

Estudio experimental de los procesos oscilantes con énfasis
en la reacción Briggs-Rauscher con respecto al equilibrio
químico

Ellyger Daniela Ariza Castellanos Código:
2015215005 Juan David Linares
Rodríguez Código: 2015215039 Javier
Alexis Restrepo Barrero Código:
2015215058

Universidad Pedagógica
Nacional Facultad de Ciencia
y Tecnología Departamento
de Licenciatura en Química
Bogotá D.C
2021

Estudio experimental de los procesos oscilantes con énfasis
en la reacción Briggs-Rauscher con respecto al equilibrio
químico.

Ellyger Daniela Ariza Castellanos Código:
2015215005 Juan David Linares
Rodríguez Código: 2015215039 Javier
Alexis Restrepo Barrero Código:
2015215058

Trabajo para optar al título de Licenciatura en Química

Director:

Sandra Sandoval Osorio

Línea de investigación: Enseñanza de las ciencias desde una
perspectiva fenomenológica

Grupo de Investigación: Estudios histórico-críticos y enseñanza de
las ciencias EHC[^]EC

Universidad Pedagógica
Nacional Facultad de Ciencia
y Tecnología Departamento
de Licenciatura en Química
Bogotá D.C
2021

RESUMEN

En el siguiente trabajo se propone el estudio experimental de las reacciones oscilantes con respecto al equilibrio químico, para ello se diseña una unidad didáctica que contiene el cuerpo de actividades para el aula y un apartado de dos prácticas de laboratorio remotas en casa, una construida con la participación de los estudiantes y la segunda a manera demostrativa, siendo desarrollada por los tesisas. La sistematización de estas experiencias se hace a través de tres capítulos con finalidad en una herramienta denominada cuaderno digital, empleando el ambiente virtual de aprendizaje Classroom.

PALABRAS CLAVE

Equilibrio químico, prácticas de laboratorio, reacciones oscilantes, sistematización de experiencias.

ABSTRACT

In the following work the experimental study of the oscillating reactions with respect to the chemical equilibrium is proposed, for this a didactic unit is designed that contains the body of activities for the classroom and a section of two remote laboratory practices at home. The systematization of these experiences is done through three chapters with a purpose in a tool called digital notebook, using the virtual learning environment Classroom.

Tabla de contenido

RESUMEN	3
PALABRAS CLAVE	3
ABSTRACT.....	3
CAPÍTULO 1	9
INTRODUCCIÓN	9
ANTECEDENTES.....	10
Enseñanza de equilibrio químico	12
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
Pregunta Problema	14
OBJETIVOS.....	15
GENERAL	15
ESPECÍFICOS.....	15
3. METODOLOGÍA.....	15
Descripción	15
Fase 1: Formulación y documentación del problema.	15
Fase 2: Diseño y realización de actividades experimentales sobre las reacciones químicas oscilantes y el efecto de variables como la temperatura y la diferencia de potencial.	16
Fase 3: Diseño de trabajo en el aula e implementación.	16
Fase 4: Sistematización de experiencias	17
CAPÍTULO 2	19
REFERENTE TEÓRICO	19
Análisis epistemológico	22
CAPÍTULO 3	25
Estudio de las actividades experimentales de las reacciones oscilantes.....	25
Laboratorio 1. Reloj de Yodo	25
Laboratorio 2. Modificación a la Reacción química oscilante BR.....	31
CAPÍTULO 4	39
Actividades planteadas para desarrollar en el aula.....	39
Actividad 1. Primera actividad	40
Actividad 2. Laboratorio 1 reloj de yodo	41
Actividad 3. Retroalimentación.....	42
Actividad 4. Introducción a las Reacciones oscilantes	42
Actividad 5. Laboratorio 2 reacción oscilante BR	42
Actividad 6. Diagramas de mecanismo de reacción.....	43
Actividad 7. Cuaderno digital.....	43
Actividad 8. Prueba de salida.....	43
CAPÍTULO 5	44

Parte introductoria	44
Actividad 1. Primera actividad	44
Actividad 2. Laboratorio 1. Reloj de yodo.....	46
Retroalimentación actividad experimental 1	52
Sesiones de clase	53
Diagramas de Mecanismos de Reacción	54
Presentación Actividad Experimental 2	58
Entrega Final: Cuaderno Digital	60
CONCLUSIONES	61
Sobre el problema abordado	61
Sobre la actividad experimental con fines pedagógicos	61
Sobre la implementación de las actividades.	62
RECOMENDACIONES.....	63
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64

Índice de Figuras.

Figura 1. Metodología realizada en el trabajo de grado.	18
Figura 2. Esquema realizado con base en las temáticas que se abordan.	19
Figura 3. Oxido reducción del sistema y su coloración respectiva	21
Figura 4. Diagrama de flujo, metodología de la práctica de laboratorio.	26
Figura 5 Desarrollo de la práctica de laboratorio reloj de yodo	27
Figura 6. Diagrama de flujo, metodología de la práctica de laboratorio.	31
Figura 7. Registro fotográfico reacción BR, modificada / hora.	32
Figura 8. El equipo utilizado corresponde a un multímetro marca UNIT-T	32
Figura 9. Registro de informe, estudiante E1 Teorías Químicas III : Práctica de laboratorio reloj de yodo.	48
Figura 10. Registro de informe, estudiante E5 Teorías Químicas III : Práctica de laboratorio reloj de yodo.	48
Figura 11. Registro de informe, estudiante E3 Teorías Químicas III: Práctica de laboratorio reloj de yodo.	49
Figura 12. Registro de informe, estudiante E6 Teorías Químicas III: Práctica de laboratorio reloj de yodo.	49
Figura 13. Fórmula del porcentaje masa/volumen.	49
Figura 14. Registro de informe, estudiante E2 Teorías Químicas III: Práctica de laboratorio reloj de yodo.	50
Figura 15. Fórmula de disoluciones.	50
Figura 16. Diagrama reloj de yodo, elaborado por estudiante E4	55
Figura 17. Diagrama reloj de yodo, elaborado por estudiante E1	55
Figura 18. Diagrama reloj de yodo, elaborado por estudiante E5	56
Figura 19. Diagrama reloj de yodo, elaborado por estudiante E3 y E2	56
Figura 20. Diagrama BZ , elaborado por estudiante E3	57
Figura 21. Diagrama BZ, elaborado por estudiante E5	57
Figura 22. Diagrama BR, elaborado por estudiante E5	58
Figura 23. Diagrama BR, elaborado por estudiante E9	58

Índice de Gráficos.

<i>Gráfico 1. Gráfica de orden de reacción.</i>	<u>28</u>
<i>Gráfico 2. Gráfica de $\ln t / 1/T$</i>	<u>29</u>
<i>Gráfico 3. Diferencia de potencial sistema 1</i>	<u>34</u>
<i>Gráfico 4. Diferencia de potencial sistema 2</i>	<u>34</u>

Índice de Tablas.

<i>Tabla 1. Estudio de las reacciones químicas oscilantes en el siglo XX</i>	10
<i>Tabla 2. Cálculos realizados para hallar la concentración inicial de la tintura de yodo.</i>	27
<i>Tabla 3. Tratamiento matemático para hallar el orden de reacción.</i>	28
<i>Tabla 4. Cálculos realizados para hallar la energía de activación.</i>	29
<i>Tabla 5. Relación colorimétrica de la reacción oscilante Briggs- Rauscher modificada.</i>	32
<i>Tabla 6. Registro de actividades en el aula</i>	39
<i>Tabla 7. Barra de herramientas cuaderno digital</i>	60
<i>Tabla 8. Ejemplo de la utilización de la barra de herramientas</i>	60

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

Cuando se habla de reacciones químicas en equilibrio frecuentemente se plantea la idea de una reacción exclusivamente lineal, con estimaciones de productos y reactantes donde una constante de equilibrio define la direccionalidad en la que tiende el avance de una reacción. La constante de equilibrio permite una interpretación del sentido, este cálculo es el factor concluyente más específico de esta dirección pareciendo que favorece la formación de productos o la formación de reactivos hasta obtener la magnitud del equilibrio en cada caso; en consecuencia, al presentarse una reacción, de forma general se describe típicamente como aquella transformación de unas especies reactantes hasta obtener unas nuevas, lo que de forma empírica establecemos como lineal, su inicio y su fin son fijos.

Una reacción química típica relaciona el cambio de concentración con el paso del tiempo, desde un inicio hasta un final, pero, en las reacciones oscilantes se tiene un comportamiento diferente puesto que sus concentraciones varían regularmente y se establecen ciclos; están en constante fluctuación, su cambio transcurre independientemente del tiempo, y es así que se puede hacer un seguimiento de las modificaciones como color, absorción y potenciales, y determinación de aquellos cambios de concentración. Una de las reacciones más representativas de este tipo, es la reacción de Belousov-Zhabotinsky, cuya representación explica de manera ideal el comportamiento de las reacciones oscilantes.

La dinámica global de estas reacciones que se denominan oscilantes parece entrar en contradicción con lo ya establecido para el equilibrio químico clásico, sin embargo, es necesario el análisis de las condiciones iniciales de la reacción y de las nuevas interacciones entre los productos de las primeras reacciones con otros reactantes presentes para comprender el desarrollo de estos sistemas.

En este contexto, el presente proyecto se realiza en el marco del grupo de investigación Estudios histórico-críticos y enseñanza de las ciencias haciendo énfasis en la construcción de un ambiente de aprendizaje experimental para el estudio de las reacciones oscilantes dentro del campo del equilibrio químico con estudiantes de cursos iniciales de educación superior de la licenciatura en química, de la Universidad Pedagógica Nacional. Lo anterior, se desarrolla a través de fases metodológicas, mediadas por el uso de prácticas de laboratorio, que tienen como objeto el estudio de algunas reacciones de las denominadas oscilantes que poseen características particulares para su análisis.

ANTECEDENTES

1.1 Reacciones Oscilantes

El estudio de sistemas químicos en los cuales la autoorganización es el eje central se ha desarrollado desde la década de 1920 explicando que sucedía una anomalía en una reacción que mostraba aumento-disminución de concentraciones de las especies químicas implicadas en el final del proceso y simultáneamente el inicio del ciclo que “regenera” la reacción.

Desde la reacción Bray-Liebhafsky, hasta la combinación de sus predecesores en la reacción de Briggs-Rauscher, el número de reacciones de este particular sistema oscilante ha disminuido con respecto a la adición de nuevos mecanismos de reacción con características similares hasta la década de 1979, sin embargo el proceso para su realización a su vez ha sufrido modificaciones considerables y se ha podido analizar con mayor detenimiento el funcionamiento de estas dos reacciones de otras más que han resaltado en el contexto de las reacciones oscilantes. (Patiño, I; 2005)

En el siguiente cuadro se mencionan algunas de estas reacciones en relación con su año de estudio y mecanismo de reacción correspondiente para su posterior análisis:

Tabla 1. Estudio de las reacciones químicas oscilantes en el siglo XX

Nombre de la reacción	Año	Reacción
Bray	1921	$2 H_2O_2 \rightarrow 2 H_2O + O_{2(g)}^1$ $5 H_2O_2 + 2 IO_3^- + 2 H^+ \rightarrow I_2 + 5 O_2 + 6 H_2O$ $5 H_2O_2 + I_2 \rightarrow 2 IO_3^- + 2 H^+ + 4 H_2O$ (Ren, Jie, Gao, Jinzhang, & Yang, Wu, 2012, p.131)
Bray-Liebhafsky	1921-1967	$IO_3^- + I^- + 2 H^+ \rightarrow HIO_2 + HOI$ $HIO_2 + I^- + H^+ \rightarrow 2 HOI$ $HOI + I^- + H^+ \leftrightarrow I_2 + H_2O$ $HOI + H_2O_2 \rightarrow I^- + H^+ + O_{2(ac)} + H_2O$ $I^- + H^+ + H_2O_2 \rightarrow HOI + H_2O$ $I_2 \leftrightarrow 2 I^\bullet$ $I^\bullet + O_{2(ac)} \leftrightarrow IOO^\bullet$ $IOO^\bullet \leftrightarrow IO_2^\bullet$ $2 IO_2^\bullet + H_2O \rightarrow IO_3^- + H^+ + HIO_2$ $O_{2(ac)} \leftrightarrow O_{2(g)}$ (Zambrano, S 2014)

¹ Se toma de la referencia de Ren Jie & otros, donde aparece sin balancear esta ecuación química. El balanceo de la ecuación se ha realizado durante el desarrollo del trabajo de grado.

Belousov	1950	$8C_6O_7H_8 + Ce^{4+} + 1e^- \rightarrow 9C_5O_5H_6 + Ce^{3+} + 3CO_2 + 5H_2O^2$ $BrO_3^- + Ce^{3+} + H^+ \rightarrow Ce^{4+} + Br^-$ $Br^- + 2H^+ + BrO_3^- \rightarrow HBrO + HBrO_2$ $H^+ + Br^- + HBrO \rightarrow 2Br^- + 2H_2O$ $3H^+ + 3Br^- + HBrO_2 \rightarrow 2Br_2 + 2H_2O$ $C_5O_5H_6 + 5Br_2 \rightarrow C_3OHBr_5 + 5Br^- + 2CO_2 + 5H^+$ (Pechenkin, 2009)
Belousov - Zhabotinsky	1950 - 1962	$HOBr + Br^- + H^+ \leftrightarrow Br_2 + H_2O$ $HBrO_2 + Br^- + H^+ \rightarrow 2HOBr$ $BrO_3^- + Br^- + 2H^+ \rightarrow HBrO_2 + HOBr$ $2HBrO_2 \rightarrow BrO_3^- + HOBr + H^+$ $BrO_3^- + HBrO_2 + H^+ \leftrightarrow 2BrO_2 + H_2O$ $BrO_2 + Ce^{3+} + H^+ \leftrightarrow HBrO_2 + Ce^{4+}$ $BrO_2 + Ce^{4+} + H_2O \rightarrow BrO_3^- + Ce^{3+} + 2H^+$ $Br_2 + CH_2(COOH)_2 \rightarrow BrCH(COOH)_2 + Br^- + H^+$ $6Ce^{4+} + CH_2(COOH)_2 + 2H_2O \rightarrow 6Ce^{3+} + HCOOH + 2CO_2 + 6H^+$ $4Ce^{4+} + BrCH(COOH)_2 + 2H_2O \rightarrow Br^- + 4Ce^{3+} + HCOOH + 2CO_2 + 5H^+$ (Patiño, 2005)
Briggs - Rauscher	1973	$2H_2O_2 + IO_3^- + H^+ \rightarrow HIO + 2O_2 + 2H_2O$ $HIO + CH_2(CO_2H)_2 \rightarrow ICH(CO_2H)_2 + H_2O$ $IO_3^- + I^- + 2H^+ \rightarrow HIO_2 + HIO$ $HIO_2 + I^- \rightarrow HIO$ $2HIO + 2H_2O_2 \rightarrow 2I^- + 2O_2 + 2H^+ + 2H_2O$ $2IO_3^- + 2HIO_2 + 2H^+ \rightarrow 4 \cdot IO_2 + 2H_2O$ $4 \cdot IO_2 + 4Mn^{2+} + 4H_2O \rightarrow 4HIO_2 + 4Mn(OH)^{2+}$ $4Mn(OH)^{2+} + 4H_2O_2 \rightarrow 4Mn^{2+} + 4H_2O + 4HOO \cdot$ $4HOO \cdot \rightarrow 2H_2O_2 + 2O_2$ $2HIO_2 \rightarrow IO_3^- + HIO + H^+$ $I^- + HIO + H^+ \rightarrow I_2 + H_2O$ $I_2 + CH_2(CO_2H)_2 \rightarrow ICH(CO_2H)_2 + H^+ + I^-$ (T. S. Briggs, W. C. Rauscher, 1973)

A partir de las reacciones ya mencionadas, comienza una serie de estudios sobre el cambio de las concentraciones de algunas de las sustancias del proceso oscilante, modificación de condiciones iniciales -agitación, potencial eléctrico-, medición de las oscilaciones por modelos matemáticos (oregonator), sistema homogéneo cerrado, etc.

De acuerdo con Barragán D. & Agreda B. (1998), en su artículo *Simulación de mecanismos complejos de reacción. Dinámica discreta de la reacción de*

² Se toma de la referencia de Pechenkin, donde aparece sin balancear esta ecuación química, tanto en masa como en eléctricamente. El balanceo de la ecuación se ha realizado durante el desarrollo del trabajo de grado.

Belousov-Zhabotinsky, detalla el funcionamiento de los mecanismos de reacción propios de las reacciones oscilantes mediante una interpretación cualitativa, resaltando que:

El estudio de reacciones complejas, es decir, el conjunto de reacciones que es imposible reducir a un solo paso para estudiar su comportamiento cinético, se basan en el principio de independencia o coexistencia de las reacciones elementales, el cual plantea que si en un sistema ocurren simultáneamente varias reacciones, cada una es independiente de las demás y su velocidad de reacción está expresada en función de la concentración de sus propios reactivos". (Barragán D. & Agreda B. 1998, p. 73).

Por su parte, G. Dupuis & N. Berland, (2001) en su artículo *Réactions oscillantes - Ondes chimiques* hace un análisis histórico y experimental del estudio de los fenómenos involucrados en los sistemas oscilantes, su explicación teórica y descriptiva, el planteamiento de aspectos experimentales en función del mecanismo de reacción y los modelos matemáticos característicos del análisis de este tipo de reacciones desde una perspectiva más amplia que relaciona desde los conceptos de ondas químicas hasta términos como afinidad y equilibrio.

Enseñanza de equilibrio químico

La enseñanza del equilibrio químico basa su componente teórico en el establecimiento de un estado, en el cual variables como temperatura, presión, concentración se consideran constantes dando lugar a una regulación en cuanto a la cinética del sistema.

Una reacción química típica se encuentra en estado de equilibrio químico cuando las velocidades de reactantes y productos son iguales. Por otro lado, si la temperatura es constante en varios de los puntos de la mezcla, la estabilidad térmica se suma al establecimiento de la condición de equilibrio, que junto a una disminución en la parte mecánica del proceso derivan en lo que se reconoce como equilibrio químico termodinámico.

De acuerdo con lo anterior, las reacciones oscilantes no cumplen con los criterios mecánicos y químicos de un estado de equilibrio, debido a la fluctuación de las concentraciones de los productos intermediarios de la disolución; sin embargo, es interesante el estudio de estos procesos lejos del equilibrio que producen sistemas auto-organizados, una característica que no hace parte de la descripción de las reacciones convencionales. La modificación abrupta en las sustancias catalíticas lleva al proceso a la catástrofe de la periodicidad de la oscilación, lo que demuestra la importancia de estas en la evolución hacia un equilibrio químico final.

El propósito del análisis de este tipo de reacciones es hacer la relación que presentan con la enseñanza del concepto clave en química como lo es el equilibrio químico, dado que su desarrollo conceptual está involucrado de forma casi que inmediata, en ciertas etapas del proceso de enseñanza de la química.

Por esta razón, se han consultado algunos artículos que abordan la problemática de la enseñanza de estos temas.

J. Quilez & V. Sanjose, en su artículo *Errores conceptuales en el estudio del equilibrio químico: nuevas aportaciones relacionadas con la incorrecta aplicación del principio de Le Chatelier*, presenta su investigación dedicada al planteamiento de la problemática relacionada con enseñar equilibrio químico, dada la incorrecta interpretación y el tratamiento superficial que corresponde al control de variables y al empleo de estrategias para un óptimo aprendizaje, planteando así que el docente debe cuestionarse cómo enseña y qué es lo que evalúa, ya que según dice:

El aprendizaje del concepto de equilibrio químico requiere el conocimiento previo de un gran número de conceptos relacionados con él. Ello, unido a la naturaleza abstracta del mismo, hace que sea uno de los aspectos más difíciles de enseñar. (Quilez, Sanjose. 1995, p. 72)

Tal es el caso de H. Moncaleano, C. Furio, J. Hernández & M. Calatayud (2003) en su artículo llamado *Comprensión del equilibrio químico y dificultades en su aprendizaje* donde se especifican los planteamientos de la problemática al momento de comprender el equilibrio químico y los obstáculos que se pueden presentar, además del diseño de una metodología de enfoque múltiple con encuestas y entrevistas que tenían como objetivo el explorar la perspectiva cuantitativa y cualitativa de los estudiantes con respecto a equilibrio químico.

Del mismo modo, J. Quilez (2006) hace un análisis de los obstáculos de aprendizaje propios de los referentes teóricos cuando se abordan libros de texto además de la perspectiva tanto de estudiantes así como de maestros cuando se indaga sobre equilibrio químico, por ello en su artículo titulado *Análisis de Problemas de selectividad de equilibrio químico: Errores y dificultades correspondientes a libros de texto, alumnos y profesores* analiza una serie de problemas de selectividad en relación con la consideración de que, el equilibrio químico es uno de los temas con más dificultades de enseñanza, además de como el principio de Le Chatelier se usa de forma que se ha convertido en el único referente para los contextos de equilibrio químico cuando su rango de aplicabilidad no corresponde.

Los autores mencionados llegan a un punto central en cuanto a las dificultades en la enseñanza del equilibrio químico, siendo la falta de comprensión de conceptos ligados a las propiedades cualitativas y cuantitativas, además del análisis de estudio de la enseñanza de conceptos propios del equilibrio químico; su punto de vista aborda la idea de relacionar conceptos vistos con la explicación de nuevos temas, afirmando que no se establece una conexión entre ellos, generando obstáculos que resultan confusos para la mayoría de los estudiantes, por lo que se tratan como fenómenos aislados.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Generalmente se tiene una visión cuantitativa del equilibrio en relación con constantes y cálculos matemáticos que favorecen la resolución de problemas; el planteamiento de ecuaciones con finalidades particularmente descriptivas y lineales, dejando de lado plantear situaciones problemáticas de interés (o simplemente problemas) cuya solución se justifique por una necesidad epistemológica, económica o social y, lleve a la formulación de nuevos conceptos científicos, tal como señala Gil (1996) al proponer nuevas tendencias constructivistas en la enseñanza de las ciencias.

En la enseñanza de la química es necesario el desarrollo de componentes experimentales propiamente llamados prácticas de laboratorio, que conlleven a la interacción del estudiante con los fenómenos mejorando el proceso de comprensión.

La interpretación de las reacciones químicas es crucial, en particular cuando se trata de reacciones complejas (reacciones oscilantes) que modifican y enriquecen el concepto clásico de equilibrio, debido a que hay fluctuaciones de concentraciones continuamente que se expresan en cambios cíclicos de coloración de algunas de las sustancias intermedias y/o variaciones de potenciales eléctricos. No es muy usual encontrar la temática en los planes académicos en semestres iniciales e intermedios en estudios de pregrado en el campo de la química. Es por ello que su consideración al momento de encontrar referentes teóricos es escasa, sin embargo, no es nula, dado que en el campo de la investigación estas reacciones resultan importantes para comprender los procesos bioquímicos que funcionan de acuerdo a la oscilación de las concentraciones de las especies químicas implicadas.

