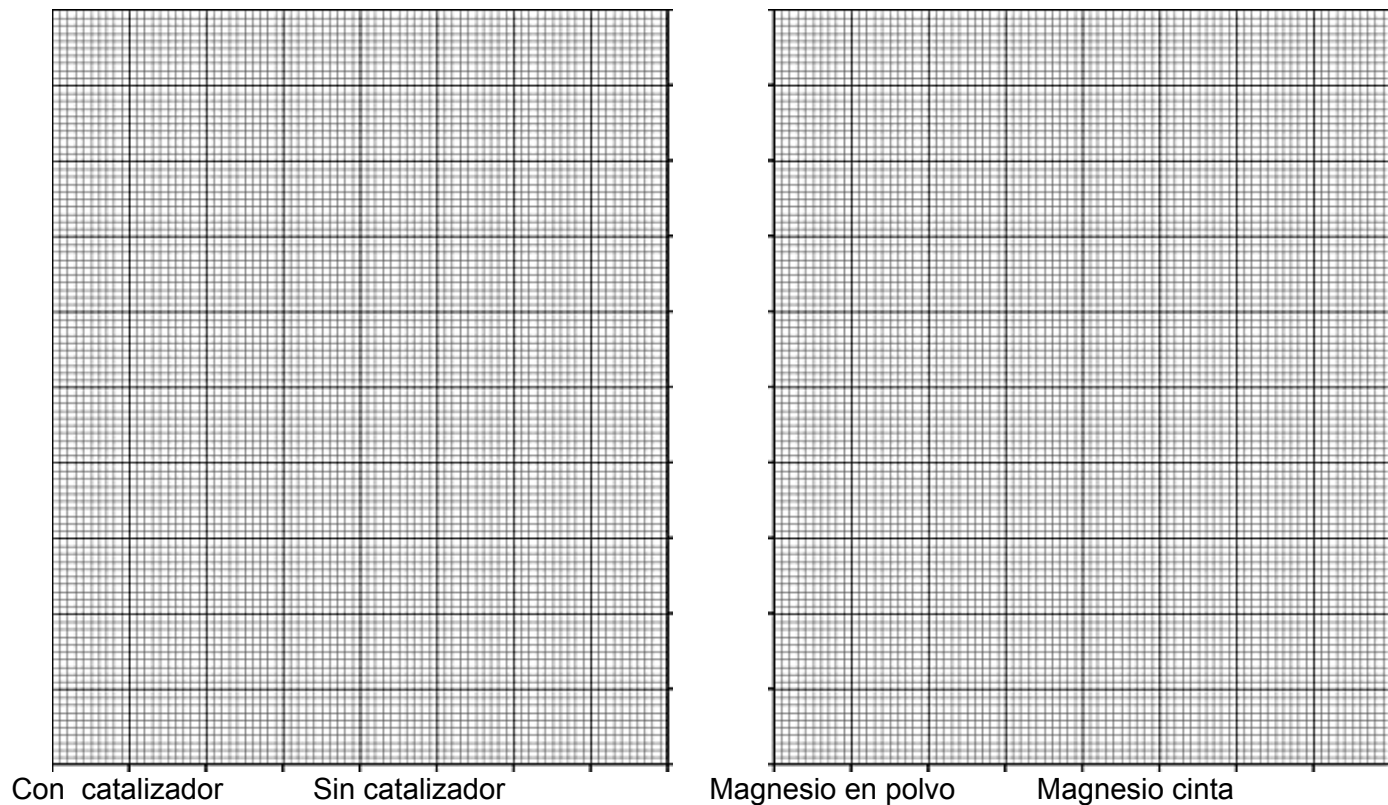
**$V_r$**



**$V_r$**



b) Traza las gráficas con barras, es decir, comparativas para los experimentos 4 y 5.



c) Escribe tus conclusiones indicando cómo afectan las variables estudiadas a la rapidez de reacción.

Concentración: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Temperatura: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Catalizador: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Superficie de contacto: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Avance de reacción: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

### Cuestionario

1. Aunque no se utilizó la concentración 0.35 molar de ácido clorhídrico. Estima a partir de la gráfica 1, por interpolación, la rapidez de reacción para dicha concentración y calcula el tiempo de goteo que hubiera sido necesario para desplazar las veinte gotas a temperatura ambiente.
2. ¿Será importante la concentración del catalizador para la velocidad de reacción?  
¿Cómo confirmarás la hipótesis?
3. Explica a nivel molecular el resultado obtenido respecto de la influencia de la temperatura en la rapidez de reacción.
4. Menciona por lo menos cinco ejemplos de reacciones químicas que ocurren en tu entorno, ya sea: Que realice tu organismo, que se desarrollan en tu casa o durante el camino de tu casa a la escuela. En las que puedas reconocer su rapidez de reacción. Describirlas como instantáneas, rápidas, lentas o muy lentas.