Teniendo en cuenta las razones anteriormente descritas se ha propuesto relacionar la explicación sobre los mecanismos de reacción de los sistemas oscilantes con la experimentación en el laboratorio, durante el proceso de enseñanza-aprendizaje del concepto de equilibrio químico desde la visión termodinámica, para contribuir en la construcción de conocimientos durante el proceso de formación educativa.

Pregunta Problema

¿Cómo abordar la enseñanza del equilibrio químico desde un trabajo experimental, sobre el estudio de reacciones oscilantes, sus variables y condiciones de reacción?

OBJETIVOS

GENERAL

- Reconocer las reacciones oscilantes como un caso de estudio adecuado para la enseñanza de equilibrio y cinética química desde la comprensión y formulación de metodologías experimentales, que propicien la interpretación de la relación entre linealidad y oscilación.

ESPECÍFICOS

- Caracterizar los conceptos relacionados con equilibrio químico en relación con las particularidades que presentan las reacciones oscilantes y su aporte al aprendizaje de la química en el ámbito de la educación superior.
- Analizar como la cualidad de autoorganización propia de los sistemas oscilantes ayudaría a una ampliación de la explicación de equilibrio químico, desde la relación entre variación de concentración con respecto a una o más especies participantes.
- Diseñar prácticas de laboratorio que permitan el análisis de algunas reacciones oscilantes con respecto a variables tales como agitación y reactivos.
- Sistematizar las experiencias desarrolladas con base en actividades experimentales en relación con el estudio del equilibrio químico.

3. METODOLOGÍA

Descripción

En este trabajo se ha planteado una indagación en fuentes especializadas y un desarrollo experimental cuya construcción final es un análisis que permita evidenciar los diferentes cambios propios sobre las reacciones oscilantes, que generan distintos procesos que ayudan a comprender el equilibrio en los procesos químicos y que más adelante, aporta a una perspectiva de la enseñanza de la química, particularmente del equilibrio en las reacciones químicas.

Se realizan una serie de intervenciones con el espacio académico Teorías Químicas III, de la Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional, (semestre 2021-1) entre ellas prácticas experimentales remotas.

A continuación, se enuncian y describen las fases de la investigación desarrollada que se ilustra en la Figura 1.

Fase 1: Formulación y documentación del problema.

La primera fase aborda: consulta de material con respecto a las reacciones oscilantes, sistemas cercanos y lejanos del equilibrio químico, autoorganización y la enseñanza del equilibrio químico; el diseño y la documentación inicial de un proyecto de investigación hace énfasis en actividades experienciales que

expliquen el funcionamiento de especies químicas en procesos no convencionales. A continuación, se nombran los sistemas que fueron determinantes para avanzar con la investigación, BZ (Belousov-Zhabotinsky) y BR (Briggs-Rauscher).

Fase 2: Diseño y realización de actividades experimentales sobre las reacciones químicas oscilantes y el efecto de variables como la temperatura y la diferencia de potencial.

Para el desarrollo de las sesiones de laboratorio los tesistas realizan las experiencias con el fin de identificar y estandarizar los procedimientos involucrados; es importante por otro lado, seleccionar concienzudamente el material que será utilizado durante la implementación. Además, se realizan cálculos (tratamientos matemáticos) para la preparación de soluciones, condiciones de calentamiento y enfriamiento (medidos por un termómetro ambiental y mezclas con agua potable), equipos para la agitación (agitador magnético con imán) y registro de la diferencia de potencial eléctrico (multímetro); estas prácticas de laboratorio serán puestas a una serie de pruebas y así, ser mejoradas en aras de obtener resultados confiables y facilidad en su sistematización.

Cabe resaltar que estas prácticas experimentales planteadas están sustentadas mediante protocolos de laboratorio dentro del formato de guías de laboratorio que se encuentran dentro anexo 1. Unidad didáctica.

Fase 3: Diseño de trabajo en el aula e implementación.

Para la implementación se diseña material para los participantes del espacio académico de Teorías Químicas III, estudiando las reacciones oscilantes en relación con sus antecedentes, el principio de Le Chatelier, equilibrio químico, mecanismos de reacción de procesos como BZ y BR, equilibrio químico lejano y cercano, relación con los sistemas químicos oscilantes; anexo 1.1. Presentaciones realizadas.

La fase inicial consta de una primera actividad, que recoge los conocimientos ya adquiridos sobre temáticas químicas incluyendo el tema central de este trabajo de grado reacciones oscilantes; posteriormente se realiza la primera experiencia, se propone a manera de evaluación de un sistema químico que estudia la observación de las condiciones de reacción.

Para la tercera intervención, se identificaron las principales especies químicas que participan a lo largo de las etapas que conforman el mecanismo de los procesos Belousov-Zhabotinsky (BZ) y Briggs-Rauscher (BR), haciendo énfasis en la oxidación-reducción, la incidencia de los catalizadores y la observación de cambios de coloración.

En la anterior intervención se logra un contraste en los esquemas diseñados sobre los mecanismos de reacción de los procesos BZ, Landolt (casera) y BR, además de ampliar el tema de equilibrio químico lejano y cercano; a continuación, se hace la ejecución y presentación de la reacción Briggs-Rauscher con su respectivo registro fotográfico y medidas de diferencia de potencial que contribuyen a la explicación de tales oscilaciones por las cuales pasa el sistema y a veces son imperceptibles colorimétricamente.

Se usa como medio para el registro de las actividades de la clase la construcción de un cuaderno digital con las experiencias trabajadas durante un número determinado de sesiones propias del curso teorías químicas III, ofertado en tercer semestre de la Licenciatura en química de la Universidad Pedagógica Nacional.

El contenido estará sustentado en las ideas sobre los conceptos que tienen los estudiantes acerca de la temática reacciones oscilantes y sus contenidos derivados típicos de las reacciones, que para este caso son: condiciones de reacción, mecanismos que explican los procesos oscilantes, equilibrio químico, principio de LeChatelier, sistemas de auto organización.

Se propone dividir el cuaderno en secciones individuales y grupales; una parte del material se dispone para el trabajo teórico, el siguiente para la retroalimentación de las actividades experimentales. Dentro del espacio teórico está anclada una herramienta denominada “barra conceptual” la cual contiene elementos que pueden ser seleccionados en el momento de construir un párrafo explicativo o describir una ecuación química.

Fase 4: Sistematización de experiencias

Con base en el trabajo desarrollado en la fase 3, se hace la respectiva recolección de datos propios de la actividad experimental realizado con los estudiantes de Teorías Químicas III; se analizan sistemáticamente las experiencias obtenidas con un escrito final acerca de su postura frente a las actividades y a modo de evidencia, indicando si corresponde a un ejercicio individual/colectivo por los participantes dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje durante el progreso del proyecto de investigación.

Tomando como criterio que, las experiencias vividas inmediatamente reflejan un vínculo desde la vivencia humana, en relación con características físicas, emocionales e intelectuales, podremos hacer un análisis cualitativo del impacto educativo de las actividades propuestas durante el avance del proyecto.

Cuando hablamos de la sistematización de experiencias, estamos –por tanto– refiriéndonos a procesos históricos en los que se van enlazar todos esos diferentes elementos, en un dinamismo e interdependencia permanentes, produciendo continuamente cambios y transformaciones. (Jara O. 2017, p.55)

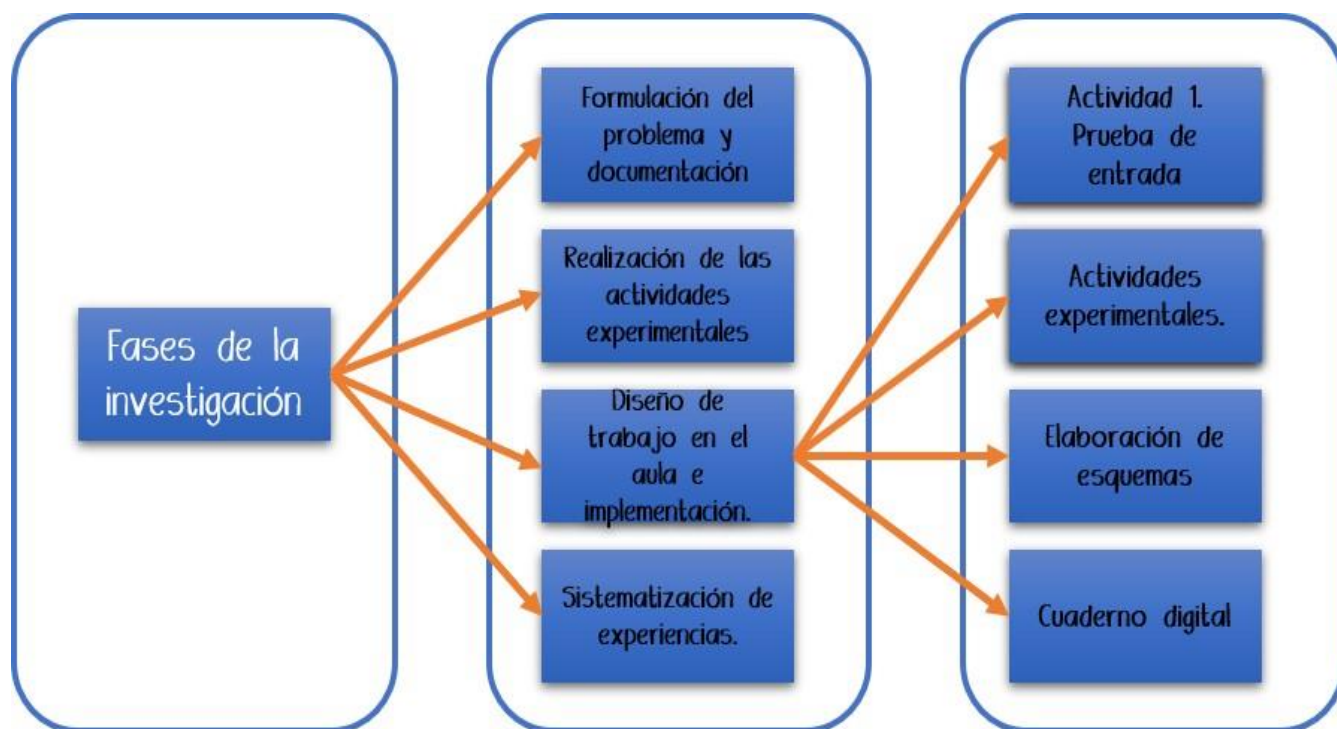


Figura 1. Metodología realizada en el trabajo de grado.

(Ariza, D. Linares, J. Restrepo, J. 2021)

Las fases 2 y 3 comprenden seleccionar los materiales y las sustancias adecuadas para elaborar satisfactoriamente las actividades experimentales, de tal manera que las prácticas de laboratorio remotas ofrezcan resultados con un grado de confiabilidad aceptable. La comparación de los valores obtenidos con respecto a la teoría recopilada en la documentación de la primera fase permite en la fase 4 indicar los aciertos y fallas, que ayudan a mejorar factores del ejercicio desde y su reproducción en espacios propicios.

CAPÍTULO 2

REFERENTE TEÓRICO

Los sistemas químicos son procesos dinámicos, se basan tanto en la concentración de las especies que intervienen en la reacción como en la velocidad de aparición y desaparición de sustancias en un tiempo específico. Limitados por las condiciones externas (temperatura y presión), sujeta a la disminución de la energía libre, aumento de la entropía, que permiten contrarrestar cualquier alteración al establecimiento de la condición de equilibrio.

A continuación, se muestra un esquema ejemplificando lo que se mencionó anteriormente (Figura 2.).

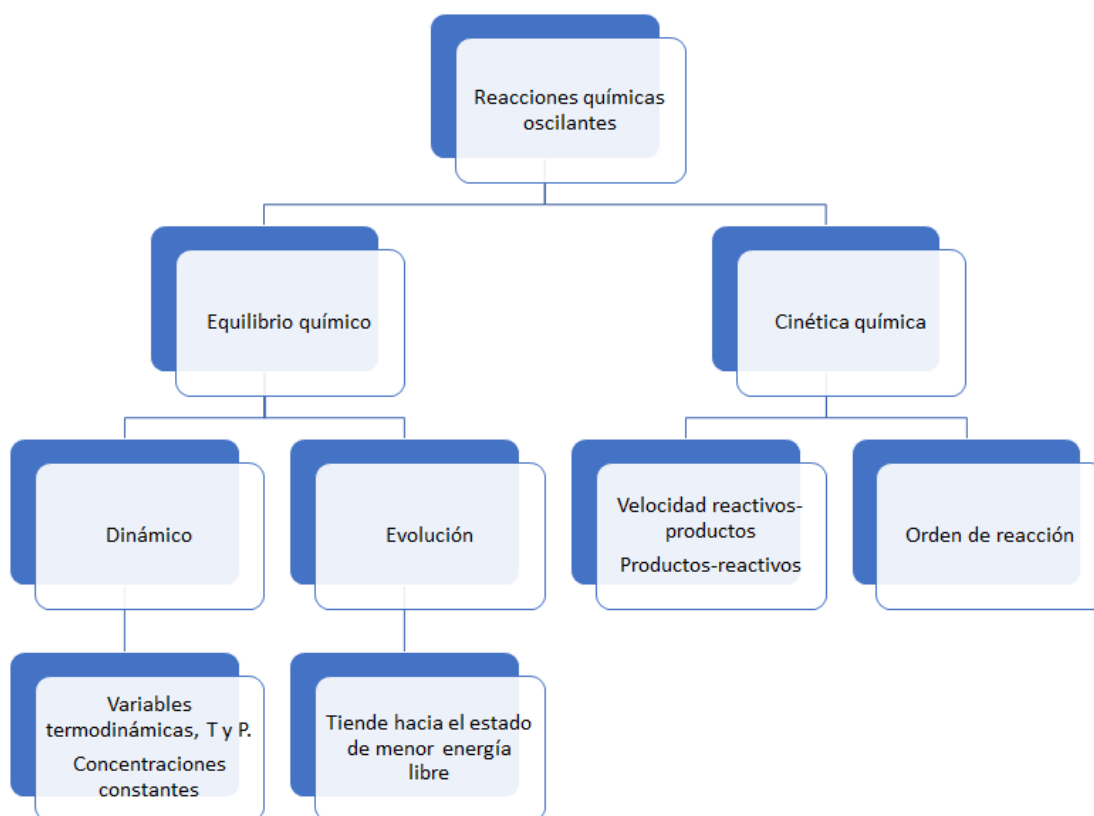


Figura 2. Esquema realizado con base en las temáticas que se abordan.

(Ariza, D. Linares, J. Restrepo, J. 2021)

Uno de los temas de interés dentro de la enseñanza de la química es el concepto de reacción química, cuya definición más común es la que describe a las reacciones como un proceso de transformación, interconversión de sustancias, especies químicas o entidades moleculares individuales que resultan en la formación de otras sustancias, especies químicas o entidades moleculares nuevas (Zambrano, 2014 y RAC, 2020), asociado a un consumo de energía e involucrando diversos parámetros que permiten un intervalo de análisis que se

diferencian en el desarrollo de este proceso denominado reacción.

En este orden de ideas, una interpretación más específica y cuantitativa de este proceso es haciendo uso del concepto de ecuación, que en términos de explicación desde las teorías químicas implica que se le llame ecuación química, interpretada como una representación alfanumérica del inicio y el final de una reacción química elemental.

Mediante el uso de símbolos, características como la "igualdad", es representada por una flecha que indica el paso de unas sustancias a otras. Además, según Zambrano(2014) es importante señalar el estado (sólido, líquido, gas, en solución acuosa) de los reactantes ubicados en la parte izquierda y el estado de los productos en el costado derecho, dentro de la estructura a modo de ecuación química que describe el proceso de una reacción.

Todas las reacciones en un sistema cerrado alcanzan un estado final de reacción en el que se puede comprobar que la concentración de todos los reactivos y productos permanece constante, (Quílez Pardo y Sanjosé López, 1995). Es posible llegar a una explicación del equilibrio considerando subsistemas con las mismas condiciones de temperatura, presión y concentración, que son denominados atractores en un estado anterior (cercano) al establecimiento del equilibrio.

Es entonces necesario, presentar una serie particular de reacciones químicas que cumplen con algunos criterios tratados anteriormente, pero con variables termodinámicas que marcan una clara diferencia con los sistemas reactivos tradicionales. Aparecen en este panorama las reacciones químicas oscilantes, cuyo proceso oxido-reductor es capaz de iniciar inmediatamente cuando culmina la última reacción elemental del sistema; siendo las fluctuaciones registradas, el resultado de la variación en la concentración de los productos intermediarios dados por la mezcla de tres o más soluciones que componen la mezcla final.

Estas reacciones tienen características únicas, que desde los diferentes puntos de vista del desarrollo de la reacción, contemplan la idea de una explicación desde la interpretación de equilibrio químico, el estudio concreto que considera un estado del sistema reaccionante, en el que no se observan cambios a medida que transcurre el tiempo a pesar de que siguen reaccionando entre sí las sustancias presentes.

Las reacciones Belousov-Zhabotinsky (BZ) y Briggs-Rauscher (BR), son los procesos más distinguidos. Un hecho singular que caracteriza la reacción de BZ y BR, es la concentración de algunas especies que participan en la misma sufren una serie de oscilaciones durante un periodo de tiempo relativamente prolongado. El sistema BZ funciona mediante una producción-regeneración de especies químicas de Bromo (BrO_2 , Br_2 , entre otros), que se dan a partir de la interacción inicial del reactante KBrO_3 , terminando en la oxidación del ácido malónico, en su última reacción elemental.

Este sistema consiste en la oxidación del ácido malónico (ácido 1,3-propanodioico) por aniones bromato en medio ácido (sulfúrico diluido) en presencia del par Ce^{4+}/Ce^{3+} como catalizador, permitiendo al sistema alternar entre dos rutas competitivas.

El ácido bromoso será la especie autocatalítica y el inhibidor será el ión bromuro. El ión bromuro se consume el ácido bromoso para producir el ácido hipobromoso en medio ácido.

La reducción del Ce^{3+} a Ce^{4+} interviene en la formación del ión bromuro. La primera etapa se caracteriza por la reducción del BrO_3^- a Br_2 que reacciona con el ácido malónico actuando como agente bromante.

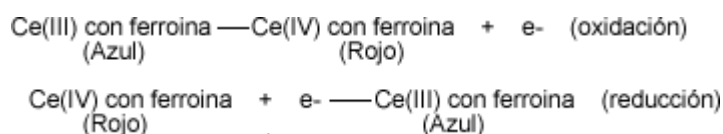


Figura 3. Oxido reducción del sistema y su coloración respectiva

(Patiño, et. Al 2005)

Dos de las sustancias que intervienen son los dos estados de oxidación usuales del cerio [el Ce (III) y el Ce(IV)], que se encuentra oscilando entre estos dos estados de oxidación, es decir, transita periódicamente de su estado Ce(III) al Ce(IV) y viceversa; sin perder de vista que la suma de Ce(III) y Ce(IV) cumple con la condición de conservación de la masa.

Conforme progresa la reacción química, la concentración del Ce (III) empieza a disminuir y aumenta la del Ce (IV), lo cual hará que el indicador cambie el color de la solución a rojo (con la ferroina como indicador)

El Cerio cambia de color naturalmente sin el indicador cuando cambia su estado de oxidación, de incoloro a amarillo, es un metal que tiene la facilidad de pasar de un estado a otro.

Prigogine y Stengers (2002), destacan que durante dichas oscilaciones las consideraciones propias de un sistema en equilibrio no están presentes, lo que implicaría una violación de la segunda ley de la termodinámica. Como consecuencia en la reacción de BZ se observan macroscópicamente oscilaciones y patrones espaciales que son estructuras en expansión, hasta que el aumento y descenso en las concentraciones de las sustancias intermediarias presentes cesan paulatinamente.

Mientras tanto, en la BR los cambios específicos en su coloración delimitan las etapas del proceso dominado por la concentración de los iones yoduro de la disolución. Cuando la concentración de yoduro es baja, el proceso radical es el dominante, presentado una coloración ámbar y cuando es alta, el proceso no radical es el que actúa, ofreciendo en este punto un color azul oscuro. En la segunda reacción se consume HIO más despacio de lo que se produce cuando el proceso radicalario es el dominante, pero se consume HIO más rápidamente de lo

que se produce cuando el proceso no es radical. Patiño (2005) hace énfasis en que cualquier cantidad de HIO que no reacciona es reducida a yoduro por el peróxido de hidrógeno como uno de los pasos del componente no radical de la reacción. Cuando se produce HIO por el proceso radical, el exceso forma los iones yoduro que bloquean este proceso radical y empiezan el proceso del no radical más lento.

Estos sistemas han sido modificados en compuestos estratégicos para lograr conseguir auto organizaciones que logran oscilar en un tiempo considerable. El cambio del ácido orgánico (ácido cítrico) por el ácido malónico, adicionando al proceso el ácido sulfúrico (inorgánico) aumenta la cantidad de hidrogeniones al medio. Los catalizadores, van desde el ion Ce^{4+} hasta el ion Mn^{2+} tanto en sus formas reducidas como oxidadas; en consecuencia, inciden en el cambio espontáneo de la coloración de la mezcla. (Dupuis y Berland, 2001)

Por último, las condiciones termodinámicas conocidas muchas veces por el desprendimiento o suministros de energía, exotérmica y endotérmica respectivamente, son omitidas en la mayor parte de las representaciones, a pesar de que reflejan las verdaderas extensiones o avances de una reacción química en términos reales y que de forma más general son cruciales para un análisis termodinámico adecuado, por ello en el análisis de las reacciones oscilantes, esta característica es considerada relevante, dada las cualidades y condiciones descritas, dentro del proceso de reacción química y en relación al análisis del equilibrio químico con conceptos termoquímicos. (Fritz y Díaz, 1993)

Análisis epistemológico

Los sistemas químicos oscilatorios diferentes de las reacciones típicas, tuvo su auge en un momento en donde el concepto de equilibrio químico evoluciona hacia el esclarecimiento de las variables necesarias para lograr esta condición, además de las velocidades y las afinidades entre las sustancias implicadas.

Una definición de la condición de equilibrio químico, producto de los estudios logrados en su gran mayoría en el final del siglo XIX y comienzos del XX, advirtiendo la influencia de la cinética en la evolución del concepto y su aprendizaje, que aún hoy en día figura en los de mayor complejidad en la intervención en el aula.