Instantáneas: \_\_\_\_\_

Rápidas: \_\_\_\_\_

Lentas: \_\_\_\_\_

Muy lentas: \_\_\_\_\_

5. Realiza tus conclusiones en una hoja adicional con una extensión mínima de media cuartilla.

6. Anota la bibliografía consultada:







## Objetivos

### El alumno:

- Medirá la rapidez de una reacción en la que se forma un coloide.
- Verificará que la rapidez de reacción puede depender en forma diferente de la concentración de cada reactivo.
- Ilustrará el método de obtención de una gráfica estándar y utilizará esta para encontrar la concentración desconocida de una disolución.

Para el desarrollo de esta práctica es necesario que investigues y entregues un reporte sobre:

- Cómo afecta la variación en la concentración de los reactivos a la rapidez de reacción.
- ¿Qué es un coloide? ¿De qué tamaño son sus partículas? ¿En qué consiste el fenómeno de la dispersión de la luz? ¿Por qué los coloides interactúan dispersando la luz?

## Introducción



Experimentalmente mediremos la rapidez con la que se forma azufre coloidal de acuerdo con la siguiente reacción de descomposición de ion tiosulfato en medio ácido, escrita en forma iónica:



La rapidez de reacción se cuantificará midiendo el tiempo necesario para que se forme una cierta cantidad de azufre suficiente para que enturbie la disolución y nos impida ver a través de ella, con esto se aprovecha una de las propiedades de los coloides, la dispersión de la luz.

El experimento se desarrollará en dos series.

En la primera serie se analizará cómo depende la rapidez de reacción al variar la concentración del tiosulfato de sodio y en la otra, se hará el análisis correspondiente para el otro reactivo, el ácido clorhídrico que provoca la descomposición, se observará que el comportamiento de ambos no es el mismo y que la variación en sus concentraciones afecta en forma diferente la rapidez de reacción. Es importante mencionar que durante el desarrollo del experimento únicamente se modificará una variable del sistema, manteniendo las demás propiedades constantes, como son: temperatura, volumen, presión y concentración de uno de los reactivos.

## Procedimiento

A continuación encontrarás tanto la lista de materiales a utilizar como los procedimientos a seguir.

### Materiales y equipo

- Cronómetro.
- Vaso de precipitados de 10mL.
- Agitador de vidrio.
- Probeta graduada de 10mL.
- Dos picetas.
- Pipeta graduada de 5mL.
- Propipeta.

### Sustancias

- Disolución de ácido clorhídrico 3 molar.
- Disolución de tiosulfato de sodio 0.15 molar.
- Agua.

## Experimentos

1. Rapidez de reacción en función de la concentración del ion tiosulfato.

- a) Toma una hoja de papel y con un marcador traza una cruz visible en el centro.
- b) Agrega al vaso de precipitados 1mL de ácido clorhídrico 3 molar.
- c) Colócalo encima de la cruz y certifica que este perfectamente visible desde arriba del vaso.
- d) Mide con la probeta 4mL de la solución de tiosulfato de sodio correspondiente al primer ensayo sin agregar agua para diluirlo, de acuerdo con la tabla de ejercicios.
- e) Vacía en el vaso de precipitados la solución preparada en la probeta y en ese momento acciona el cronómetro sin dejar de agitar con la varilla de vidrio.
- f) Al irse formado el azufre coloidal, la cruz debajo del vaso irá desapareciendo. Detén el cronómetro cuando dejes de verla. Registra el tiempo de reacción en la tabla de resultados. Vierte los desechos donde te indique tu instructor y lava de inmediato el vaso empleando jabón y escobillón para realizar los siguientes ensayos.
- g) Repite el procedimiento para los ensayos del 2 al 4 de la primera serie donde se varía la concentración de tiosulfato de sodio adicionando el volumen de agua necesaria para diluirlo indicado en la tabla. Anota los tiempos de reacción para cada ensayo en la tabla.
- h) Recibe de tu profesor 4mL de una solución de tiosulfato de sodio de concentración desconocida, coloca 1mL de ácido clorhídrico en el vaso de precipitado y añade la solución problema de tiosulfato de sodio, sigue el procedimiento anterior y anota el tiempo de reacción en el espacio correspondiente al ensayo # 5.