El equilibrio se establece en el momento cuando las condiciones termodinámicas, la disminución de la energía libre y la velocidad de modificación de los reactantes y productos, regulan la reacción continua del sistema. La entropía aumenta generando una condición de estabilidad a medida que evoluciona la reacción, hasta que la concentración de los compuestos de arranque cesa en su actividad.

Zambrano et al (2014), advierte que los sistemas químicos oscilantes, evolucionan hacia un estado de equilibrio lejano a medida que los componentes de la mezcla funcionan satisfactoriamente. Aquí se da importancia en relación al funcionamiento, el origen de los colores particulares del proceso, son asociados a

las sustancias intermedias producidas por catalizadores que oxidando o reduciendo ciertas especies iónicas en rutas determinadas por la concentración de estas; es por esto, que el sistema de reacción contiene radicales libres, iones, acompañados de varias etapas que describen su mecanismo de reacción.

La cercanía a la condición de equilibrio ha de tener incidencia con respecto al establecimiento de este, teniendo en cuenta las variables termodinámicas (temperatura y presión). Las concentraciones de las sustancias implicadas, la energía libre asociada al sistema, la disminución de la entropía, es decir, la regulación de estas variables puede ofrecer una explicación satisfactoria de lo que sucede previamente a ese punto donde la proporcionalidad entre las cantidades de los reactantes se estabiliza, lo mismo que su velocidad.

Dentro de los sistemas químicos oscilantes se reconocen los trabajos en el siglo XX, en los cuales la determinación en mezclas homogéneas, la velocidad de reacción de ácidos y su afinidad con metales, sales, permitieron el estudio espacio-temporal de estos procesos, diferenciándose de reacciones cuya extensión son ampliamente conocidas.

Benavente-García, Alexandre, (2015) señala el estudio hecho por Fechner (1828), quien publicó un trabajo acerca de las celdas electroquímicas con producción de corriente. El experimento constituye el primer reporte escrito sobre una oscilación química. Fechner describió una celda electroquímica en la que se producía una corriente, debida a la disolución de un metal de forma oscilante. Por otro lado, Ostwald detectó aumento y disminución periódica en una disolución de Cr^{6+} a Cr^{3+} en un ácido. Los dos informes considerados heterogéneos por el uso de metales sólidos en los sistemas tuvieron gran aceptación para entonces.

Edmund Landolt describió una reacción química, la del yodato con bisulfito en disolución acuosa utilizando almidón como indicador. Durante un espacio de tiempo inicial, la solución permanece incolora. A este tiempo se le conoce como período de inducción, durante el cual se produce un aumento paulatino de la concentración de yoduro. A continuación, se produce un aumento de la velocidad de reacción que finaliza en un repentino cambio de color. (Benavente-García, Alexandre, 2015)

Posteriormente, en 1910 se conoce el trabajo de Lotka que describe una serie de reacciones consecutivas amortiguadas para llegar al equilibrio químico. Benavente García A. (2015) describe que dicho modelo se caracterizaba por presentar una generación continua de un componente A, el cual a su vez reacciona para dar el correspondiente producto. Analizando el sistema de ecuaciones se obtiene que la variación de los reactantes con el tiempo presenta un comportamiento oscilatorio amortiguado, el cual se asemeja al modelo de oscilador armónico con rozamiento.

El estudio de sistemas químicos oscilatorios en la primera mitad del siglo XX con el trabajo de William C. Bray, es el resultado de otros trabajos acerca de la

afinidad de sustancias, que pretende entender el funcionamiento de las reacciones químicas, la velocidad de las especies involucradas y la energía asociada a estos procesos. (Patiño, 2005)

Las condiciones de concentración, temperatura, presión, volumen, que junto al análisis de la incidencia del potencial químico por parte de Gibbs surgidos en 1903, permite entender el equilibrio por otro tipo de consideraciones no necesariamente variables convencionales. (Sandoval, 2008)

Se enumeran tres condiciones específicas para considerar una reacción como oscilante.

1. Una etapa de las reacciones debe ser auto catalítica (la velocidad de los productos intermediarios es proporcional a su concentración)
2. El sistema debe presentar dos estados estables distintos. Uno de ellos denominado biestable.
3. El sistema sólo oscila cuando el estado inicial de la reacción está lejos del equilibrio final hacia el cual evoluciona (G muy negativa y el valor absoluto grande) (Fritz, Diaz 1993)

El establecimiento de estas condiciones están asociadas a la simultaneidad en las reacciones de todos los reactantes en la mezcla final; la variedad en las coloraciones está relacionada con el primer criterio, pues se debe a la velocidad entre el catalizador y la especie de bromo o yodo dependiendo del sistema tratado; la biestabilidad es una condición alcanzada cuando hay una regeneración de especies aniónicas y la velocidad de una etapa aumenta o disminuye, dependiendo de la cantidad de esta sustancia. La última, es una medida de la diferencia de potencial que sustenta las fluctuaciones de energía en ciclos contra un tiempo en segundos, paralelas a la variación del color que después de un momento dejan de ocurrir.

CAPÍTULO 3

Estudio de las actividades experimentales de las reacciones oscilantes

El abordaje de una actividad experimental de manera eficiente se caracteriza por la consecución de experiencias, que, junto con la capacidad de desarrollo de los estudiantes en el espacio del laboratorio, intentan contrastar el cuerpo teórico con respecto a los resultados que se derivan de este trabajo. La habilidad es un factor primordial, pues las situaciones en la práctica traen consigo problemáticas que debenser solucionadas rápidamente para evitar errores en la medición, montaje, manipulación de equipos, que implican interpretación de malos resultados.

Se realizaron dos actividades experimentales para complementar las temáticas previamente abordadas en el curso de Teorías Químicas III de la Universidad Pedagógica Nacional; planteamos un análisis de la experiencia por parte de los desarrolladores de este trabajo de grado, para obtener una referencia tanto de la práctica como de los cálculos que se debían lograr durante el desarrollo de esta, además de abordar un análisis de resultados desde la perspectiva de una reacción lineal, y teniendo en cuenta lo diversa y única que puede ser una reacción oscilante.

Laboratorio 1. Reloj de Yodo

El estudio de la velocidad de una reacción ordinaria identifica, mediante la interacción de sustancias iniciales y la producción de nuevas especies, la manera en la que después de un tiempo determinado concluye el proceso midiendo la variación de la concentración de esas especies químicas.

Es por ello que el proceso conocido como reloj de yodo, además de proporcionar unacoloración vistosa (propiedades cualitativas), se puede cuantificar la velocidad de reacción por medio del desarrollo de la experiencia, haciendo un estudio de las variables de concentración y temperatura. En consecuencia, este sistema permite analizar la relación concentración-velocidad, apoyado en la medida del tiempo.

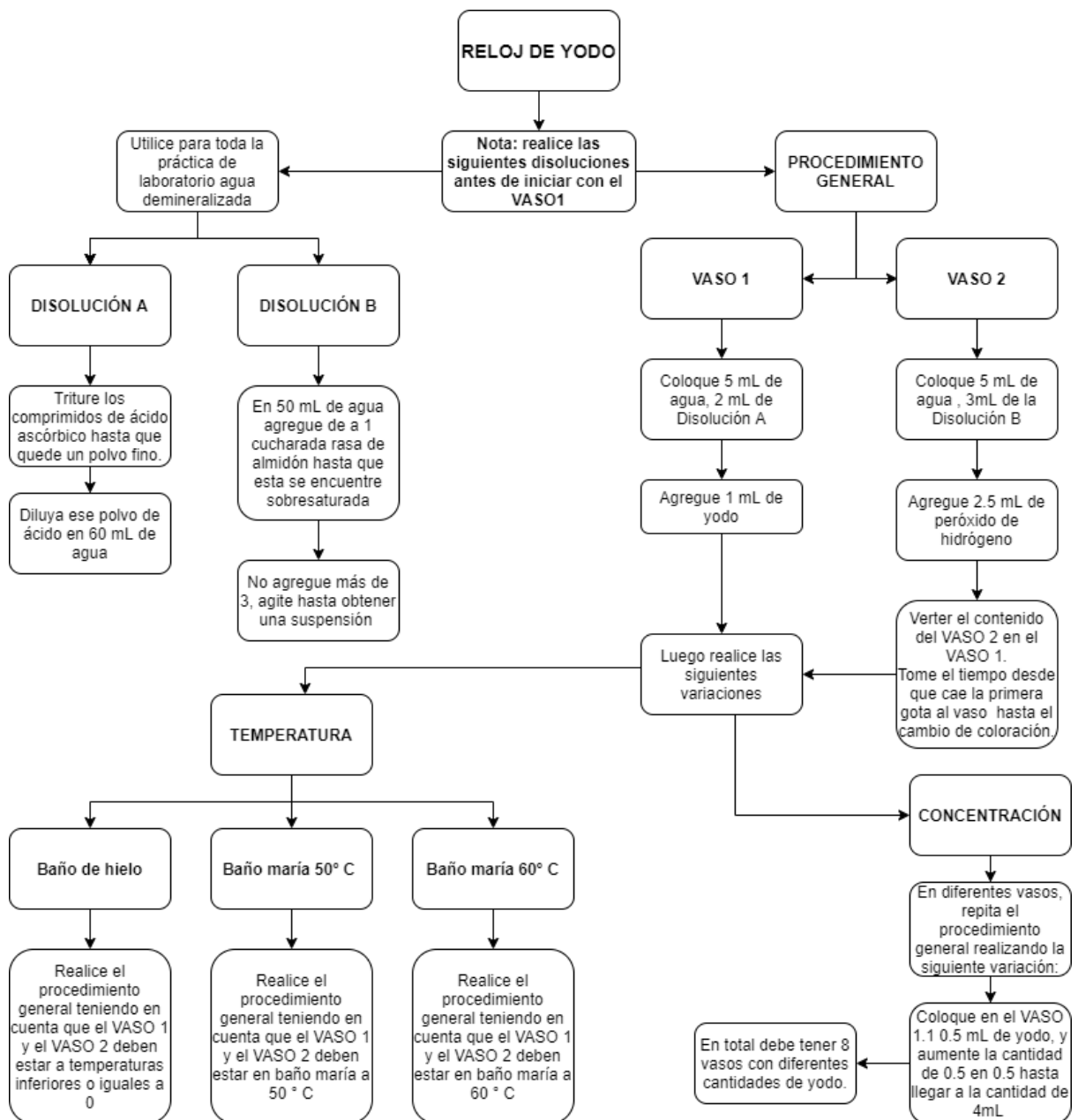


Figura 4. Diagrama de flujo, metodología de la práctica de laboratorio.

Resultados

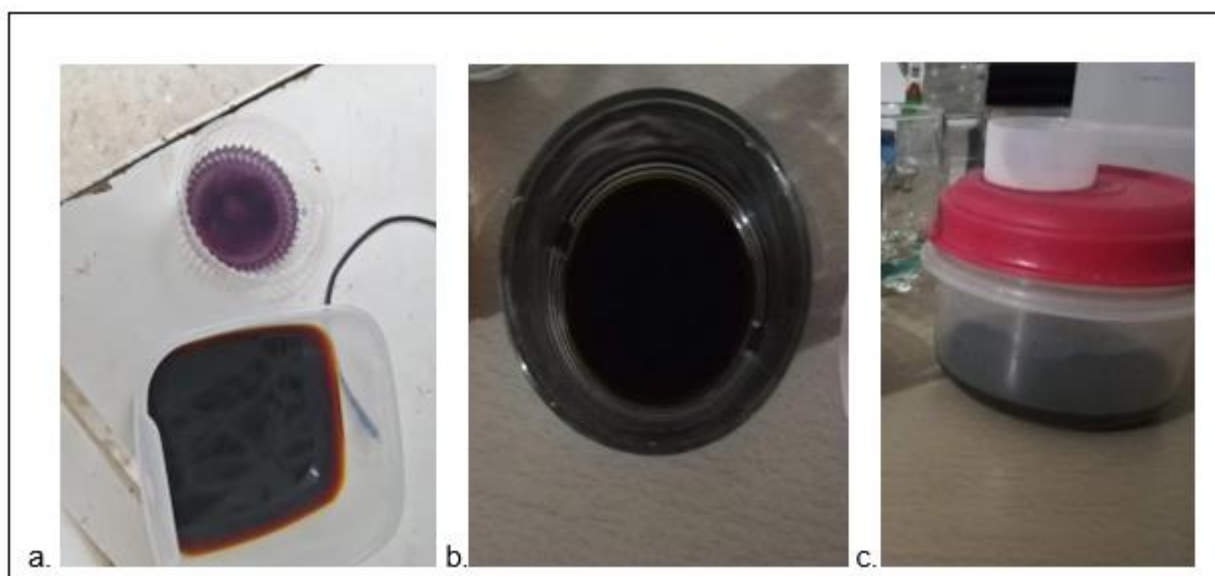


Figura 5 Desarrollo de la práctica de laboratorio reloj de yodo

La Figura 5. muestra la coloración final de la reacción del reloj de yodo, la de la izquierda Figura 5a es una prueba parcial con la yodopovidona (isodine) por su facilidad de conseguir para los estudiantes; en la Figura 5b tiene las disoluciones A y B tal cual como fue expresado en la metodología de la práctica de laboratorio, la de la derecha Figura 5c., tiene los mismos reactivos de la Figura 5b. pero en un sistema lo más cerrado posible teniendo en cuenta que la experiencia fue realizada en casa.

Tratamiento matemático

En el anexo número tres presentamos los cálculos relacionados con el tratamiento matemático relacionado con los desarrollos de esta actividad experimental.

- Hallar concentración inicial de yodo

$$0,078799 \text{ mmol/mL}$$

- Hallar constante de velocidad

$$1,2475$$

Tabla 2. Cálculos realizados para hallar la concentración inicial de la tintura de yodo.

Porcentaje de yodo (%)	2
Volumen de tintura (mL)	25
Peso molecular (g/mol)	253,8089
g de soluto	0,5

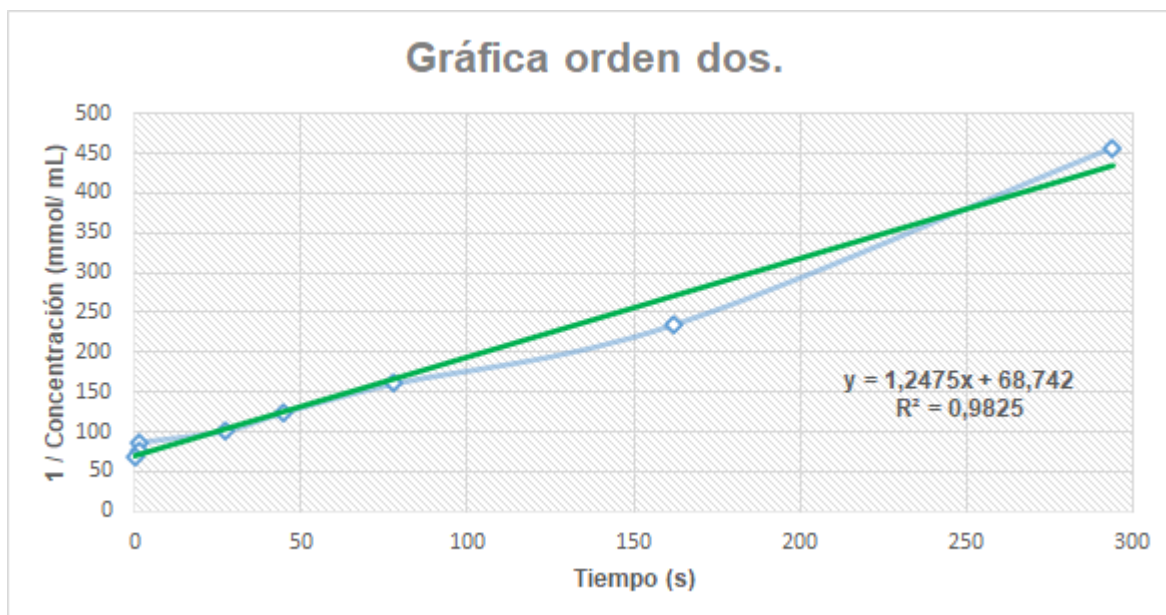
moles de soluto	0,001969986
mmoles de soluto	1,96998608
Molaridad	0,078799443

Tabla 3. Tratamiento matemático para hallar el orden de reacción.

Volumen de I2 (mL)	Volumen Ac. ascorbico (mL)	Volumen Almidon (mL)	Volumen H2O2 (mL)	Volumen H2O (mL)	Tiempo (s)	Concentración (mmol/mL)	Ln (concentración)	1/(concentración)
0,5	2	3	2,5	10	294	0,00218887	-6,1243683	456,85602
1	2	3	2,5	10	162	0,00425943	-5,4586201	234,773233
1,5	2	3	2,5	10	78	0,00622101	-5,0798232	160,745637
2	2	3	2,5	10	44,41	0,00808199	-4,8181166	123,731839
2,5	2	3	2,5	10	27,22	0,00984993	-4,6202909	101,52356
3	2	3	2,5	10	1,5	0,01153163	-4,4626619	86,7180408
3,5	2	3	2,5	10	1,02	0,01313324	-4,3326088	76,14267
4	2	3	2,5	10	0,075	0,01466036	-4,2226079	68,2111419

Coficiente	0,804	0,962	0,983
a	0,01160936	-4,4269759	68,7422301
b	-3,77E-05	-0,0060887	1,24750594

Gráfico 1. Gráfica de orden de reacción.

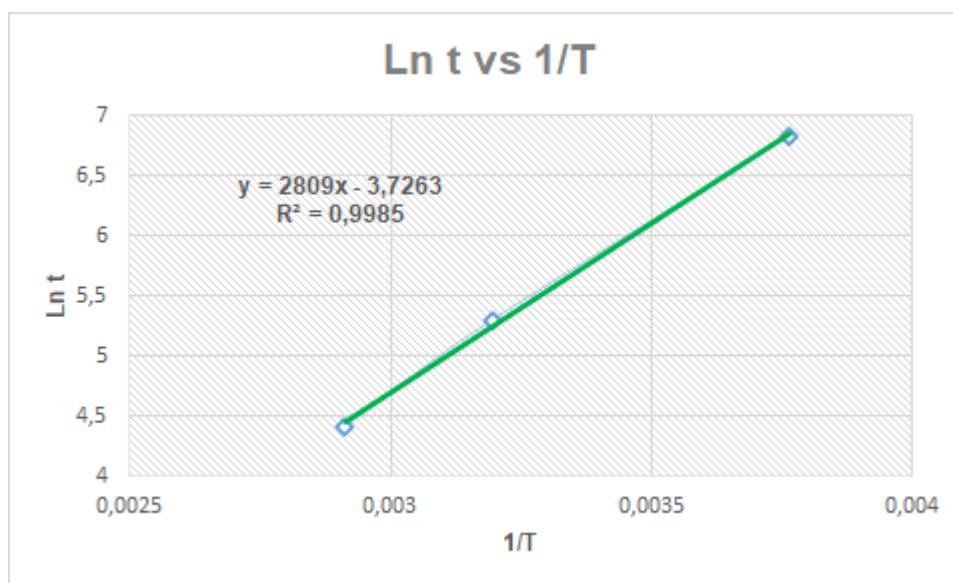


- Hallar velocidad de reacción

Tabla 4. Cálculos realizados para hallar la energía de activación.

Volumen del I ₂ (mL)	Temperatura (°C)	Temperatura (K)	t (min)	t (s)	Ln (t)	1/(t)	1/T
1	-7,5	265,65	15:25	925	6,82979374	0,00108108	0,00376435
1	39,8	312,95	3:21	201	5,30330491	0,00497512	0,0031954
1	70,2	343,35	1:23	83	4,41884061	0,01204819	0,00291248

Gráfico 2. Gráfica de Ln t / 1/T



- Hallar energía de activación

$$23342,79\text{J}/(\text{mol} \times \text{K})$$

La experiencia del reloj de yodo, es normalmente utilizada para la explicación de los cambios que ocurren durante el proceso de reacción además de las diferentes posibilidades que se establecen cuando se le proporcionan cambios en la temperatura y concentración del sistema, explícitamente durante el desarrollo de la práctica, se identifican características específicas como el cambio de color que permite interpretar que se ha llegado al final de la reacción, además del registro del tiempo cuyo valor debe ser sustancial en el análisis cinético que corresponde ante el desarrollo de aspectos propios del equilibrio químico.

En relación con esto, se obtienen unos cambios en la coloración empezando por el paso de la tintura de yodo de un color oscuro a estar incolora al momento de reaccionar con la solución de ácido ascórbico, este fue uno de los resultados más notorios, seguido de esto al proceder a medir el tiempo, se obtienen variaciones al realizar cada uno de los ensayos, y es que tomando en cuenta el segundo cambio de color que pasa a ser un morado oscuro, el cual denotamos como la

finalización de la reacción, estableció valores de tiempo diferentes acordes al cambio de la concentración, siendo menor el tiempo a mayor concentración y aumentando conforme se disminuye la concentración, relación cuyo análisis era el correspondiente de acuerdo al análisis cinético de esta reacción.

Principalmente se realiza el cálculo del valor de la concentración de yodo, ya que es con base en el yodo que se hace el análisis estequiométrico del mecanismo de reacción que se realiza en el reloj de yodo, por lo que es la especie a analizar y es necesaria la claridad en su valor de concentración exacto para su respectivo tratamiento, por ello se determinó primeramente el valor presente en el compuesto usado, el cual fue la tintura de yodo, esto usando las ecuaciones de %m/v correspondientes a lo expuesto en el recipiente del compuesto y finalmente se hicieron los correspondientes valores de dilución a la cual fue sometida la sustancia mediante la fórmula $V1 \times C1 = V2 \times C2$ ya con ello se procedió a realizar los análisis posteriores.

Dados los resultados obtenidos tanto de tiempo y concentración se establece la relación con respecto al orden de reacción mediante el tratamiento matemático, las correspondientes ecuaciones y gráficas realizadas; que para el caso de la cinética química presentados anteriormente se ha determinado que es de orden dos, ya que el coeficiente de correlación obtenido es más cercano a 1, de ahí que el tratamiento matemático se realiza en base a estas interpretaciones, y así se calculó el valor correspondiente a la constante de velocidad de reacción y la velocidad de reacción.

Conclusiones

Fue posible el caracterizar las características propias de la reacción denominada como reloj de yodo, dadas las condiciones establecidas fue posible interpretar el funcionamiento del mecanismo de reacción y elaborar una explicación coherente del desarrollo experimental presentado, esto en base a las ecuaciones planteadas y las explicaciones encontradas para interpretar fenómenos como el cambio de color.

Del mismo modo, se interpretó la cinética de la reacción mediante el correspondiente registro y análisis del avance de la reacción con respecto al tiempo relacionado con la variación de concentración, es por ello que se hizo posible el análisis detallado de aspectos claves como el orden de reacción así mismo haciendo relación en cuanto a la interpretación de las características que se aprecian en este tipo de reacciones, así de igual manera, factores como el cambio de temperatura, intervienen dentro del desarrollo analítico de estas condiciones con respecto a valores como los son la constante de velocidad y de igual forma la velocidad de reacción, valores que también fue posible obtener un resultado por medio de los resultados obtenidos.

En conclusión, fue posible el desarrollo experimental en términos cinéticos analizados desde valores cuantitativos que corresponden a una interpretación

más detallada de los cálculos que involucran al equilibrio químico en relación con la cuantificación de variables independientes dentro del proceso de análisis e interpretación de un mecanismo de reacción.

Laboratorio 2. Modificación a la Reacción química oscilante BR

La reacción Briggs-Rauscher (BR) corresponde a una modificación de la reacción Belousov-Zhabotinsky (BZ) y la Bray-Liebhafsky; una mezcla de soluciones iniciales que resultan en un sistema oscilatorio que cambia en ciclos de corto tiempo; el proceso es vistoso para el espectador. Además, su funcionamiento se relaciona con un proceso oxido-reductor, produciendo especies de yodo en todas las etapas de la mezcla que interaccionan con otras especies químicas, regenerando para este caso la especie principal del sistema, el ion I^- , iniciando de nuevo la reacción a partir de este punto.

La propuesta de reacción BR mediante la sustitución de reactivos originales de esta reacción se da principalmente por la dificultad en la adquisición de algunos compuestos, que para el caso son el reemplazo del ácido malónico ($CH_2(CO_2H)_2$) por el zumo de limón, el $KBrO_3$ por el HIO_3 y la incorporación del KI en una mezcla en particular (Sistema 2). Lo anterior, permite contrastar la velocidad de aparición y desaparición de los distintos colores que presenta el sistema convencional, con respecto al modificado. Esta actividad experimental hace uso de un registro fotográfico y la medición de la diferencia de potencial eléctrico, contrastando con lo presentado por los referentes teóricos.

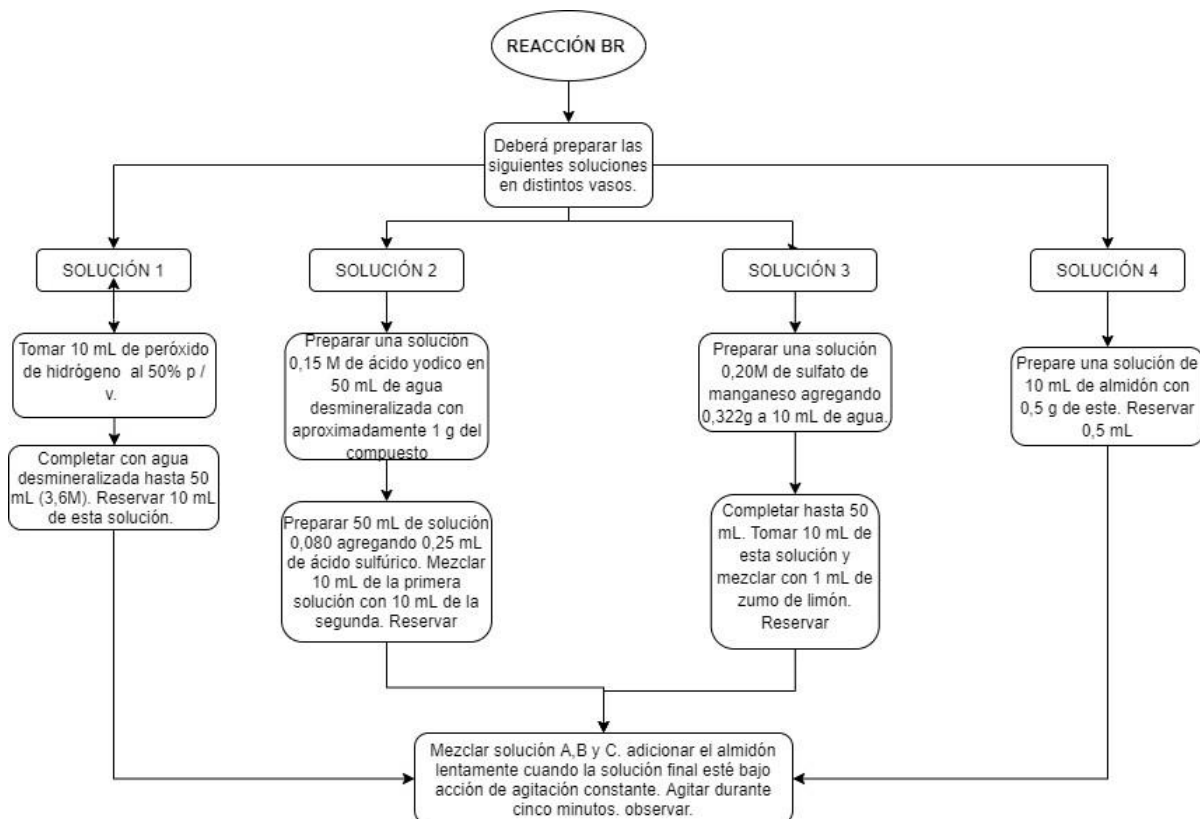


Figura 6. Diagrama de flujo, metodología de la práctica de laboratorio.

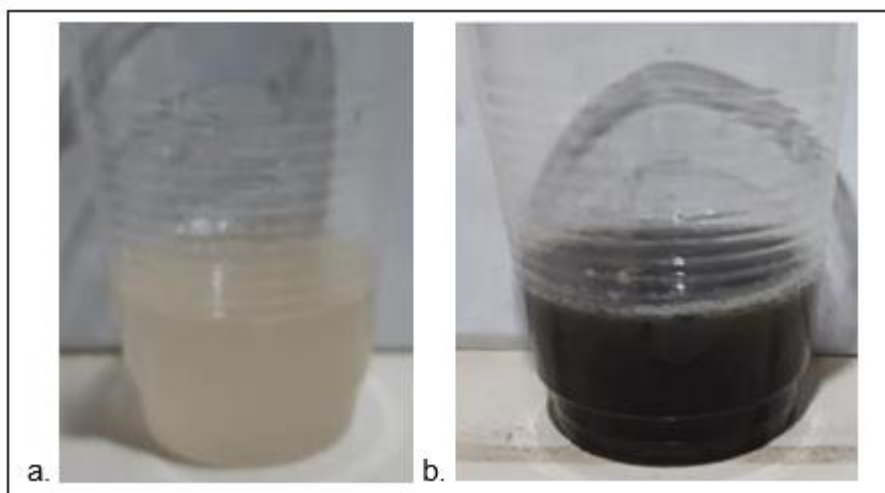


Figura 7. Registro fotográfico reacción BR, modificada / hora.

Las imágenes a. y b. son el primer registro realizado de los dos sistemas de la reacción Briggs-Rauscher modificada. La Figura 7a. corresponde al sistema 1. mezclasin el reactivo KI; la Figura 7b. corresponde al sistema 2., se incorpora el reactivo KI.

El registro se realizó durante 12 horas, el compilado de este se encuentra en el anexo 4. Además, de los cálculos estequiométricos realizados para la preparación de soluciones.



Figura 8. El equipo utilizado corresponde a un multímetro marca UNIT-T

Tabla 5. Relación colorimétrica de la reacción oscilante Briggs- Rauscher modificada.

REACCIÓN BRIGGS - RAUSCHER		
Incoloro	(1.) $HIO_3 + H_2O_2 \rightarrow HIO_2 + O_2 + H_2O$	Yodato es reducido por el peróxido

Ambar	$(2.) IO_3^- + HIO_2 + H^+ \rightarrow 2IO_2^\bullet + H_2O$ $2IO_2^\bullet + Mn^{2+} + H_2O \rightarrow HIO_2 + Mn(OH)^{2+}$ $Mn(OH)^{2+} + H_2O_2 \rightarrow Mn^{2+} + HOO^\bullet + H_2O$ $2HOO^\bullet \rightarrow O_2 + H_2O_2$ $2HIO_2 \rightarrow IO_3^- + H^+ + HIO$ $(3.) HIO + H_2O_2 \rightarrow I^- + O_2 + H^+ + H_2O$ $(3a.) HIO + I^- + H^+ \rightarrow I_2 + H_2O$ $(3b.) I_2 + CH_2(CO_2H)_2 \rightarrow ICH(CO_2H)_2 + H^+ + I^-$ $(4.) I_2 + CH_2(CO_2H)_2$ $\rightarrow ICH(CO_2H)_2 + H^+ + I^-$ $(5.) IO_3^- + 2H_2O_2 + H^+ \rightarrow HIO + 2O_2 + 2H_2O$ $(5.1.) I^- + HIO + H^+ \rightarrow I_2 + H_2O$ $(5.2.) I_2 + CH_2(CO_2H)_2$ $\rightarrow ICH(CO_2H)_2 + H^+ + I^-$ $(6.) HIO_2 + I^- + H^+ \rightarrow 2HIO$ $(6.1.) IO_3^- + HIO_2 + H^+ \rightarrow 2IO_2^\bullet + H_2O$ $(6.2.) IO_2^\bullet + Mn^{2+} + H_2O$ $\rightarrow HIO_2 + Mn(OH)^{2+}$ $(7.) IO_3^- + HIO_2 + H^+ \rightarrow 2IO_2^\bullet + H_2O$ $(7.1.) IO_2^\bullet + Mn^{2+} + H_2O$ $\rightarrow HIO_2 + Mn(OH)^{2+}$ $(7.2.) HIO_2 + I^- + H^+ \rightarrow 2HIO$	<p>Se inicia el proceso radicalario, produciendo radicales hidroperóxidos. una de las especies centrales el HIO se generan en esta etapa.</p> <p>Se produce en este punto I2 a partir del último producto.</p> <p>El yodo reacciona lentamente con el ácido malónico.</p> <p>Las concentraciones del HIO2, I⁻ y I2 aumentan significativamente. Por otra parte, la reacción de la ecuación 5 es más rápida que 5.1. y 5.2. respectivamente.</p> <p>En la secuencia 6, la [I⁻] aumenta haciendo que la velocidad de reacción 6 sea más rápida que 6.1. y 6.2.</p> <p>En la última secuencia 7, la [I⁻] es muy baja, haciendo que 7 y 7.1. sean más rápidas que 7.2. y el proceso radicalario vuelva a iniciar.</p>
Azul oscuro	$(8.) I^- + HIO + H^+ \rightarrow I_2 + H_2O$ $(8.1.) I_2 + CH_2(CO_2H)_2 \rightarrow ICH(CO_2H)_2 + H^+ I^-$	<p>El proceso radicalario se detiene y el exceso de HIO de la etapa 5 se consume como se ve en la ecuación 8 que no es radicalaria.</p>

Gráfico 3. Diferencia de potencial sistema 1

SISTEMA 1

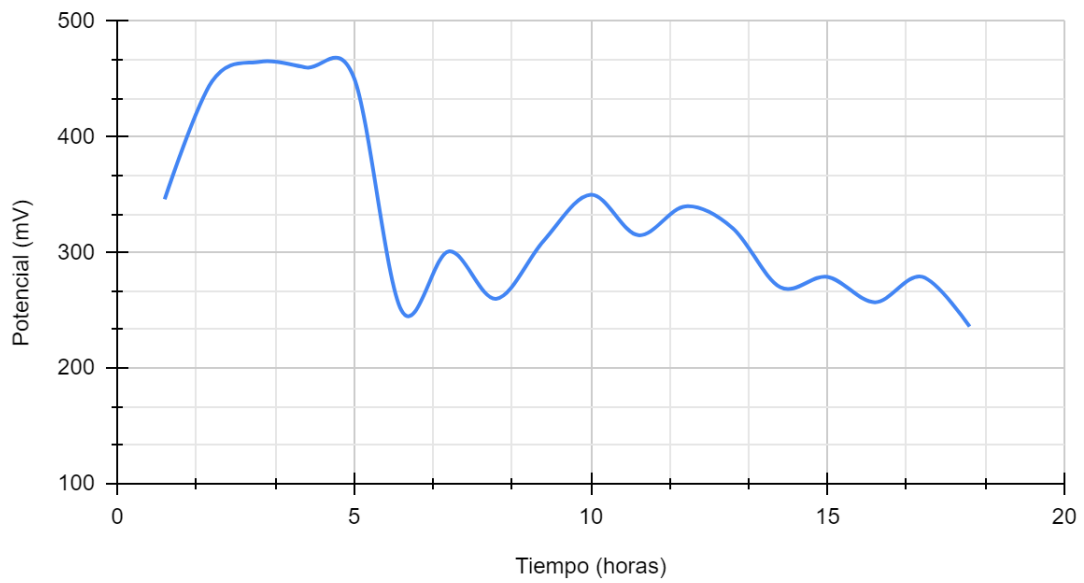
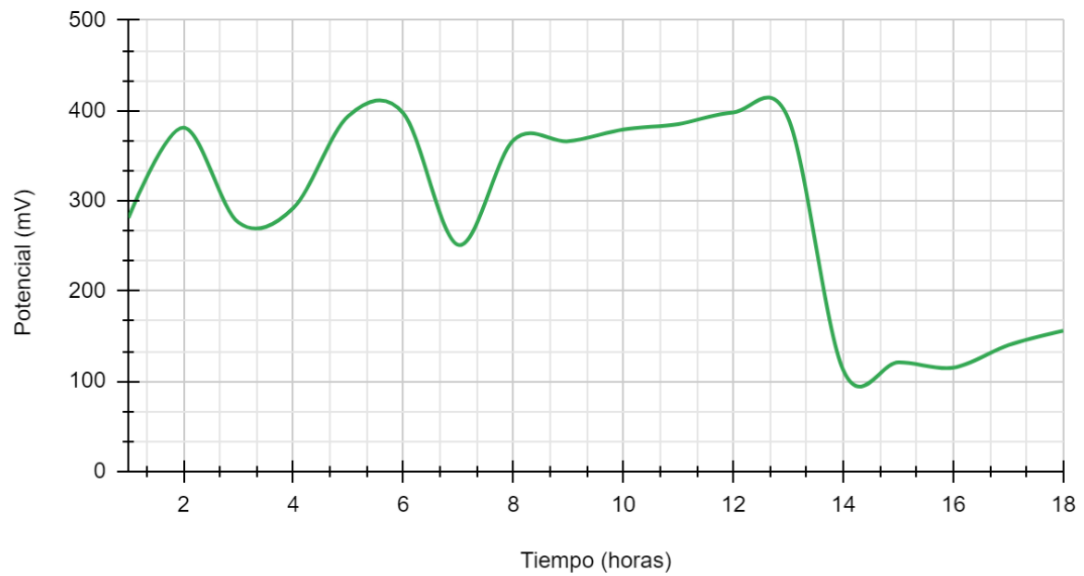


Gráfico 4. Diferencia de potencial sistema 2

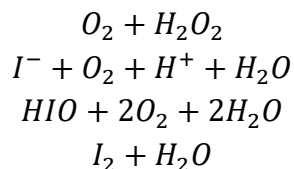
SISTEMA 2



Oscilaciones de acuerdo con la diferencia de potencial eléctrico

Los cálculos de la diferencia de potencial se encuentran en el anexo 2.

Los valores de potencial eléctrico teórico para el sistema de la reacción Briggs-Rauscher original a partir de las semi reacciones construidas son: 0,459 V; 1,49 V; -1,645 V; 0,81 V. De acuerdo con los 4 valores mencionados, las especies químicas implicadas son HIO que corresponde al primer dato (0,459 V) y los demás registros de diferencia de potencial eléctrico involucra otras especies:



Estas sustancias son generadas por los reactantes I^- , IO_3^- , y HIO que a lo largo de la reacción se consumen y se regeneran, produciendo una coloración ámbar asociada a la etapa radicalaria con una diferencia de potencial eléctrico de 1,49 V; la evolución del proceso muestra una disminución del voltaje (-1,645 V) manteniendo la coloración, pero evidenciando una fluctuación en este punto; rápidamente el valor aumenta a 0,81 V, donde una de las especies principales, el yodo, actúa oxidando el ácido orgánico lentamente. Posteriormente se da un descenso hacia 0,459 V con la regeneración del HIO ; la siguiente oscilación se da por una diferencia de potencial igual a 0,81 V, produciendo nuevamente yodo molecular.

Los valores obtenidos demuestran que el sistema oscila en 4 puntos que implica un aumento o disminución de la concentración de las especies de yodo HIO , I , IO_3^- intermediarias.

Los datos teóricos de diferencia de potencial eléctrico para el sistema BR, contrastados con los registros obtenidos para los sistemas 1 y 2 modificados, demuestran que para el proceso 1, los 4 primeros registros tienden hacia un aumento del voltaje hasta 460 mV, en donde posiblemente las especies que gobiernan este momento de la reacción son: HIO_2 , IO_2^* , HIO y I^- .

Desde el registro 5 hasta el 9 se identifica una fluctuación que desciende vertiginosamente de 451 mV hasta un valor de 250 mV, aumentando hasta 350 mV característico de la etapa radicalaria. En este punto es posible que las especies intermediarias principales de yodo, del tipo I_2 , HIO y I^- favorecerían estas variaciones de potencial.

Por último, hay una estabilidad en los registros 14 a 18 con un rango de corriente entre los 250 mV a 280 mV, aproximadamente. Suponiendo que la concentración de aniones como el I^- se regeneran muy lentamente, esto pudo ocasionar una disminución en la producción de I_2 y una débil oxidación de este hacia el ácido cítrico del zumo de limón.

El proceso 2, tuvo una segunda modificación con respecto al sistema 1 y la reacción original, sumando a la mezcla aniones yoduro propios del reactivo yoduro de potasio esto a su vez, aumento la concentración en la etapa radicalaria estabilizando los valores de diferencia de potencial desde el registro 5 hasta el

registro número 13; por tanto, es muy factible que después del último registro mencionado la concentración de esta especie intermediaria haya descendido hasta tal punto que el sistema no haya generado yodo molecular. Con respecto al sistema 1 se logra observar una baja periodicidad, tal vez por la adición de este compuesto a la mezcla ya modificada.

Nota: Para calcular la diferencia de los potenciales, nos basamos en las semirreacciones de algunos referentes bibliográficos, donde, encontramos la mayoría de las especies implicadas en el proceso de oxidación-reducción de la reacción BR, luego se realizó la suma de los compuestos y así, se obtuvo las reacciones que se muestran por etapas de coloración en la tabla 5.

En determinadas etapas no se encontró el valor de potencial que pudiese verificar el proceso que fue registrado experimentalmente, al intentar hallar estas diferencias de potencial encontramos una dificultad, puesto que nuestra práctica de laboratorio remota no es del todo exacta en concentraciones por ende también en la cantidad medida de reactivos, debido a la falta de material volumétrico y de una balanza con tal exactitud que corrobore el buen trabajo de la experiencia.

Tratamiento matemático

En el anexo número tres se encuentran los cálculos estequiométricos para hallar las cantidades de reactivos utilizados para la práctica de laboratorio BR modificada.

Análisis de resultados

La modificación de reactivos a la reacción Briggs-Rauscher (BR) provoca en principio, dependiendo de la mezcla de HIO_3 con KI o la no adición de este último reactivo a la solución final, colores distintos en sus etapas iniciales. Los colores que se observan en el proceso del sistema modificado BR van desde el incoloro, pasando por el ámbar hasta el azul oscuro, producto de la interacción entre el almidón y el anión I_3^- generado por la reacción entre el I^- y el I_2 en las últimas etapas de este mecanismo.

De acuerdo con el registro fotográfico del sistema 1 (mezcla sin el reactivo KI), la solución alcanza rápidamente la fase radicalaria; la presencia de las especies HIO_2 y HIO que derivan en la reducción por parte del H_2O_2 a esta última sustancia, produce una alta concentración en el anión I^- que reacciona con el HIO para dar I_2 . paralelamente, la diferencia de potencial (346 mV) que corresponde a esta coloración es alta comparado con las últimas mediciones que tendieron a estabilizarse muy por debajo de este valor.

Por tanto, el comparativo entre ³ los valores de potencial obtenidos experimentalmente y los que se ven en las ecuaciones 1, 2 y 3, evidencian que las especies en las primeras horas del registro (gráfica 3) corresponden a los siguientes pares redox: $\text{HIO}_3/\text{HIO}_2$; $\text{H}_2\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}$; HIO/I^- ; I^-/I_2 ; IO^-/HIO . el primero de ellos, $\text{HIO}_3/\text{HIO}_2$, le da un aspecto incoloro en este punto de la reacción.

El segundo cambio en la coloración del sistema 1, además registra un aumento en la diferencia de potencial debido a la etapa radicalaria en la que se encuentra el proceso, generando especies de yodo: IO_2 y HOO que interactúan para regenerar la especie inicial IO_3^- , catalizado por el Mn^{2+} . El ácido HIO en este mismo estado produce I_2 . en una de las dos vías, en la otra se forma I^- que dependiendo de su concentración sirve en secuencias posteriores. El yodo molecular en la reacción no modificada actúa lentamente con el ácido orgánico (ácido malónico), en el sistema se sustituyó por ácido cítrico del limón, dando una reacción con una velocidad muy lenta para esta etapa del proceso. Además, otras especies químicas en esta secuencia de reacción son: HIO/I^- ; I^-/I_2 ; IO^-/HIO

El color merma a partir del registro 3 perdiéndose completamente esta apariencia intensa, a su vez la diferencia de potencial desciende por debajo de los 400 mV, reaccionando lentamente el I^- que junto con el HIO producen I_2 que inmediatamente interactúa con el ácido orgánico para restablecer este anión. Esta baja velocidad de reacción nos hace pensar que el sistema se vuelve cíclico en el proceso radicalario, siendo el par redox HIO/I^- quién gobierna esta etapa del proceso.

La diferencia de potencial medida desde la hora 7 tuvo un máximo de 350 mV y un mínimo de 250 mV, que representa que el sistema fluctuó en ese rango de valores, siendo la coloración un factor continuo en la observación; no hubo un cambio considerable, reafirmando que no hay un término de la reacción por no apreciarse el color azul oscuro que indica este criterio.

La periodicidad del cambio de color para el sistema 1 nos lleva a pensar que las especies implicadas no se encuentran en las concentraciones específicas que demanda la secuencias en este punto de la reacción, generándose una amplitud en el tiempo de la etapa radicalaria, sin que exista un cambio al azul oscuro de la última etapa de la mezcla; el HIO no debe estar en exceso para que se produzca yodo molecular que reaccione con el ácido cítrico.

El sistema 2 presenta un color inicial cercano al azul oscuro del proceso original que hace pensar en una alta concentración del anión I^- produciendo rápidamente yodo molecular que reacciona con el ácido orgánico regenerando el yoduro. Su diferencia de potencial en este punto presenta el máximo valor medido. Hay en la mezcla una alta concentración de I^- que es proporcionado por el KI sumado al que se genera por la presencia del HIO_3 .