2. Rapidez de reacción en función de la concentración del ácido clorhídrico.

- a) Siguiendo el procedimiento anterior realiza ahora los ensayos 6 al 9, donde el reactivo cuya concentración varía es el ácido, de acuerdo con la tabla.

## Ejercicios

- a) Calcula las concentraciones de las disoluciones de los ensayos anteriores después de mezclar los reactivos considerando el factor de dilución, anota tus cálculos en la tabla, donde ya se han colocado algunas de las concentraciones de tiosulfato de sodio y ácido clorhídrico. Utiliza la siguiente fórmula y el ejemplo desarrollado.

Formula:  $C_1V_1 = C_2V_2$

$$\frac{\text{Concentración inicial} \times \text{volumen inicial}}{\text{volumen final}} = \text{Concentración final}$$

Ejemplo:

$$\frac{[\text{S}_2\text{O}_3^{-2}] \text{ 0.15 mol / L} \times 4\text{ml}}{5\text{ml}} = 0.12 \text{ mol / L}$$

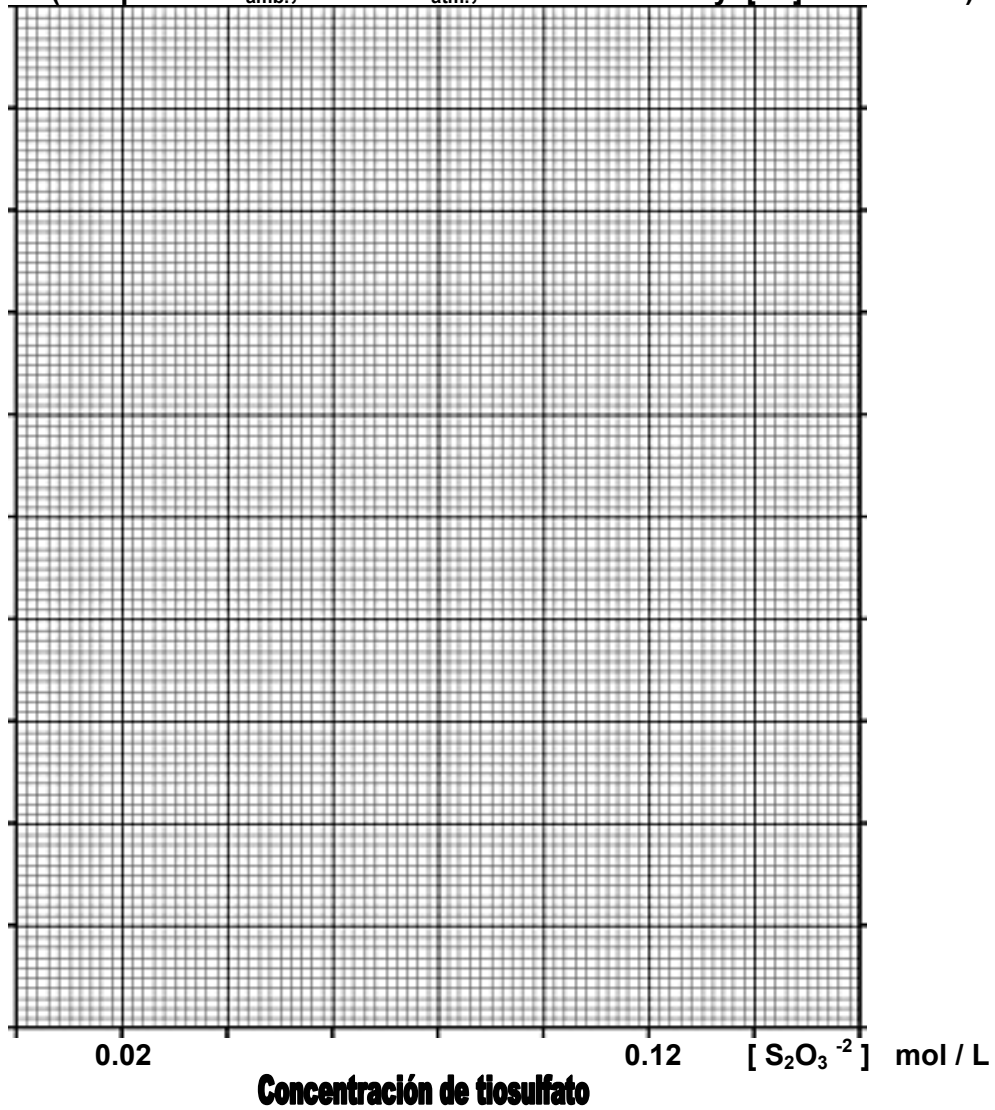
- b) En todos los ensayos debe calcularse la variable  $1/t$  que es proporcional a los gramos formados de azufre en un segundo, es decir, esta variable puede reconocerse como una medida directa de la rapidez de la reacción.