Posteriormente, durante las primeras tres horas, se identifica una coloración cercana al ámbar, reconociéndose la etapa radicalaria que el sistema está llevando a cabo. El cambio en el color trae consigo una disminución de la diferencia de potencial (-200mV-50mV) en este mismo periodo.

La pérdida de este color demuestra que hay una alta concentración de la especie química I^- que no deja empezar nuevamente la secuencia radicalaria.

Con respecto al sistema 1 el proceso 2 no varía en su coloración debido a la baja

concentración de todas las especies de yodo presentes en esas etapas radicalarias que no cesaron.

Haciendo un contraste con el sistema teórico, la solución con los reactivos modificados cumple con los colores reseñados en párrafos anteriores, es decir, que la reacción inicia con un exceso de HIO y una baja concentración de I⁻. Los últimos registros demuestran que se consume totalmente el IO₃⁻ y el ácido sustituido.

Conclusiones

Las reacciones químicas oscilantes son sistemas químicos sumamente sensibles a la variación de concentración de sus constituyentes de partida. Sumado a lo anterior, la velocidad del proceso es ampliamente lenta comparado con la reacción original, que actúa en ciclos de sólo un par de segundos.

La sustitución de algunos de los reactivos debido a su difícil adquisición comercial permite estudiar este sistema en un periodo de 24 horas, rastreando las oscilaciones de la reacción a través de la medición de la diferencia de potencial, que ofrece una alternativa cuantitativa al registro fotográfico. La observación de color a medida que avanza el proceso dificulta inferir si los componentes de la solución aun reaccionan, o, por el contrario, ha cesado toda interacción entre ellos. Por lo tanto, el sistema obtenido es aproximado a un sistema oscilante.

El laboratorio tuvo como condicionante que las concentraciones iniciales de las soluciones son aproximadas, porque no se pudo utilizar materiales volumétricos y gravimétricos de precisión.

CAPÍTULO 4

Actividades planteadas para desarrollar en el aula.

Las actividades se realizaron entre el 20 y el 28 de abril de 2021 en el espacio académico Teorías Químicas III. La realización de las mismas se implementó en modalidad de docencia remota durante la pandemia (2020-2021) por lo tanto, así como las actividades experimentales desarrolladas por los tesistas, estas fueron realizadas por los estudiantes. La práctica se hace en casa con implementos del hogar.

En la siguiente tabla se resumen los ejercicios llevados a cabo y los registros obtenidos de estos.

Tabla 6. Registro de actividades en el aula

Actividad 1 Elaboración párrafo conceptos relacionados con equilibrio químico y reacciones oscilante.	Registro individual, ubicado en el Classroom (Google site)
Actividad 2 Actividad experimental reloj de yodo	Trabajo individual, ubicado en los Anexos 1 y 2
Actividad 3 Presentación mediante diapositivas Reacciones químicas oscilantes.	Registro Diapositivas Power Point. Se encuentra en Anexo 1.1
Actividad 4 Explicación lineal de las etapas de reacción Belousov-Zhabotinsky (BZ)	Registro Diapositivas Power Point. Se encuentra en Anexo 1.1
Actividad 5 Explicación esquemática del mecanismo de reacción del sistema químico Belousov-Zhabotinsky (BZ)	Desarrollo individual, ubicado en Anexo 3
Actividad 6 Esquema sistema químico oscilatorio Briggs-Rauscher (BR)	Desarrollo individual, ubicado en Anexo 3
Actividad 7 Actividad experimental propuesta sistema químico oscilatorio modificado de la reacción Briggs-Rauscher (BR)	Propuesta elaborada por los tesistas, consignado en el Anexo 1.1

Actividad 8	Recopilación de la totalidad de actividades, ubicado en el Classroom (Google site)
Cuaderno digital. Recopilación de actividades 1-6. *Estas pueden ser modificadas si el estudiante lo requiere	

Respecto a este apartado, se describe que actividades realizamos para implementar en el aula, como propusimos evaluarlas con respecto a nuestros objetivos y problemáticas definidas al inicio del proyecto de investigación, y detalladas tanto en la unidad didáctica anexo 1. como en esta sección del trabajo de grado.

Actividad 1. Primera actividad

La actividad inicial del mismo modo que el consentimiento informado, fue presentada en la sesión de clase de Teorías Químicas III orientada por la docente Sandra Sandoval mediante la herramienta de Microsoft Teams, allí se dio la explicación de la forma de responder la actividad y de entrega, todo mediante el uso de la plataforma Google Sites; las instrucciones presentadas eran claras y estaban establecidas dentro del documento que presentaba la actividad, más allá de esto solo quedaba el obtener la respuesta por parte de los estudiantes, que de igual manera todos resolvieron satisfactoriamente.

Al momento de observar más respuestas encontramos múltiples puntos de vista en la forma de redacción; existe una característica en común observada, la del no poder relacionar las palabras oscilación y reacciones oscilantes. Estos dos conceptos fueron los que la mayoría de los estudiantes no pudo relacionar, cuestión que nos permitió tener clara la situación de la explicación de este tipo de reacciones con el tema de equilibrio químico.

Los escritos recibidos presentan factores en común que implican una clasificación en tres categorías.

Categoría 1. La construcción es realizada con todos los términos propuestos, independientemente de una definición de cada uno de ellos o asociativa capaz de relacionar otro término con la definición específica de este. Por lo general, estos escritos inician desde reacción química hasta cerrar con reacciones oscilantes.

Rápidamente relacionan cinética con condiciones de reacción, haciendo énfasis en los reactantes y productos involucrados en una solución y los factores que afectan la constante de velocidad.

En general, este grupo reúne la mayoría de términos en el grueso del escrito, dejando relegado los conceptos desconocidos a la última parte del mismo, identificándose definiciones similares en varios textos de este tipo.

Categoría 2. El texto resalta con negrita o un color vistoso los términos propuestos para esta actividad, valiéndose de la asociación de varios de estos

en la primera parte de la construcción prosal. No hay definiciones extensas, por el contrario, la cinética y reacción logran reunir conceptos ampliamente manejados en estas temáticas.

Dentro de este grupo la nota en el final del documento indica los términos no utilizados, ya sea por desconocimiento o por no saber cómo relacionarlos con los demás.

Categoría 3. En esta hay una incoherencia, tanto en una intención de definir los términos utilizados o por la ausencia de la mayoría de conceptos. Llama la atención que en algunos párrafos vistos termodinámica, cinética o equilibrio se comprenden como *parámetros* de una reacción química o son *instrumentos* que hacen parte de la actividad experimental.

Al igual que en la categoría previa se denota en la parte final los términos no empleados por desconocimiento de estos. Los escritos de esta categoría son inconsistentes inclusive en la ortografía.

La construcción del escrito ratifica el desconocimiento de los términos reacciones oscilantes y mecanismos, remarcando la mayoría de participantes, la falta de conocimientos para relacionarlo con otros conceptos o simplemente no han escuchado de estos en los espacios académicos anteriores.

Actividad 2. Laboratorio 1 reloj de yodo

Al momento de realizar la actividad del reloj de yodo, segundo laboratorio en el curso y primer parcial, se pensó en tres momentos:

- Preinforme de laboratorio, es normalmente utilizado para dar una idea principal de que se va a tratar como tal la experiencia, en este, incluimos, la metodología con la que se realizaría el segundo momento, los materiales y reactivos que se necesitaran en la práctica con sus cantidades y por supuesto, el resumen de las fichas técnicas de los reactivos que se utilizaron, teniendo en cuenta que se pensó en la bioseguridad de cada estudiante y que las especies no tuvieran peligros contundentes para ellos, puesto que, la actividad se iba a realizar en el hogar de cada estudiante, es decir de forma remota.
- Guía de laboratorio, se presenta en este apartado los objetivos con los que se realizará la experiencia, un referente teórico dispuesto desde los conocimientos previos de los desarrolladores del trabajo de grado, cálculos con respecto a los conocimientos previamente vistos en el aula, referentes bibliográficos utilizados para estructurar toda la práctica de laboratorio.
- Actividad experimental, se plantea que en el momento en el que se realice la práctica, el grupo de control (creadores del trabajo de grado) estará para asesorar toda la práctica y desarrollarla sincrónicamente con los estudiantes, y así evitar la mayor cantidad de errores durante la actividad y resolver las

inquietudes de los estudiantes.

Además, se realiza una rúbrica (Anexo 1.2) dónde se colocan parámetros en los cuales se evaluará el informe de laboratorio entregado por los estudiantes y titulado como parcial número uno del curso de teorías químicas III, tales parámetros están organizados como la estructura en la que se presentó el informe:

- Objetivos
- Referente teórico
- Metodología
- Resultados
- Análisis de resultados
- Mecanismo de reacción
- Tratamiento matemático
- Conclusiones

Actividad 3. Retroalimentación

Es una actividad de retroalimentación del parcial uno, donde se identifican posibles deficiencias en la realización de este informe de laboratorio; la toma de referencia de la práctica elaborada por el grupo de participantes, explicando brevemente cómo se realizó, teniendo en cuenta los cálculos, la cinética de reacción y el análisis de resultados como puntos importantes sobre la evaluación por medio de la rúbrica.

Actividad 4. Introducción a las Reacciones oscilantes

En esta sesión se hizo la presentación por medio de diapositivas que explica los conceptos de equilibrio químico termodinámico relacionados con las reacciones oscilantes. Muestra el cuerpo teórico de los sistemas oscilatorios, sus distintos mecanismos que dan cuenta de sus especies químicas que inciden en múltiples etapas, basando esta introducción, en el tema de equilibrio químico trabajado anteriormente a esta actividad.

Actividad 5. Laboratorio 2 reacción oscilante BR

Para este apartado de la intervención con los participantes, es necesario presentar el ejercicio experimental denominado “modificación a la reacción BR”, de manera demostrativa a causa de la dificultad en los equipos y la adquisición de las sustancias pensadas para esta práctica.

Disponer de un registro del montaje de las reacciones, así mismo, hacer la medición periódica de la diferencia de potencial que evidencian el funcionamiento de los sistemas estudiados, serán expuestos al grupo en la penúltima sesión del

curso.

Actividad 6. Diagramas de mecanismo de reacción

Durante las intervenciones que se realizaron para la formulación del proyecto de investigación y posterior trabajo de grado, evidenciamos que la realización de esquemas para entender los mecanismos de reacción y en particular de las reacciones oscilantes, son bastante relevantes para el desarrollo de una nueva perspectiva de la interpretación de mecanismos de reacción, particularmente el uso de esquemas no lineales permite una perspectiva más amplia de los procesos que ocurren mientras se efectuará una reacción de carácter oscilante, además de eso tanto el presentar un diagrama ayuda también lo fue la realización de diagramas por parte de los estudiantes, cuyas propias interpretaciones se vieron reflejadas en la elaboración de cada diagrama.

Actividad 7. Cuaderno digital

Para cada una de las actividades descritas con anterioridad, en la semana previa a la intervención de los tesistas, se explica la funcionalidad de consignar el trabajo derivado de las actividades teóricas y experimentales en un documento en Word, que a su vez integra una barra de conceptos, donde los participantes indican cuál o cuáles de estas posibilidades utilizan en la construcción del ejercicio propuesto en el aula. El control de esta herramienta y el material de las sesiones de intervención están anclados al espacio Classroom de Google.

Actividad 8. Prueba de salida

Finalmente como retrospectiva de las consideraciones iniciales se plantea la realización nuevamente de un escrito de iguales características al presentado como actividad inicial con el fin de hacer relación entre la formulación inicial previa a la experiencia adquirida con las reacciones oscilantes y ya después del acercamiento hacia estos nuevos conceptos esperando una mejora en cuanto a redacción y formación de nuevas ideas, adicionalmente haciendo uso de la estrategia virtual de aprendizaje del cuaderno digital para hacer relación entre el uso de esta herramienta y el desarrollo de la actividad.

CAPÍTULO 5

Análisis de la actividad de aula

Parte introductoria

Consentimiento informado

La realización del consentimiento informado fue provechosa dadas las consideraciones en cuanto a las posibilidades que ofrece el desarrollo del trabajo de grado, dados estos beneficios fue establecida la forma de presentación y se procedió a presentarlo mediante un sesión de clase mediante la herramienta virtual Microsoft Teams, en primera instancia se hace la presentación de las actividades propuestas las cuales fueron bien recibidas, para luego ya dar la explicación del uso de Google Sites para la adquisición y presentación de las correspondientes documentos, se dio explicación de qué se debía de llenar este documento de consentimiento para proceder con las actividades y se obtuvo respuesta positiva en cuanto a la firma por parte de los estudiantes, este consentimiento nos dio paso a la introducción de la siguiente actividad que se realizó de la misma manera, fue positiva la actitud de los estudiantes así como satisfactoria la participación recibida.

Actividad 1. Primera actividad

Principalmente la actividad inicial, aunque no tenía criterios específicos de evaluación, era primordial para el análisis de la percepción que tenía los estudiantes con relación a ciertos términos claves, que son referenciados dentro del contexto general del tema principal tanto de las actividades planteadas, así como de las relacionadas en la clase de Teorías Químicas III. La actividad permitió un análisis conforme a la descripción hecha de las categorías, que recurre a la tendencia de omitir los términos considerados como nuevos, que para este caso son "Oscilación y Reacciones oscilantes", considerando que estos términos serían los inesperados.

De modo que se evidenció la tendencia a relacionar los términos más usuales en una compilación textual un tanto coherente con relación a la explicación de un tema general y de ahí el desarrollo del párrafo conforme van usando los demás términos, como por ejemplo tomando como referencia uno de los párrafos presentados por una estudiante que escribió lo siguiente: *"La cinética química es la encargada de estudiar la velocidad de una reacción química de los reactivos para ser productos y los factores que afectan dicha velocidad. Entre los factores que afectan la velocidad de una reacción, podemos reconocer la temperatura, la concentración de los reactivos, la presencia de un catalizador y la naturaleza de los mismos."* (Estudiante 1, E1, 2021).

Conforme a lo descrito anteriormente, se evidencia que el texto en general se basa en "Cinética Química" integrando los otros términos de manera que fueran explicando la definición del tema central, en lo que se recopiló dentro del párrafo elaborado; aunque era coherente conforme a la explicación, hay un déficit para quien lee un párrafo más detallado en lo que respecta a la integración de todos los términos, sin embargo aunque no hace uso de todos los conceptos, es válido dadas las consideraciones de análisis que son conforme a las percepciones desde los conocimientos que el estudiante posee y su forma de expresar ideas con respecto a terminologías nuevas.

En la construcción de varios de los párrafos existe una tendencia similar, se desarrolla desde un término central; la explicación continúa asociando los demás términos. Así se pudo analizar varios párrafos interesantes de este tipo. Sin embargo, la evidente falta del uso de los conceptos más referentes al tema principal de la unidad didáctica fue lo que potenció el desarrollo de las actividades siguientes, dado que el desconocimiento de estos temas ha de ser esencial dentro del proceso de integración desde la novedad de las prácticas experimentales; razón por la cual, fue novedoso para ellos reconocer nuevas temáticas relacionándolas de manera práctica. Por ello el encontrar estas redacciones textuales iniciales fue gratificante en cuanto a las expectativas propias del desarrollo de la metodología planteada.

No es posible afirmar que todos los párrafos son similares en su redacción, ya que en este aspecto, es evidente que varía la forma de integrar los términos en la construcción del párrafo, sin embargo lo que se tiene en cuenta es la estructura del mismo; hay similitud en párrafos cuya estructura y redacción han incluido todos los términos, es posible inferir que el estudiante ha adquirido conocimientos sobre el tema en particular de la unidad didáctica. Un ejemplo de ello es el párrafo escrito por la estudiante 2.

"La química cinética es la rama de la ciencia que estudia la velocidad de las reacciones y los factores que afectan y hacen que haya un cambio en esta velocidad, entre estos encontramos la temperatura, que al ser mayor implica una mayor energía, por otro lado cabe resaltar que la termodinámica estudia la energía y sus transformaciones, la concentración que está directamente relacionada con la ecuación de velocidad de reacción, que es igual a la variación de la concentración sobre la variación del tiempo, por otro lado el estado físico de las sustancias, según su condición también generan un cambio, los catalizadores que alteran la velocidad, también encontramos la ecuación general que es igual a menos constante de velocidad por la concentración al número de orden de una reacción. Las reacciones oscilantes es un mecanismo que nos habla de las oscilaciones de una solución; En el sistema para hallar la velocidad de una reacción es fundamental tener en cuenta el balanceo que hay entre los reactivos y los productos para que

halla un equilibrio y a partir de esto ver como es su interacción a medida que sucede la reacción, sus cambios ya sea de color o masa, y si cumple con los parámetros.” (Estudiante 2, E2, 2021).

De acuerdo con lo descrito, el uso de los términos concretamente da una explicación de la idea principal, pero es pertinente resaltar que a pesar de hacer inferencia en el tema, aún es ambigua la idea de pertenencia con respecto a lo que una explicación clara del tema respecta. Específicamente conoce el concepto, sin abordar coherentemente su significado.

Sistematizando los párrafos correspondientes podemos concluir que generalmente el tema es desconocido, así como la forma de relacionar conceptos, es aún ambigua y poco generalizada dadas las condiciones descritas previamente. Especialmente es perceptible que se puede trabajar el desarrollo de la relación de equilibrio con respecto a un tema nuevo para la asimilación y fortalecimiento de estos nuevos conceptos conforme se desarrollan las temáticas del curso.

De igual forma es pertinente resaltar que los resultados de esta actividad inicial, serán contrastados con la actividad de cierre de tal manera, que se haga una relación entre inicio y fin de la implementación de la serie de actividades diseñadas y posteriormente aplicadas.

Actividad 2. Laboratorio 1. Reloj de yodo.

Para el desarrollo de la actividad experimental se tuvo en cuenta el preinforme, así como la evidencia en la adquisición de los materiales, para lo cual se aprecia que no hubo inconvenientes, garantizando su participación en la práctica.

Inicialmente se reciben múltiples dudas referentes al procedimiento:

- *¿Qué cantidad de agua desmineralizada se debe agregar?*
- *¿Cómo logró la suspensión de la disolución?*
- *¿En qué orden hago el procedimiento con respecto a verter un vaso con el otro?*
- *¿Cómo realizo la variación del yodo?*
- *¿Cuánto se demora en cambiar de color?*

Solucionadas de forma detallada; además, los evaluadores previamente reprodujeron la práctica de laboratorio en conjunto con los estudiantes. Se presentan bastantes inquietudes con respecto a la correcta lectura del procedimiento y, en general mediante la cámara, presentan evidencias de lo que obtienen en tiempo real. Para este momento de la actividad se observó la completa disposición de los estudiantes en la prueba experimental.

Las expresiones de asombro debido a los cambios de coloración que se presentaban en la mayoría de los procedimientos experimentales desarrollados por los participantes, además de la paciencia a medida que la variación en cantidad del yodo disminuye la velocidad con la que ocurre la reacción.

Al terminar la sesión de clase los datos registrados por los estudiantes fueron recogidos. Se comunica sobre los parámetros del informe de laboratorio y su entrega mediante la plataforma Google Sites, además de la entrega de un registro de la actividad experimental mediante el Microsoft Teams y la fecha de entrega del informe.

Al momento de evaluar el informe de cada uno de los estudiantes encontramos las siguientes dificultades:

- Mecanismos de reacción, falta de consulta en bibliografía, referentes en los análisis para explicar el cambio de coloración y lo que sucede en la reacción.

Mecanismo de reacción (cambio de coloración)

En cada uno de nuestros vasos pudimos presenciar un cambio de coloración al agregar el vaso 2 en el vaso 1, estos tenían diferentes cantidades de yodo y también se cambió la temperatura en la que se da la reacción, a lo cual se notó que a diferente cantidad de yodo varía el tiempo en que se dio la reacción, al comienzo logramos ver como el vaso queda en un color rosado amarillento muy suave y de un momento a otro comienza a tomar desde el fondo del vaso una coloración morada oscura algo azul en la que permanece un cierto tiempo y que termina viéndose morado negruzco o incluso totalmente negro, esta reacción pudimos verla en todos los ensayos a pesar del cambio de concentración de yodo o de la temperatura.

(Registro de informe, estudiante E3 Teorías químicas III: Práctica de laboratorio reloj de yodo)

Como observamos, el estudiante hace una descripción de lo que observo en la práctica de laboratorio en cuanto a la coloración, no hace uso de las reacciones y su mecanismo, es decir, de lo que ocurre químicamente en cada vaso del reloj.

En cuanto a la mezcla entre el vaso 2 y el 1 se evidencia un precipitado de color café que, con el paso del tiempo (En cada ensayo vario) ese color café cambia a un morado oscuro, después, termina en un color negro algo intenso. Se intenta explicar de manera lógica cuáles son las reacciones químicas implicadas en la práctica.

Las soluciones de yodo son agentes oxidantes suaves que se utilizan para las determinaciones de reductores fuertes. El I₂ molecular es muy poco soluble en agua ($1,3 \cdot 10^{-3}$ M a 20°C), pero su solubilidad aumenta si agregamos una sal como el yoduro de potasio por formación de un complejo entre el yodo y el yoduro: el triyoduro.

(Registro de informe, estudiante E4 Teorías Químicas III: Práctica de laboratorio reloj de yodo.)

En lo anterior, muestra que, el estudiante de nuevo hace una descripción colorimétrica de lo que realizó en la práctica de laboratorio, no hay como tal la

explicación por medio de un mecanismo de reacción de lo que sucedió químicamente en la actividad experimental; en el segundo párrafo explica la formación del triyoduro (I_3^-), esta especie se presenta cuando se realiza el procedimiento con diferentes reactivos en un laboratorio.

Resultados, no hubo buen registro de estos en cuanto al material fotográfico. No se utilizaron las normas APA correctamente.

Para el segundo procedimiento experimental:



Figura 9. Registro de informe, estudiante E1 Teorías Químicas III : Práctica de laboratorio reloj de yodo.

De acuerdo a la estética y normas APA del documento, la Figura 11. no cuenta con la numeración respectiva de cada Figura, a qué corresponde cada una de ellas, siendo un buen registro fotográfico de lo que se realizó en la práctica.



Figura 10. Registro de informe, estudiante E5 Teorías Químicas III : Práctica de laboratorio reloj de yodo.

En el informe de laboratorio presentado por el estudiante, no se encuentra completo el registro fotográfico, Figura 12., por ende, además de no cumplir las normas APA, no realizó a cabalidad el ejercicio. Queda la duda del desarrollo completo de la experiencia.