**tabla de resultados**

| Ensayo # | mL de disol. de tiosulfato | mL de agua | mL de disol. de ácido | Conc. final de la disol. de tiosulfato | Conc. final de la disol. ácido | tiempo (s) | Rapidez $1/t$ |
|----------|----------------------------|------------|-----------------------|--|--------------------------------|------------|---------------|
| 1        | 4                          | 0          | 1                     | 0.12                                   | 0.6                            |            |               |
| 2        | 3                          | 1          | 1                     |  |                                |            |               |
| 3        | 2                          | 2          | 1                     |  |                                |            |               |
| 4        | 1                          | 3          | 1                     |  |                                |            |               |
| 5        | $V_{Tio} =$                | $V_{Agua}$ | 1                     |  |                                |            |               |
| 6        | 2.5                        | 0          | 2.5                   | 0.075                                  | 1.5                            |            |               |
| 7        | 2.5                        | 0.5        | 2                     |  |                                |            |               |
| 8        | 2.5                        | 1          | 1.5                   |  |                                |            |               |
| 9        | 2.5                        | 1.5        | 1                     |  |                                |            |               |

- c) Traza la gráfica de rapidez de reacción en función de la concentración de tiosulfato de sodio con los datos obtenidos en la primera serie de ensayos (del 1 al 4).
- d) Utiliza la gráfica para calcular la concentración de la solución problema que te dio tu profesor en el ensayo cinco. Con el dato de rapidez de reacción obtén de la gráfica la concentración desconocida y tomando en cuenta el efecto de la dilución calcula los volúmenes de solución de tiosulfato y de agua que se emplearon para prepararla, regístralos como  $(V_{Tio}, V_{Agua})$ .

**$V_r = 1/t$**  (Temperatura <sub>amb.</sub>; Presión <sub>atm.</sub>; Volumen=5mL y  $[H^+] = 0.6$  molar) constantes



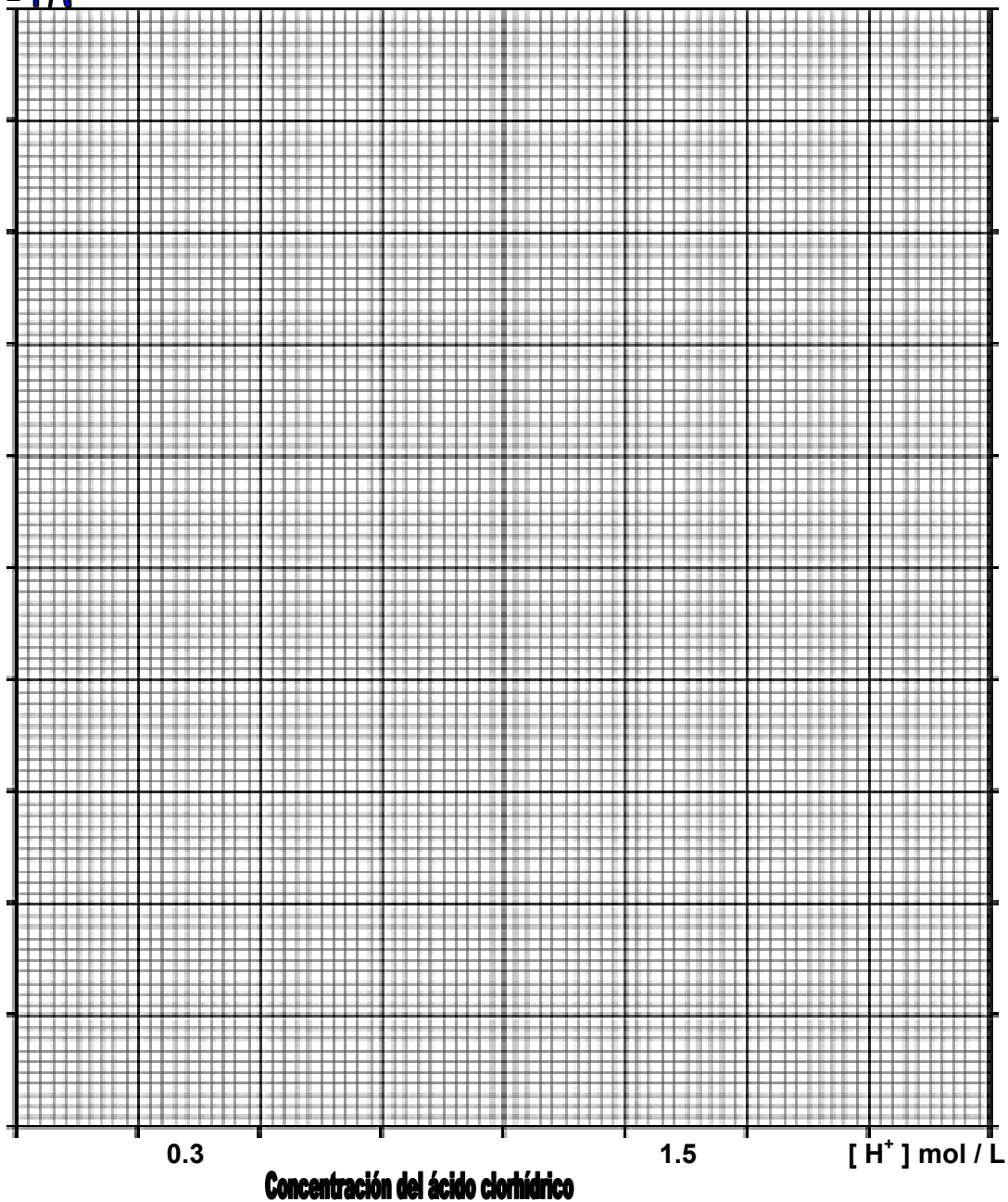
e) Indica el comportamiento de la rapidez de reacción con el cambio en la concentración de la disolución de tiosulfato de sodio:

---

---

- f) Traza otra gráfica para la segunda serie de ensayos (del 6 al 9), que muestre la variación de la rapidez de reacción en función de la concentración del ácido clorhídrico. Completa en la gráfica la escala y las condiciones de reacción.

$V_r = 1/t$



- h) Indica el efecto del cambio en la concentración de la disolución del ácido clorhídrico sobre la rapidez de reacción:

---

---



## Cuestionario

1. ¿Qué puedes concluir cuando en una gráfica de rapidez de reacción contra concentración resulta una línea paralela al eje de las abscisas?
2. Supón que dejas reaccionar algunos de los ensayos de esta práctica durante todo un día, de tal forma que la reacción llega al equilibrio y se produce la máxima cantidad de azufre. ¿Qué cantidad adicional de azufre se obtendría con respecto de aquel formato al detener el cronómetro durante la práctica?
3. Lo que has determinado realmente en esta práctica es la rapidez inicial de reacción. Investiga para un intervalo lo suficientemente amplio de tiempo, cómo son las gráficas de rapidez contra tiempo, explica como son dichas gráficas y dibújala en el espacio correspondiente.

---

---

---

---

---

---

Rapidez

Tiempo

4. Menciona tres ejemplos de la vida diaria donde la rapidez de una reacción química y los factores que la afectan intervienen de manera decisiva. Ejemplo: el tiempo necesario para la cocción de frijoles en cualquier olla y en la olla Express (a mayor temperatura y presión).

---

---

---

5. Realiza en una hoja adicional tus conclusiones con extensión mínima de media cuartilla.

6. Bibliografía: \_\_\_\_\_



Anexo V:

Encontramos la siguiente información acerca de la composición de una tableta de Alka-Seltzer, que contiene: 1.976 g de bicarbonato de sodio; 1.000 g de ácido cítrico; 0.324 g. de ácido acetilsalicílico (Bayerandina, 2013)

La constante de basicidad de bicarbonato es:  $pK_b = 7.6$  (Gillespie, 1990)

Los ácidos orgánicos de la fórmula son ácidos débiles cuyas constantes de acidez son:

Ácido cítrico  $pK_{a1} = 3.06$ ;  $pK_{a2} = 4.74$ ;  $pK_{a3} = 5.40$ ; Ácido acetilsalicílico  $pK_a = 3.5$ , (Connors, 1981)