Cálculos estequiométricos, cuando se utiliza el peso atómico por elementos diatómicos, es decir, a propiedades específicas de algunos de éstos que son conceptos previamente visualizados en las fórmulas químicas generales.

$$\begin{aligned} \%g \times \text{soluto} &= \frac{2\% \times 0,025L}{100\%} = 5 \times 10^{-4} g \\ 5 \times 10^{-4} g \times \frac{1 \text{ mol}}{126,9g} &= 3,940 \times 10^{-6} \text{ mol} \\ m &= \frac{3,940 \times 10^{-6} \text{ mol}}{0,025L} = 1,576 \times 10^{-4} M \end{aligned}$$

Figura 11. Registro de informe, estudiante E3 Teorías Químicas III: Práctica de laboratorio reloj de yodo.

Según lo anteriormente mencionado, en los informes de laboratorios presentados encontramos este cálculo regularmente para hallar moles del yodo molecular I₂ Figura 13., donde no se toma como referencia el peso atómico de los dos átomos que componen al yodo, en este caso de la experiencia.

Ecuaciones químicas, para hallar la concentración además de error en las unidades que se utilizan en dichas fórmulas, identificamos problemáticas relacionadas con teorías químicas anteriores.

$$\begin{aligned} \% \frac{m}{v} &= \frac{g_{\text{soluto}}}{v_{\text{solución}}} \times 100 \text{ se despejan } g_{\text{soluto}} \\ g_{\text{soluto}} &= \frac{\% \times v_{\text{solución}}}{100} \\ g_{\text{soluto}} &= \frac{2\% \times 0,04L}{100} = 8 \times 10^{-4} g \end{aligned}$$

Figura 12. Registro de informe, estudiante E6 Teorías Químicas III: Práctica de laboratorio reloj de yodo.

En la Figura 14., se puede observar el uso de la fórmula que responde a las necesidades para hallar la concentración de yodo en el envase de tintura de yodo. Una de las dificultades que se notan es las unidades en las que se hizo el despeje.

Porcentaje masa-volumen (%m/v): indica la masa de soluto por cada 100 mL de solución, se puede calcular con la siguiente expresión:

$$\% \frac{m}{V} = \frac{m_{\text{sto}}}{V_{\text{solución}}} \times 100$$

Masa de soluto: expresada en gramos
Volumen de solución: expresado en mL

Figura 13. Fórmula del porcentaje masa/volumen.

Fuente: (Montalvo, A. 2013)

Con la referencia anterior contemplamos en donde está el error, las unidades en las que debe ser despejada la fórmula de %m/v, hace un cambio total en el tratamiento matemático para la actividad experiencial.

0,5 mL.	$\% = \frac{2\% \cdot 0.0005L}{100} \cdot \frac{(1mol)}{126.90g} = 7.88 \times 10^{-8}$ $3.15 \times 10^{-5} M I_2$	$M = \frac{7.88 \times 10^{-8}}{0.0025L} =$
1,0mL.	$\% = \frac{2\% \cdot 0.001L}{100} \cdot \frac{(1mol)}{126.90g} = 1.57 \times 10^{-7}$ $6.30 \times 10^{-5} M I_2$	$M = \frac{1.57 \times 10^{-7}}{0.0025L} =$

Figura 14. Registro de informe, estudiante E2 Teorías Químicas III: Práctica de laboratorio reloj de yodo.

Con respecto a la concentración encontramos una dificultad al hallar está en las disoluciones elaboradas por cada uno de los estudiantes, en la actividad experimental (Figura 16); se usa la fórmula del %m/v, dejando por fuera el volumen total de la solución de los vasos, por tanto la concentración que se presenta en esta Figura no corresponde a un valor correcto de cantidad de yodo real del vaso.

La ecuación que se debía usar era la conocida para hallar concentraciones en disoluciones:

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

Donde,

C_1 = concentración de la disolución concentrada

V_1 = volumen de la disolución concentrada

C_2 = concentración de la disolución diluida

V_2 = volumen de la disolución diluida.

Figura 15. Fórmula de disoluciones.

Fuente: (Contreras, R. Quintanilla, M. Araya, S. 2000)

Donde, la concentración uno, es la concentración hallada previamente con la fórmula de %m/v y luego pasada a Molaridad M por el volumen usado en el vaso respectivo, dividido el volumen total de la suma de los dos vasos de la experiencia.

Análisis de resultados, a los estudiantes aún se les complica saber que deben analizar respecto a sus resultados y el “porqué” ocurre.

Análisis de resultados

Lo que se quiere demostrar con este laboratorio es que son reacciones oscilantes por esa razón se llama reloj de yodo qué significa que tomaremos los datos para medir la velocidad de reacción y la constante demostrando la cinética en ella

La reacción tuvo un tiempo 0 a un tiempo final medido en segundos(s) f en la cual se demostró un precipitado que marcó la finalización de la reacción. (Registro de informe, estudiante E7 Teorías Químicas III: Práctica de laboratorio reloj de yodo.)

El análisis de resultados presentado por el estudiante, no explica qué pasa en la reacción del reloj de yodo, el cambio de coloración y tampoco detalla los resultados obtenidos sobre el tratamiento matemático, no está bien redactado su análisis.

Análisis de resultados.

A medida que la concentración del I₂ va aumentando el tiempo que tarda la reacción cada vez se hace menor y viceversa, ya que a partir de la concentración depende el tiempo que tardara en darse la reacción, también la temperatura al ser menor su tiempo de reacción es muy demorado y al ser mayor, la reacción se da en menos tiempo y es ahí donde podemos corroborar que la concentración y temperatura son factores que afectan la velocidad de reacción en un estudio de cinética química. Además de la presencia mínima de un factor llamado energía, que también permite la continuidad y eficacia de las reacciones.

(Registro de informe, estudiante E8 Teorías Químicas III: Práctica de laboratorio reloj de yodo.)

Con base a lo anteriormente mostrado, el estudiante realiza un análisis sobre la cinética de reacción y como avanza la velocidad de reacción respecto a las condiciones de reacción, pero, no toma como referencia sus resultados y no hace énfasis en el cambio de coloración, énfasis que se les solicitó a los estudiantes al momento de realizar el informe de laboratorio.

Al concluir, no vinculan los objetivos que habían planteado al iniciode la práctica con sus resultados y el análisis de resultados.

Conclusiones

- Cuando se determina el orden de reacción graficando la ecuación de velocidad integrada, se obtiene lo que a veces se nombra, orden con respecto al tiempo. Este orden no será ambiguo siempre que sea independiente del tiempo durante todo el lapso en que se efectuó una reacción
- La curvatura de las gráficas nos puede denotar el tipo de vida media, en la cual puede ser posible una desviación a causa del cambio de las condiciones o en su caso por el PH utilizado por el ácido ascórbico conforme a la reacción.

(Registro de informe, estudiante E9 Teorías Químicas III: Práctica de laboratorio reloj de yodo.)

VIII. CONCLUSIONES

- La cinética química permite indagar en las mecánicas de reacción se conoce como dinámica química. El tiempo de reacción, la velocidad de las reacciones lo estudia la cinética química determina si una reacción química dada se realiza en determinado tiempo.
- La velocidad de reacción depende de la concentración de los reactivos y de la temperatura ya que a medida que estos aumentan, se incrementa el número de colisiones, ya que las partículas se moverán más rápido y por ello será mayor la velocidad de reacción.

(Registro de informe, estudiante E1 Teorías Químicas III: Práctica de laboratorio reloj de yodo.)

Para realizar las conclusiones, notamos deficiencias comunes los anteriores cuadros de texto, tales como, no ligan en este apartado los objetivos, resultados y su análisis de resultados, no destacan los puntos más importantes de su informe de laboratorio.

Retroalimentación actividad experimental 1

La presentación mediante diapositivas a un grupo de estudiantes asistentes a esta sesión tuvo dos partes; dio pie para una explicación detallada de cada uno de los criterios tales como los evaluados en el anterior apartado y que se encuentran en la rúbrica dispuesta para evaluar el informe. La exposición de los aciertos y debilidades están orientados hacia los apartados de resultados, tratamiento matemático, análisis de resultados y conclusiones.

El apartado cuantitativo insiste en los cálculos derivados del reloj de yodo, ejemplificando una de las tantas maneras de obtener los resultados esperados, a partir de los datos experimentales. Por lo tanto, se advierte a los asistentes la dificultad registrada y a continuación es explicado paso a paso la secuencia mediante factores de conversión, equivalencias en unidades y pesos fórmulas de

las sustancias empleadas.

No tener en cuenta las especies químicas, para el caso el yodo, fue un factor en varios informes, perjudicando de esta manera el análisis de resultados.

Por otro lado, la recomendación general a los participantes es emplear concienzudamente las normas APA en las secciones del informe que así lo consideren, evitando en futuras entregas problemas con lo relacionado a la propiedad intelectual.

Sesiones de clase

El desarrollo oportuno de las sesiones de clase se dio en tres momentos, las cuales relacionaron los conceptos claves que definen la definición de las reacciones oscilantes. Iniciando el martes 20 de abril de 2021, se presentaron las definiciones y los contextos histórico- Epistemológicos que corresponden con la introducción a las reacciones a tratar.

Principalmente el enfoque conceptual de los estudiantes no es muy claro en lo referente a la interpretación de la explicación teórica del funcionamiento de las oscilaciones en este tipo de reacciones, sin embargo, estaba dentro de las posibilidades dada la complejidad de sumecanismo de reacción. Sin un referente gráfico que fomentará su explicación, además de la relación realizada conforme al equilibrio químico, dadas las condiciones propias de estas reacciones.

Del mismo modo, se continúa el miércoles 21 de abril de 2021 con la introducción de la representación gráfica del mecanismo de reacción, particularmente la reacción Belousov Zabohtinsky; este es un proceso con múltiples etapas, esencial para iniciar la explicación detallada del mecanismo de reacción a desarrollar en la temática planteada. Aun así, surgen varias dudas, relacionadas generalmente con la interpretación de la secuencia de reacciones que allí observan, en consecuencia, para ellos es nuevo y complicado relacionar esta serie de procesos representados por ecuaciones. Fue necesario hacer la presentación y construcción de un esquema para la explicación de las etapas de la reacción, denominado *esquema de control* para entender de la mejor manera el proceso secuencial de la reacción; esta actividad resulta provechosa debido a la participación de los participantes Se solicita elaborar un esquema interpretativo de la reacción a modo de ejercicio práctico, posterior a la explicación de los tesisas.

Continuando con las sesiones de clase explicativas, el día viernes 23 de abril de 2021, surgieron una serie de preguntas e inquietudes con respecto a la comprensión e interpretación del diagrama, por lo cual asumimos que la explicación no fue del todo comprendida, presentándose un déficit no previsto por los tesisas. Acorde a esto, la explicación se hace de nuevo empezando desde la interpretación de las reacciones de una forma lineal, hasta la construcción de un esquema más simplificado (no lineal), mostrando detalladamente el proceso que ocurre cuando se efectúa la reacción teóricamente hablando; así se hizo

clarificación de las dudas expuestas, resaltando que hasta este punto no se presentaron los esquemas de los estudiantes, sin embargo fueron recibidos varios de estos en el Google Sites (Classroom).

Diagramas de Mecanismos de Reacción³

Posterior a la explicación realizada en las sesiones de clase, se recibieron por parte de los estudiantes, la elaboración de unos esquemas representativos de las reacciones tratadas y que eran parte del desarrollo conceptual de las actividades planteadas, de modo que permitieran al estudiante una nueva perspectiva de la interpretación de mecanismos de reacción no lineales cuyas variaciones son nuevas para ellos, sin embargo se obtuvieron favorablemente los diagramas solicitados y de acuerdo a la estructura de los mismos pudimos observar tendencias a la interpretación más intuitiva dadas las condiciones propias de la transición del paso de la estructura usual a esta nueva interpretación que ellos consideran como nueva, algunas de ilustraciones se presentan aquí en donde cada una presenta un detalle apreciable con respecto a la percepción del estudiante.

La interpretación de estos mecanismos se basa en la representación esquemática del mecanismo propuesto por Field, Körös y Noyes (1972), que mediante la construcción de procesos multidireccionales amplía la funcionalidad de este tipo de esquemas, "Este mecanismo, es tan elaborado, que aún hoy, después de múltiples modificaciones y ampliaciones, se usa como base para el entendimiento y la explicación de las oscilaciones en la reacción BZ." (Barragán R. , Agreda J. 1998. p. 72).

Aunque este mecanismo es interpretado mediante una serie de ecuaciones, en el texto de Oporto S. y Ramírez G. titulado " Análisis del Comportamiento Oscilatorio de las Concentraciones en la Reacción de Belousov Zhabotinsky" se representa este mecanismo de forma más esquemática (Imagen 1) y se usa como presentación de este mecanismo por lo cual nos basamos en esta interpretación para el desarrollo de la actividad.

³ El modelo representativo se basa en la esquematización del mecanismo de reacción propuesto en 1972 por Field, Körös y Noyes el cual es el más indicado para representar las etapas de este tipo de reacciones.

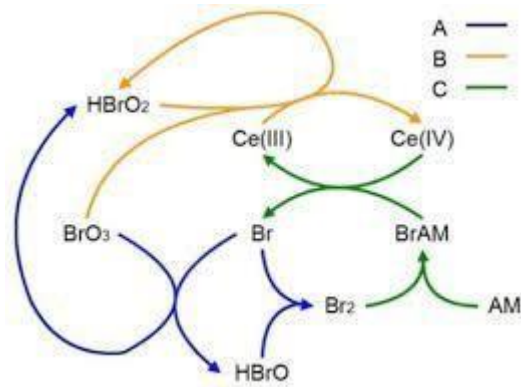


Figura 16. Imagen 1: Esquema de la reacción BZ basado en el mecanismo FKN de acuerdo a los procesos A,B y C. (Oport S., Ramírez G., 2013).

Esquemas reloj de yodo

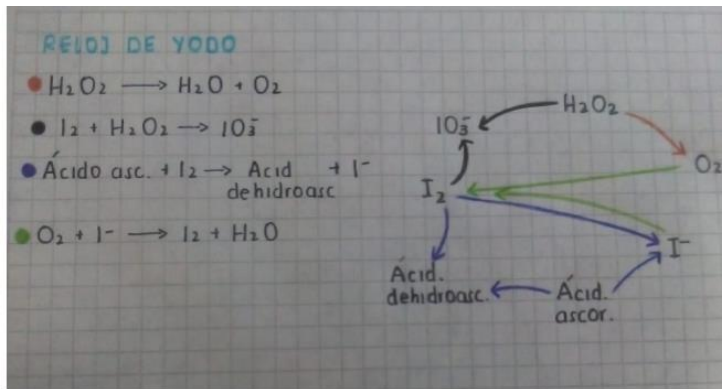


Figura 17. Diagrama reloj de yodo, elaborado por estudiante E1

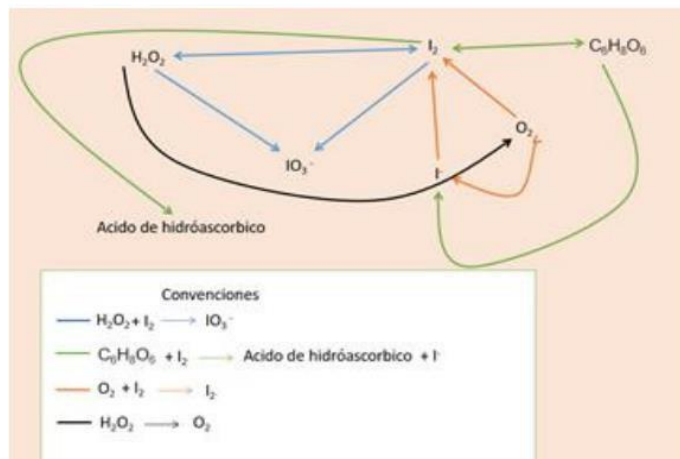


Figura 16. Diagrama reloj de yodo, elaborado por estudiante E4

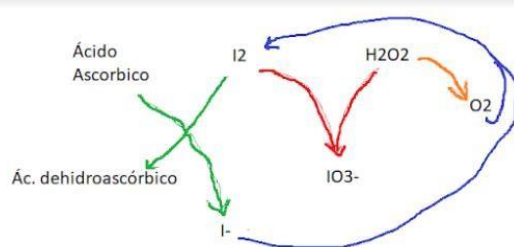


Figura 18. Diagrama reloj de yodo, elaborado por estudiante E5

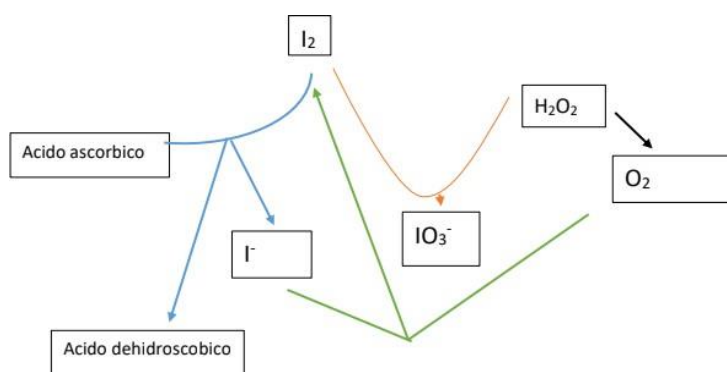


Figura 19. Diagrama reloj de yodo, elaborado por estudiante E3 y E2

La primera actividad experimental, fue el reloj de yodo; los estudiantes presentaron sus esquemas y se puede anotar que se tienen una idea clara de un mecanismo de reacción no lineal conforme el proceso de reacción avanza. Representan la idea principal de la explicación proporcionada en la clase sobre este tipo de reacciones.

Es evidente la tendencia hacia la similitud con los mecanismos de reacción usuales representados por la transformación de reactivos a productos pasando de un lado a otro; logran llegar a una idea más amplia de un mecanismo de reacción con múltiples variaciones. Lo que se esperaba de la construcción de estos diagramas, la variable conceptual al interpretar mecanismos de reacción complejos que requieren de múltiples interacciones; Se tiene en cuenta la forma de estructurar los esquemas y concuerdan en el uso de colores para la diferenciación de algunos de los procesos allí descritos, lo que permite analizar el hecho de que se ha logrado presentar la idea principal y que la construcción de estos esquemas es una herramienta importante para la comprensión de los temas.

Esquema reacción oscilante BZ

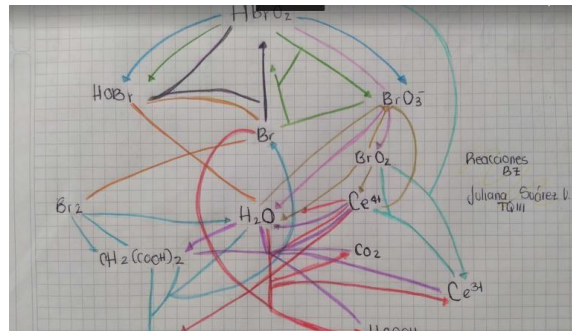


Figura 20. Diagrama BZ, elaborado por estudiante E3

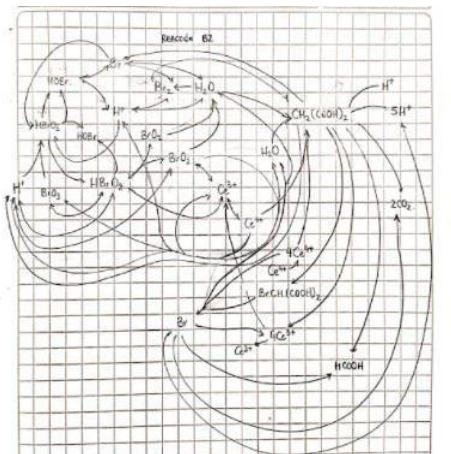


Figura 21. Diagrama BZ, elaborado por estudiante E5

Para el caso de reacciones más complejas como la Belousov Zabohtinsky, existen varios factores a analizar, primeramente se sigue manteniendo la estructura no lineal en representación a los múltiples procesos que allí se describen en relación con el uso de color y varias líneas que representan las reacciones, sin embargo se aprecia complejidad para poder relacionar cada uno de los procesos de forma organizada y más sintetizada, es evidente que se sobreentiende que ya interpretan mejor el mecanismo de reacción mediante la creación de estos diagramas y que la explicación fue esencial para su elaboración e interpretación, y es posible que se pueda lograr una mayor representación de los diagramas de continuarse con el desarrollo de actividades prácticas y explicaciones conceptuales.

Otro factor a analizar es el uso elevado de líneas dentro del proceso, que no es negativo en su totalidad ya que es válida la interpretación, sin embargo se hace posible el optimizar esta representación con respecto ya a condiciones visuales, aunque las líneas representan todo el proceso también es posible que pocas líneas lo hagan, y que al momento de tener referencia sea más fácil para su uso, de modo que se espera que conforme avanzan en el proceso de construcción, se

obtengan diagramas mejor estructurados en lo que a síntesis respecta.

Esquema Reacción Oscilante BR

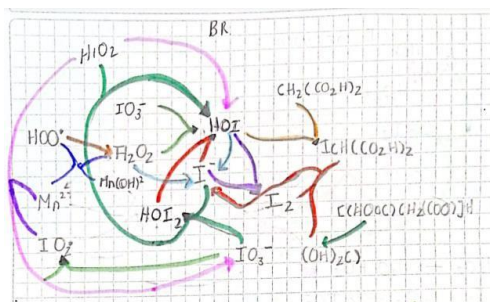


Figura 22. Diagrama BR, elaborado por estudiante E5

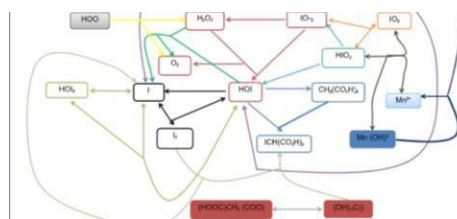


Figura 23. Diagrama BR, elaborado por estudiante E9

Finalmente, se concluye el ejercicio con la representación del mecanismo de la propuesta de modificación a la reacción Briggs Rauscher, en la cual se observa que los esquemas son más compactos y claros; se tiene mayor relación de lo que se establece en una representación gráfica clara y óptima para sintetizar el mecanismo de reacción pertinente.

Estos resultados son ejemplo del avance esperado al usar estos esquemas como parte del proceso de enseñanza para la comprensión de reacciones complejas y dadas las condiciones, se sobreentiende que es posible pasar del concepto de linealidad, a uno dinámico e innovador que es poco usado dentro de las metodologías propias dentro del campo de la química. Es pertinente resaltar que el uso de actividades de carácter gráfico favorece la interpretación de diferentes situaciones, actuando positivamente para el desarrollo de las siguientes actividades que se presentan dentro del desarrollo de la unidad didáctica.

Presentación Actividad Experimental 2

El desarrollo de esta actividad experimental se realizó asincrónicamente a las sesiones de clase, con el fin de presentar los resultados a los estudiantes, por lo cual se establecen dos situaciones para el desarrollo de la actividad experimental. Cabe resaltar que el sistema escogido para representar de forma remota y casera fue el de la reacción llamada Briggs-Rauscher, reestructurada con los materiales disponibles obteniéndose registros aceptables. De acuerdo con lo anterior se establecen las siguientes situaciones:

Situación 1: Desarrollo del proceso de reacción.

Durante este periodo se establecieron las condiciones necesarias para la replicación y modificación de la reacción BR, fuera del laboratorio y con reactivos similares a los originalmente establecidos, manteniendo la posibilidad de reproducir el proceso; de modo que los reactivos utilizados para esta solución difieren principalmente en el ácido orgánico (malónico) y la fuente de BrO_3^- (KBrO_3) por lo demás, los otros reactivos fueron adquiridos sin complicaciones. Estas condiciones fueron establecidas de antemano para efectuar la reacción, sin embargo, el resultado no fue el esperado, producto de las características observadas en relación con el transcurso del tiempo y propiedades cualitativas como los cambios de color. Transcurridos los diferentes ensayos correspondientes, se establece que el proceso de reacción ocurre, aunque no de la manera que se plantea teóricamente dado que varía bastante al obtenerse estos cambios de color, la medición del tiempo y valores como los de diferencia de potencial eléctrico medido usando un multímetro. Es por ello que se toman estos datos, procediendo a su correspondiente análisis y registro, el cual es presentado en el apartado anexo y dentro del documento se encontrará referenciado respectivamente.

Situación 2. Presentación y explicación a los estudiantes.

Para esta etapa de desarrollo, se establece una sesión de clase donde se produjo la explicación del laboratorio 2 elaborado como propuesta modificada de la reacción oscilante Briggs-Rauscher.

La primera parte de la presentación hace énfasis en el cambio de los productos del proceso teórico indicados, hay una explicación pertinente del mecanismo de reacción desde la fundamentación teórica, posteriormente se recalca el contexto histórico del proceso Briggs-Rauscher, hasta la presentación de los registros obtenidos cronológicamente de inicio de la actividad hasta la fecha establecida para tener el último registro, para ello la actividad experimental casera se vale de un registro fotográfico y la medición de la diferencia de potencial de la solución final, elaborada por la mezcla de 3 disoluciones entre los reactantes, indicador y catalizador.

La diferencia de los dos sistemas es evidente en los primeros periodos del registro, convirtiéndose las imágenes en las últimas secuencias en una igualdad de color. El aspecto cuantitativo se expuso con la gráfica de la diferencia de potencial eléctrico de cada uno de los sistemas, comparado con el registro fotográfico, los estudiantes diferencian el criterio observacional con respecto a una medición formal que no puede ofrecer el registro de color periódico, y que para el desarrollo de una explicación más adecuada el uso de estas dos cuestiones es esencial. Tanto el registro fotográfico como la explicación teórica fueron esenciales para el desarrollo de la experiencia experimental, que, aunque no

realizaron ellos, les sirvió como un acercamiento para la observación de estas reacciones. Se tiene en cuenta que la práctica en un laboratorio sería más provechosa, sin embargo, la estrategia del uso de espacios virtuales de aprendizaje y de la presentación de resultados de una prueba también son condicionales para un desarrollo cognitivo íntegro.

Entrega Final: Cuaderno Digital

El desarrollo de la actividad final y la obtención de resultados provenientes de los estudiantes, presentó complicaciones dentro del transcurso de las últimas sesiones. Se tenía planeado el desarrollo de la herramienta denominada como cuaderno digital, la cual recopila aspectos importantes de la comprensión de los estudiantes, además que incluía la elaboración de un párrafo final con las mismas instrucciones dadas para la actividad inicial.

La estructura del cuaderno establece un documento en blanco con una barra de herramientas que habían de ser usadas por el estudiante para la especificación de aspectos conceptuales considerados más relevantes y de igual manera incluir el párrafo, con la siguiente estructura:

Tabla 7. Barra de herramientas cuaderno digital

Teoría	Hipótesis	Principio	Ley	Otro ¿Cuál?
Reacción reversible	Variable de reacción	Constante cinética o equilibrio	Ecuación química	Etapas de reacción

Tabla 8. Ejemplo de la utilización de la barra de herramientas

Teoría	Hipótesis	Principio	Ley	Otro ¿Cuál?
Reacción reversible	Variable (s) de reacción	Constante cinética o equilibrio	Ecuación química	Etapas de reacción

Efectivamente la actividad fue planteada como cierre del proceso conceptual del desarrollo de las actividades, a pesar de ello la actividad de cierre por coyunturas que no se podían haber previsto de la Universidad Pedagógica Nacional, no se recibió participación ante esta última actividad, por tanto no se tiene referente final para la relación del proceso evaluativo del contraste de las actividades iniciales, lo que hace que quede inconcluso, sin embargo dados los previos resultados es posible concluir con los resultados obtenidos hasta el desarrollo de

las sesiones que se lograron realizar.

CONCLUSIONES

Sobre el problema abordado

El estudio de los sistemas químicos oscilantes, además de plantear la importancia en cuanto a la regulación de reactividad de las especies químicas intermedias del proceso, permite analizar la condición de equilibrio químico antes de su establecimiento (cercano), y las condiciones de energía libre, disminución de la entropía (lejano); de tal manera que el ejercicio para su comprensión no debe conformarse sólo con evaluar una constante para saber si se producen más o menos productos.

Además de que son unas reacciones con tales peculiaridades o también actúan como punto de partida para explicar otros tipos de equilibrios que desde nuestra experiencia no son mencionados con tal profundidad. Estos conceptos amplían el significado de la cantidad de especies y el papel que juegan como productos o reactivos, es decir, se tiene pensado que las especies continúan en linealidad y no pueden tener esas dos particularidades, el ser producto y reactivo al mismo tiempo en un ciclo de reacción.

Sobre la actividad experimental con fines pedagógicos

El trabajo con sustancias comerciales teniendo en cuenta las cantidades para obtener resultados confiables en las actividades experimentales desde casa, deja claro que la utilidad del material volumétrico y equipo para la medición de diferentes propiedades de las soluciones es importante, facilitando la interpretación del funcionamiento de los dos sistemas químico-tratados: reloj de yodo y reacción oscilatoria BR modificada.

Durante el desarrollo de la actividad experimental del reloj de yodo, la comprensión de la temática cinética química en la clase de Teorías Químicas III, fue apoyada en el tratamiento matemático y la retroalimentación; además de la interpretación de las reacciones lineales y producción de esquemas para entender su mecanismo de reacción. Fue muy confortable acortar esa brecha conceptual con relación a las etapas de reacción interpretadas de derecha a izquierda, por la estructuración de los conceptos de reacciones oscilantes.

La sustitución de sustancias en el sistema Briggs-Rauscher para lograr su reproducción, pone en evidencia la sensibilidad del proceso; se hace necesario que las cantidades de los reactantes sean exactas, la variación de este factor altera sobremanera la coloración, la diferencia de potencial eléctrico, y por ende el análisis de resultados se ve

afectado por este desajuste.

Sobre la implementación de las actividades.

Mediante la ejecución de las sesiones de clase fue posible caracterizar y afianzar conceptos propios de las reacciones oscilantes en relación con el equilibrio químico, aportando así herramientas conceptuales para los estudiantes; la implementación de las actividades presentó resultados favorables durante el desarrollo de temáticas como la de cinética química.

Se establece que la formulación de actividades que facilitan la interacción del estudiante mediante elaboración de diagramas, hace factible la comprensión de las particularidades propias de mecanismos de reacción complejos y a su vez, las actividades experimentales con respecto al compendio de datos de forma inmediata, contribuye al análisis cuantitativo de las variables propias del estudio de una reacción y sus condiciones tales como, la velocidad, el orden de reacción y las constantes de velocidad que caracterizan el estudio cinético.

La cualidad de autoorganización propia de las reacciones oscilantes fue esencial en el desarrollo de explicaciones del equilibrio químico que usualmente no son trabajadas en el aula de clase, como las concepciones de equilibrio cercano o lejano, por ello el uso de estas reacciones que, desde la explicación de diagramas y el uso prácticas de laboratorio es favorable para los conceptos anteriormente en cuestión; además de la comprobación de algunas alteraciones de variables peculiares de la reacción con respecto a la variación del proceso de reacción, cuyos resultados fueron posteriormente fue puesto a prueba dadas las condiciones planteadas, es claro que el alterar estos factores contrasta la idea de la regulación de la reacción y en este caso la interacción de las especies, sucede de forma distinta dando resultados opuestos a los previstos pero que a pesar de ser diferente permite el análisis conceptual del funcionamiento de las mismas.

Las prácticas experimentales remotas fortalecen las habilidades de los participantes, pues estos no han tenido la oportunidad de trabajar en instalaciones adecuadas, desconociendo los equipos y materiales que facilitan esta actividad y los resultados derivados de la rigurosidad del sitio.

El cambio de linealidad de una reacción típica hacia una concepción esquemática de esta índole, que muestra la interacción simultánea entre dos o más sustancias involucradas en estos procesos. Denotando que hay especies químicas centrales capaces de encontrarse en un estado molecular o iónico.

El planteamiento metodológico permitió la recopilación de múltiples experiencias dentro de las sesiones impartidas, así como el desarrollo de las actividades experimentales; se sobreentiende que los estudiantes comprendieron mejor los conceptos tratados en las diferentes sesiones y se hace el cotejo desde el inicio de las actividades. Todas estas herramientas hacen posible que las experiencias sean diversas, estableciendo un análisis general que reúne la práctica propia del estudiante, las características globales del grupo, incluyendo las provenientes de los evaluadores.

RECOMENDACIONES

- Construir procesos oscilatorios alternativos, sustituyendo reactivos de difícil accesibilidad en el mercado, que para el caso son el ácido malónico por ácidos orgánicos comerciales (cítrico, acético, tartárico, ascórbico), que garanticen la oxidación por el yodo molecular producido; el KIO_3 por cualquier otra fuente del anión, inclusive añadir al sistema una fuente del anión I^- , generan registros que se extienden en el orden de 24 horas, comparado con los sistemas de Briggs-Rauscher y Belousov-Zhabotinsky que duran alrededor de pocos minutos.
- La utilización de ácidos orgánicos comerciales, cítrico, acético, tartárico, ascórbico, generan coloraciones similares, pudiéndose analizar esta cualidad con las etapas de la reacción Briggs-Rauscher; la medición de la diferencia de potencial de cada uno de estos, ofrece gráficas que pueden actuar comparativamente en lo que se refiere a momentos de alta o baja reactividad.
- Incluir las reacciones oscilantes al momento de estudiar las temáticas relacionadas con el equilibrio químico, teniendo en cuenta las estructuras conceptuales adquiridas en anteriores espacios académicos de la licenciatura en química. Planteando las oscilaciones como una simultaneidad en la función de ciertas especies químicas que en las reacciones químicas pueden ser reactivos o productos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agreda J., Barragán D., (1998), Reacciones Químicas Oscilantes: Su Historia, Revista Colombiana De Química, 27(2), pp. 61-70. Recuperado de: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rcolquim/article/view/17166/18017>
- Aguirre, J., Farid Chejne, & Hernán Darío Álvarez. (2020). Una aproximación a los comportamientos caóticos en procesos químicos. Dyna, 71(143), pp. 111–124. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49614311>
- Barragán R., D. A., & Agreda B., J. A. (1998). SIMULACIÓN DE MECANISMOS COMPLEJOS DE REACCIÓN. Revista Colombiana De Química, 27(2), pp. 71-78. Recuperado de: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rcolquim/article/view/17168>
- Benavente J., García A., Modelos Matemáticos para Reacciones Oscilantes, Universitat D' Alacant (2015-2016), Facultad de ciencias, Trabajo Fin de Grado, pp. 29-53.
- Benavente-García, J., & Alexandre. (2015). Modelos matemáticos para reacciones oscilantes. Recuperado de: https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/57666/1/Modelos_matematicos_para_reacciones_oscula_BENAVENTEGARCIA_ALEXANDRE_JORGE.pdf
- Briggs-Rauscher oscilante cambio del color de Reacción · www.greelane.com - Recursos para la Educación más grande del mundo. (2019, Julio 3). Www.Greelane.com - Recursos Para La Educación Más Grande Del Mundo. Recuperado de: <https://www.greelane.com/es/ciencia-tecnolog%C3%ADa-matem%C3%A1ticas/ciencia/briggs-rauscher-oscillating-color-change-reaction-602057/> }
- Clavijo Diaz, Alfonso. (2002). Fundamentos de Química Analítica. Equilibrio Iónico y Análisis Químico. Bogotá. Universidad Nacional de Colombia.
- Contreras, R. Quintanilla, M. & Araya,S. (2000). Unidad Didáctica Las Disoluciones. Ed. Pontificia Universidad Católica de Chile
- Duhem P., (1902), Thermodynamique et Chimie, LEÇONS ÉLÉMENTAIRES À L'USAGE DES CHIMISTES, Librairie Scientifique a Hermann, Paris.
- Farusi G (2009) Looking for antioxidant food. Science in School 13: 39- 43. www.scienceinschool.org/2009/issue13/antioxidants
- Furió, C. y Ortiz,E. (1983). Persistencia de errores conceptuales en el estudio del equilibrio químico. Enseñanza de las Ciencias, 1 (1), pp. 15-20.
- García J., (2015), Estudio e Investigación de Comportamientos Caóticos en Reacciones Químicas Oscilantes Mediante el Método de Simulación por Redes, Centro Universitario de la Defensa San Javier, España. Recuperado de: http://www.cud.upct.es/images/cud/TFG/Promocion_66/TFGs/tfg%20aa%20javier%20fuertes%20garca.pdf
- G. Dupuis & N. Berland, (2001). Réactions oscillantes - Ondes chimiques. Lycée Faidherbe LILLE. Recuperado de: <https://www.faidherbe.org/site/cours/dupuis/oscil.htm>
- Gil, D. (1996). Nuevas tendencias en la educación científica, Revista internacional de Educación científica, 18:8, pp.889-901.
- González, O., (2015). Simulación Numérica y Estudio del Problema Lotka-volterra, Universidad Politécnica de Cartagena. Recuperado de: <https://core.ac.uk/download/pdf/60433834.pdf>
- Jara, H.O. (2017). Sistematización de experiencias: prácticas y teoría para otros mundos posibles.

- Recuperado de:
<https://repository.cinde.org.co/visor/Preview.php?url=/bitstream/handle/20.500.11907/2121/Libro%20sistematizacio%CC%81n%20Cinde-Web.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Katime, I., & Pérez Ortiz, J. (2008). Enero de 2008 Katime y Pérez Ortiz Oscilaciones químicas en reacciones polimerización Rev. Iberoam. Polim, 9(1), 1–18. Recuperado de:
<http://www.ehu.es/reviberpol/pdf/ENE08/Katime.pdf>
- Martins L., (2013), Estudo e Aplicação do Referencial Bachelardiano de Obstáculos Epistemológicos no Ensino de Sistemas Químicos Oscilantes, Universidade de São Paulo, Brasil. Recuperado de:
<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/75/75134/tde-28112013-114502/publico/AndreLuisMartins.pdf>
- Moncaleano H., Furio C., Hernandez J. & Calatayud M., (2003) Comprensión del Equilibrio Químico y Dificultades en su Aprendizaje, Universitat de Valencia, Enseñanza de las ciencias, pp.111-118
- Montalvo Astete, A. M., & Pérez Zenteno, B. (2013). Nivelación de Química (MA228), ciclo 2013-1. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC).
- Naseri, A., Khalilzadeh, H., & Sheykhizadeh, S. (2016). Tutorial Review: Simulation of Oscillating Chemical Reactions Using Microsoft Excel Macros. Bioanal. Chem. Res, 3(2), pp. 169–185. Recuperado de:
http://www.analchemres.org/article_15812_d36a182e64222b8af4c86355753cac1a.pdf
- Oporto G., Ramírez G., (2013), Análisis del Comportamiento Oscilatorio de las Concentraciones en la Reacción de Belousov Zhabotinsky, Bolivia, Revista Boliviana de Química Vol. 30, No.2, pp. 102-114, Recuperado de: <http://www.scielo.org.bo/pdf/rbq/v30n2/v30n2a01.pdf>
- Ostwald W., (1909), L'Evolution d'une Science La Chemi, Bibliothèque de Philosophie scientifique, Paris.
- Osyova, A., Dübner, M., & Panzarasa, G. (2020). Oscillating Reactions Meet Polymers at Interfaces. Materials, 13(13), 2957. Recuperado de: <https://doi.org/10.3390/ma13132957>
- Patiño I., (2005), Reacciones Oscilantes: Aplicaciones, Universidad Autonoma de Mexico, Mexico. recuperado de: <http://132.248.9.195/ptb2005/00521/0350255/Index.html>
- Pechenkin, A. (2009). BP Belousov and his reaction. *Journal of biosciences*, 34(3), 365-371.
- Pereira, J. A. M., & Faria, R. B. (2007). Phase diagram and complex patterns in the modeling of the bromate-oxalic acid-Ce-acetone oscillating reaction. *Química Nova*, 30(3), pp. 541–547. Recuperado de: <https://doi.org/10.1590/s0100-40422007000300007>
- Pérez Ortiz, J., & Katime, I. (2008). Pérez Ortiz y Katime Reacciones oscilantes en polimerización Rev. Revista Iberoamericana de Polímero, 9(4), pp. 349–376. Recuperto de:
<http://www.ehu.es/reviberpol/pdf/JUL08/perez.pdf>
- Pourbaix, (1966). Atlas of Electrochemical Equilibria in Aqueous Solution, Pergamon Press, Oxford.
- Prigogine I. y Stengers, I. 2002. La nueva alianza: La nueva metamorfosis de la ciencia. Madrid: Alianza Editorial
- Quílez J., (2006), Análisis De Problemas de Selectividad de Equilibrio Químico: Errores y Dificultades Correspondientes a Libros de Texto, Alumnos y Profesores, Universitat de Valencia, Departamento de Física y Química, Enseñanza de las Ciencias, 24(2), pp. 219–240.
- Quílez Pardo, J.; Sanjosé López, V. (1995) Errores conceptuales en el estudio del equilibrio químico: nuevas aportaciones relacionadas con la incorrecta aplicación del principio de Le Chatelier. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, Vol. 13, n.º 1, pp. 72-80, Recuperado de: <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21395>
- Ren, Jie, Gao, Jinzhang, & Yang, Wu. (2012). Numerical Simulation of the Behaviors of the Bray-

Liebhafsky Oscillating Chemical Reaction by a Four-variable Model. Journal of the Mexican Chemical Society, 56(2), 131-138. Recuperado en 18 de marzo de 2021, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-249X2012000200008&lng=es&tlng=.

Sandoval, S. (2008) Posibilidades explicativas de la transformación de las sustancias desde una mirada sobre el equilibrio químico. Universidad Pedagógica Nacional. Departamento de química.

T. S. Briggs, W. C. Rauscher, "An Oscillating Iodine Clock," J. Chem. Ed., 1973, 50, 496.

Taller y laboratorio experimentos caseros reacciones oscilantes. Ondas químicas introducción. (n.d.). (2020), Recuperado de: <http://e-spacio.uned.es:8080/fedora/get/bibliuned:revista100cias-2011-4ne-5360/Documento.pdf>

Van't Hoff, (1896), Studies in Chemical Dynamics, Stuhlingen, pp. 143-235.

Zambrano Pineda, Sergio Armando (2014). Prácticas de reacciones oscilantes a partir de una caja didáctica para el desarrollo del concepto de auto-organización. Maestría thesis, Universidad Nacional de Colombia. recuperado de: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/75195>



REACCIONES OSCILANTES

Daniela Ariza, Juan David Linares, Javier Restrepo

NOMBRE DE LA UNIDAD DIDÁCTICA.

Desde la linealidad hasta el esquema, una aproximación a las reacciones oscilantes.

PREGUNTA CENTRAL

¿Cómo interpretar los mecanismos de reacción no lineales propios de las reacciones oscilantes, logrando una interpretación esquemática de las etapas de reacción que componen estos sistemas químicos?

POBLACIÓN

Esta unidad didáctica está dirigida a estudiantes de Teorías químicas III Grupo 01 de la Universidad Pedagógica Nacional en el semestre 2021-01.

OBJETIVOS

General:

- Analizar el mecanismo de reacción de algunas reacciones oscilantes (BR y BZ) en relación con las características propias del equilibrio y cinética química como sus posibles variables como concentración y temperatura, mediante actividades en el aula y prácticas de laboratorio remotas.

Específicos:

- Realizar la reacción del reloj de yodo para el análisis de los valores cinéticos obtenidos durante el proceso de reacción.
- Caracterizar las reacciones de Belousov-Zhabotinsky (BZ) y Briggs-Rauscher (BR) como ejemplo para la explicación del equilibrio químico desde sus características únicas.
- Establecer las relaciones entre el equilibrio químico y los procesos oscilantes propios de las reacciones BZ y BR.
- Recopilar las experiencias de aprendizaje mediante la realización de un cuaderno digital haciendo uso del ambiente virtual de aprendizaje llamado classroom.

COMPETENCIAS E INDICADORES DE COMPETENCIAS

Tipo	Parámetro
Conocimientos conceptuales	Caracterizar las particularidades de las reacciones lineales y las reacciones oscilantes.



	Identificar las condiciones de temperatura y concentración necesarias en las cuales el sistema se encuentra cercano o lejano al equilibrio químico.
	Reconocer cuales son las variables de reacción y condiciones en las que se producen, dependiendo su particularidad.
Conocimientos actitudinales	Adquirir materiales y equipos adecuados para reproducir las prácticas de laboratorio remotas con valores aceptables.
	Proponer sistemas alternos partiendo de la reacción BR, a partir de la sustitución de una o más sustancias del proceso original.
Conocimientos procedimentales	Realizar actividades experimentales remotas que propicien el entendimiento de conocimientos conceptuales.
	Reconocer cuales son las variables de reacción y condiciones en las que se producen, dependiendo su particularidad.

TEMÁTICA

La actividad experimental en la enseñanza de las ciencias ha desempeñado un papel trascendente en el desarrollo en cuanto a la explicación de los fenómenos que en el ejercicio del aula puede realizarse de manera parcial; ha sido utilizada en la comprobación de teorías valiéndose de las propiedades cuantitativas en su gran mayoría. Por lo tanto, su incidencia en los programas académicos de química vienen tomando fuerza en cuanto a la conveniencia de realizar prácticas que le sirvan al estudiante en su proceso teórico-práctico, evitando que la experimentación se convierta en el reporte de resultados semanalmente sin que haya una retroalimentación de las situaciones predecibles e impredecibles generadas durante la práctica experimental.

Los procesos experimentales atienden a las necesidades advertidas por el docente quien dentro del plan académico de la asignatura identifica las temáticas y el orden adecuado para que éstas fortalezcan la base fundamental, favoreciendo el entendimiento cualitativo del fenómeno en primera instancia durante el momento de la actividad experimental.

La garantía de organizar concienzudamente los contenidos pretende además que en conjunto con la explicación detallada de la funcionalidad de los instrumentos, sustancias, aparatos, se comprenda la importancia del trabajo en el laboratorio, otorgando este ejercicio a la formación de estudiantes, herramientas utilitarias para sus primeros semestres de pregrado que desemboquen en buenas practicas experimentales en asignaturas posteriores.



FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

➤ **Cinética química:**

La cinética química estudia el fenómeno de reacción química de acuerdo al grado de interacción por parte de unas sustancias iniciales (reactantes); simultáneamente al consumo de estas especies químicas, se forman nuevos compuestos (productos) que al cabo del tiempo limitan el avance del proceso, estabilizándose la concentración y velocidad de las especies implicadas.

Las reacciones químicas de acuerdo a sus procesos de interacción tienen diversos factores a analizar, como lo es el fenómeno de reacción conforme va avanzando el proceso de consumo de reactantes para la formación de nuevas sustancias denominadas como productos, al cabo que dentro de este proceso se contemplan el análisis del tiempo conforme avanza en relación a variables de concentración conforme avanza el tiempo, hasta tener un estado estable en el que se determina que ha finalizado la reacción.. Este conjunto de incógnitas establecen la relación denominada como cinética química; simultáneamente, se analiza de forma individual datos como son el valor de las velocidades propias de cada reacción, en relación con la cinética y de igual manera en el análisis del fenómeno observable. (Petrucci, Herring, Madura y Bissonette, 2011).

➤ **Velocidad de reacción:**

A medida que ocurre un proceso de reacción química, es importante tener en cuenta algunos factores que son imprescindibles para obtener de forma sistemática, y la velocidad de reacción es uno de ellos. Como su nombre indica, la velocidad de reacción indica el cambio que ocurre cuando el proceso de una reacción avanza, es decir cómo ocurre un cambio conforme avanza el tiempo.

➤ **Constante de velocidad:**

La constante de proporcionalidad k , relaciona la velocidad de una reacción con las concentraciones de los reactivos.

➤ **Principios de Le Chatelier:**

Cualquier sistema en equilibrio químico estable puede alterar su posición en respuesta a un cambio forzado en la presión externa o la temperatura o la concentración de uno de los componentes. La dirección del desplazamiento del equilibrio es tal que, si ocurre de forma única, la presión interna, la temperatura o la concentración se altera en la dirección opuesta a la del cambio forzado. (Quílez y López, 1996).

➤ **Equilibrio químico:**

El equilibrio es un estado dinámico en el cual se estabilizan (igualan) las velocidades de reacción directas e inversas de una reacción reversible.

➤ **Constante de equilibrio:**

Determina el “sentido” de una reacción química reversible mediante el cociente de las concentraciones de productos en relación a sus reactivos.



➤ **Reacciones oscilantes:**

Una reacción se dice que es oscilante cuando, después de finalizar, el sistema vuelve a su estado inicial y la reacción vuelve a iniciar. (Patiño I., 2005)

METODOLOGÍA:

Para llevar a cabo la unidad didáctica planteada, la misma consta de los siguientes pasos fundamentales:

- Reforzar los conocimientos obtenidos en el curso de Teorías Químicas III con respecto a la temática de cinética química basada en una práctica de laboratorio en casa.
- Implementar las reacciones oscilantes como base conceptual para explicar el equilibrio y la cinética química.
- Explicar las diferencias entre equilibrio químico cercano y lejano.
- Diferenciar las reacciones lineales, de las reacciones oscilantes por medio de esquemas construidos mediante las secuencias para entender su mecanismo de reacción.

1. Introducción del contenido:

PRIMERA ACTIVIDAD

NOMBRE: _____ **CÓDIGO:** _____

En la siguiente actividad se le recomienda responder con sus propias palabras y haciendo uso de los conocimientos que ha adquirido a lo largo de su formación.

- (1) Elabore un escrito de uno o dos párrafos entre 10 y 15 líneas (no menos - ni más por cada párrafo), que sintetice los aspectos conceptuales que se le presentan en el siguiente listado, por favor procure hacer uso de cada una de las palabras para formar un escrito que sea coherente y que relacione cada concepto, si desconoce el significado de algún concepto y no logra relacionarlo en el párrafo colóquelo al final como un apartado que diga, desconozco este término.

Reacción, Equilibrio, Cinética, Balanceo, Oscilación, Sistema, Condición, Parámetro, Cambio, Reacciones Oscilantes, Catalizador, Temperatura, Concentración, Solución, Reactivo, Color, Velocidad, Tiempo, Factor, Constante, Producto, Variación, Mecanismo, Interacción, Termodinámica, Química, Estado.

2. Actividades prácticas:

LABORATORIO: CINÉTICA DE REACCIÓN

➤ **Pre informe:**



Para realizar la práctica de laboratorio sobre cinética química:

1. Fichas técnicas. Resumidas: (Fórmula, usos, propiedades físicas y químicas, riesgos).
2. Compra de materiales.

PRÁCTICA DE LABORATORIO

OBJETIVOS:

General:

- Caracterizar el funcionamiento de las reacciones lineales y su respectiva cinética química mediante el denominado reloj de yodo.

Específicos:

- Calcular el orden de reacción del reloj de yodo haciendo variación en el yodo.
- Determinar la velocidad de reacción del reloj de yodo.

REFERENTE TEÓRICO:

Al momento de analizar las características propias presentes en el proceso de reacción, tenemos presente una caracterización propia que relaciona la velocidad conforme avanza el mecanismo de reacción, la cual es llamada como cinética química, cuya definición general establece que este análisis se encarga de analizar la rapidez de las reacciones químicas y además el estudio de los factores que influyen en la rapidez de un proceso químico, dicho factores como lo son por ejemplo "la temperatura, los cambios de concentración de reactantes y la adición de catalizadores" . (Moreno , A,2015, p.3).

Del mismo modo, es pertinente resaltar que como hablamos del término cinética, es importante definir que dicha velocidad a analizar es denominada como la Velocidad de reacción, y así como lo dice su nombre, es una medida de velocidad, con relación a la variación de concentración de reactantes o productos por unidad de tiempo durante el proceso en que ocurre una reacción química en cuestión y permite un análisis así más amplio del desarrollo del fenómeno observado cuando ocurre un cambio dentro de una reacción. Esta medida ha de expresar una relación de cambio de valores de los compuestos presentes en la reacción que más específicamente se expresa en términos generales como la variación con respecto a "el aumento en la concentración de productos ó la disminución en la concentración de reactantes por unidad de tiempo". (Soto-Córdoba, S, 2016, p.2).

De modo que, a modo de análisis cuantitativo se establece una ecuación matemática que permite el cálculo de dicho valor de velocidad, involucrando datos obtenidos previamente y que se relacionan de la siguiente manera:

$$V = K \times [A^x] \times [B^y]$$

V	<i>Velocidad de reacción</i>
K	<i>Constante de velocidad</i>
x, y	<i>Órdenes de reacción parcial</i>



$x+y$	Orden de la reacción global
$A y B$	Reactivos

En este orden de ideas, podemos dar claridad con respecto al proceso cinético que ocurre en una reacción química, sin embargo existe el factor energético que se involucra dentro del análisis cinético de una reacción y dicho valor es representado mediante el análisis de la Energía de activación la cual como definición general establece que es la energía mínima necesaria, para que se pueda efectuar de manera adecuada una reacción química, es decir, que en términos energéticos ha de ser un requisito básico para que la reacción proceda. (Mares, J, 2020, Cap 3, p.4).

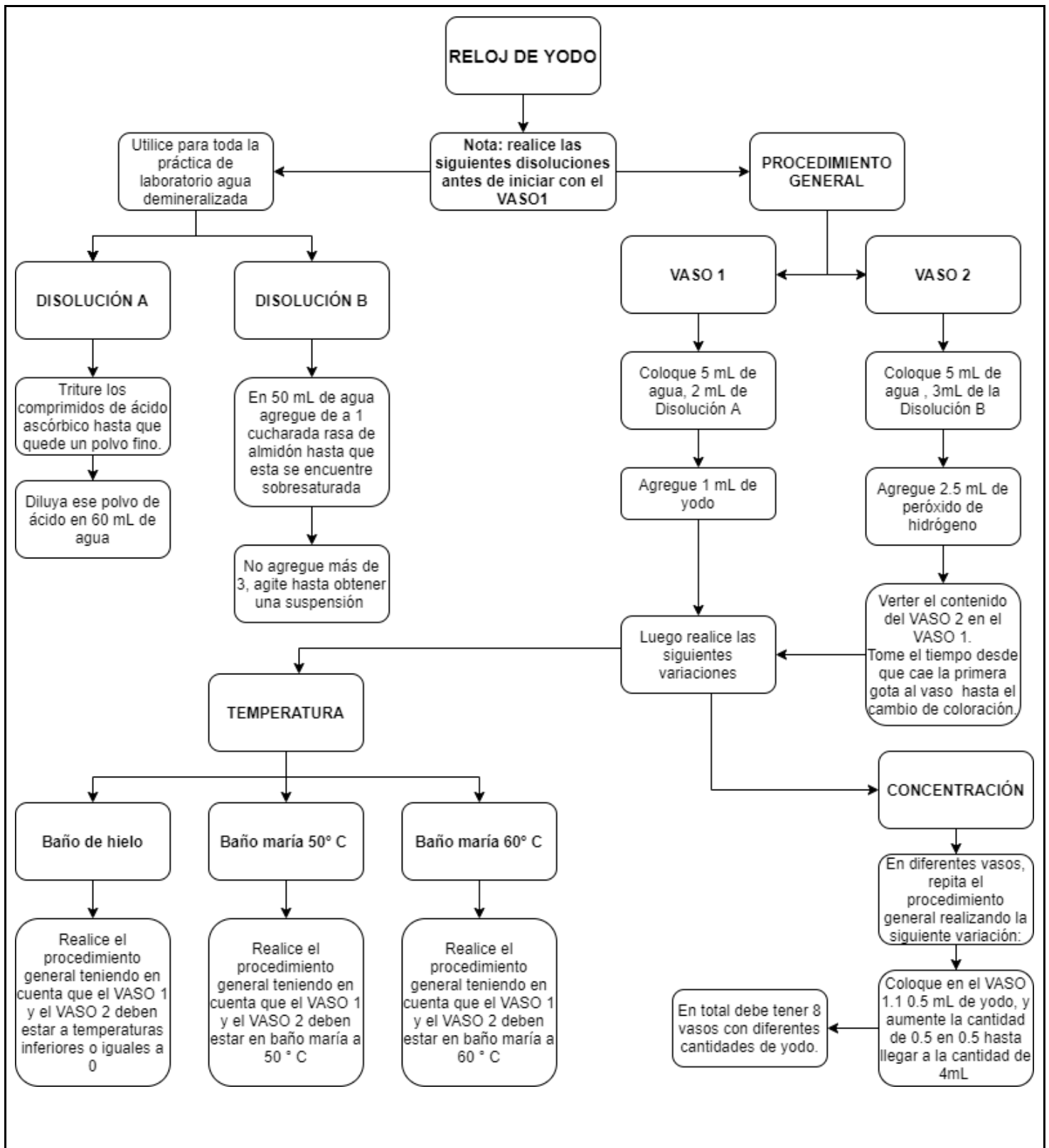
Del mismo modo, se ha de tener claro que el análisis cinético de una reacción ha de ser un proceso que involucra diversos conceptos, cuya explicación general se centran en la velocidad de reacción y la energía de activación necesaria, lo que ha de ser necesario para el desarrollo teórico de lo que internamente ocurre en una reacción química.

CÁLCULOS:

1. Hallar el orden de reacción teniendo en cuenta el procedimiento y la variación del yodo por medio de la tintura de yodo.
2. Calcular constante de velocidad.
3. Calcular la velocidad de reacción.
4. Calcular la E_a .

MATERIALES		REACTIVOS	
4	Jeringas de 5 mL	1000 mg	Ácido ascórbico (Vitamina c).
12	Vasos plásticos transparentes	40 mL	Peróxido de hidrógeno (Agua oxigenada). 4%
2	Cucharas plásticas	50 g	Almidón (fécula de maíz)
1	Mortero o un cuchillo de mesa	25 mL	Tintura de yodo 2% o Iodo Povidona 1%
1	Termómetro	300 mL	Agua desmineralizada

Procedimiento:



➤ **Informe:**

- Resultados:
Material fotográfico del experimento
Mecanismo de reacción (cambio de coloración)
- Tratamiento matemático



- Análisis de resultados
- Conclusiones
- Referencias bibliográficas
- NORMAS APA.
- Cuaderno digital

LABORATORIO: REACCIONES OSCILANTES

PRÁCTICA DE LABORATORIO

OBJETIVOS

General:

- Identificar cambios en la coloración de dos sistemas oscilantes (Reacción BR) modificando algunas sustancias originales

Específicos:

-
- Describir el funcionamiento del sistema modificado, teniendo en cuenta los cambios de coloración registrados
- Contrastar la cinética de reacción de las mezclas oscilantes a través de la medición de la diferencia de potencial de los sistemas BR propuestos

REFERENTE TEÓRICO:

La Reacción de Briggs-Rauscher, es un proceso dominante determinado por la concentración de los iones yoduro de la disolución. Cuando la concentración de yoduro es baja, el proceso radical es el dominante visualizándose una coloración ámbar y cuando es alta, el proceso no radical es el que actúa, con un color azul oscuro que representa la última secuencia de la reacción. En la segunda reacción se consume HIO más despacio de lo que se produce cuando el proceso radicalario es el dominante, pero se consume HIO más rápidamente de lo que se produce cuando el proceso no es radical. Cualquier cantidad de HIO que no reacciona es reducida a yoduro por el peróxido de hidrógeno como uno de los pasos del componente no radical de la reacción. Cuando se produce HIO por el proceso radical, el exceso forma los iones yoduro que bloquean este proceso radical y empiezan el proceso del no radical más lento.

CÁLCULOS:

1. Hallar la cantidad (mL y g) de las especies

MATERIALES		REACTIVOS	
1	Jeringa de 10 mL		Sulfato de manganeso
1	Jeringa de 1mL		Ácido yódico
1	Agitador magnético		Peróxido de hidrógeno
1	Multímetro		Ácido cítrico
4	Vasos preferiblemente de vidrio		Ácido sulfúrico



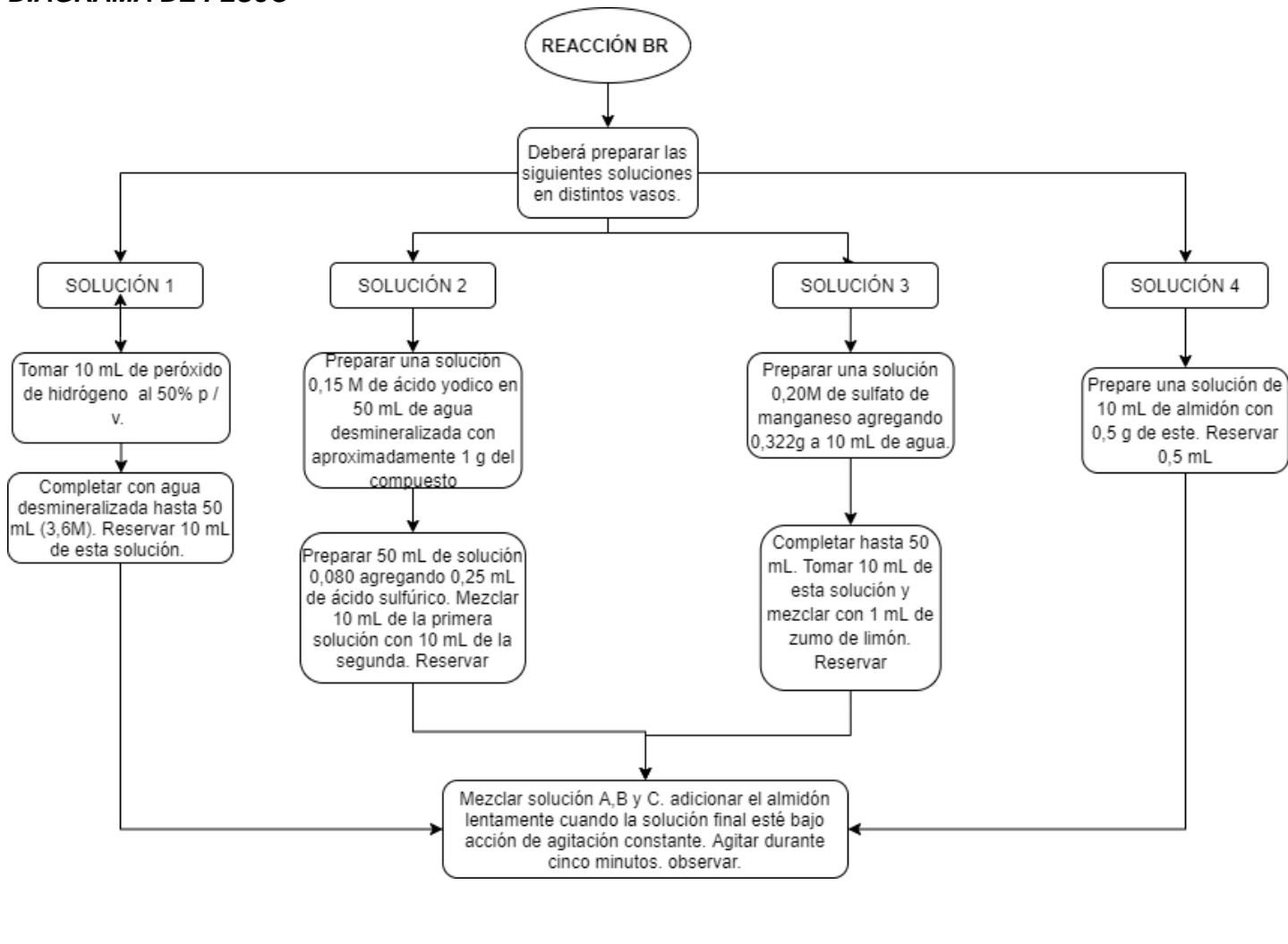
			Agua desmineralizada
			Almidón

REGISTROS

Tiempo

- Diferencia de Potencial eléctrico (mV)
- Colorimetría

DIAGRAMA DE FLUJO



Informe:

- Diagrama de mecanismo de reacción oscilante (BR)
- Cuaderno digital

3. Cuaderno digital:

CUADERNO DIGITAL

La siguiente estrategia de actividad pretende el reconocimiento del trabajo grupal e individual de los estudiantes del espacio académico Teorías químicas III en el semestre 2021-01 de la Universidad Pedagógica Nacional,



identifica las habilidades, elementos conceptuales, afirmaciones, deducciones, etc., que se tienen en el abordaje del tema *Reacciones Químicas Oscilantes* propuesto por el grupo de tesistas a cargo.

Esta herramienta será elaborada en Google Drive, en la cual los alumnos podrán, en un documento en blanco, construir progresivamente las actividades proyectadas para la comprensión de la temática central, relacionando a su vez conceptos de cinética química y equilibrio químico abordados en el transcurso de la intervención de los tesistas.

El cuaderno cuenta con una “barra de herramientas” cuya función consiste en especificar por parte del estudiante cuáles elementos conceptuales considera relevantes para el desarrollo de una actividad teórica o experimental, en un momento determinado de la sesión de clase.

Tabla 1. Barra de herramientas cuaderno digital

Teoría	Hipótesis	Principio	Ley	Otro ¿Cuál?
Reacción reversible	Variable de reacción	Constante cinética o equilibrio	Ecuación química	Etapas de reacción

Tabla 2. Ejemplo de la utilización de la barra de herramientas

Teoría	Hipótesis	Principio	Ley	Otro ¿Cuál?
Reacción reversible	Variable (s) de reacción	Constante cinética o equilibrio	Ecuación química	Etapas de reacción

Si el estudiante considera ser más específico en algún apartado del trabajo elaborado, debe entonces utilizar el pie de página; asimismo, en este espacio colocar la fuente bibliográfica consultada para los diferentes fines académicos.

4. Material utilizado en clase:

Se encuentran en el anexo 1.1, presentaciones utilizadas para el desarrollo de esta unidad didáctica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Briggs-Rauscher oscilante cambio del color de Reacción · www.greelane.com - Recursos para la Educación más grande del mundo. (2019, Julio 3). [Www.Greelane.com](http://www.greelane.com) - Recursos Para La Educación Más Grande Del Mundo. Recuperado de: <https://www.greelane.com/es/ciencia->



tecnolog%C3%ADa-matem%C3%A1ticas/ciencia/briggs-rauscher-oscillating-color-change-reaction-602057/

- Mares, J. (2020). Ley de Arrhenius. Reacciones complejas. Cinética química. Universidad de Sonora. Departamento de Ciencias Químico Biológicas. Tomado de: <http://www.qb.uson.mx/cl2dqb/cl2d/cqw/C1/C100Ubicacion.aspx>
- Moreno, A. (2015). Cinética química, presentación. Universidad Nacional Autónoma de México. Departamento de química. Tomado de: http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/CINETICAQUIMICAACTUALIZADO_19881.pdf
- Patiño I., (2005), Reacciones Oscilantes: Aplicaciones, Universidad Autónoma de México, México. recuperado de: <http://132.248.9.195/ptb2005/00521/0350255/Index.html>
- Petrucci, R. H. Herring, F.G. Madura, J. D. y Bissonette, C. (2011). Química General Principios y aplicaciones modernas. Madrid, España. Prentice Hall. 10ª ed.
- Quílez Pardo, J.; Sanjosé López, V. «El principio de Le Chatelier a través de la historia y su formulación didáctica en la enseñanza del equilibrio químico». Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas, [en línea], 1996, Vol. 14, n.º 3, pp. 381-90, <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/2146>
- Sandoval, S. Posibilidades explicativas de la transformación de las sustancias desde una mirada sobre el equilibrio químico. Universidad Pedagógica Nacional. Departamento de química.
- Soto-Córdoba, S. (2016). Cinética presentación. Química Básica II. Tecnológico de Costa Rica. Tomado de: <https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/10111/Cin%c3%a9tica.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA
NACIONAL

Educadora de educadores

Facultad de Ciencia y Tecnología
Departamento de Química, Trabajo de grado

Reacción oscilante BRIGGS-RAUSCHER.

Daniela Ariza, Juan David Linares, Javier
Restrepo.

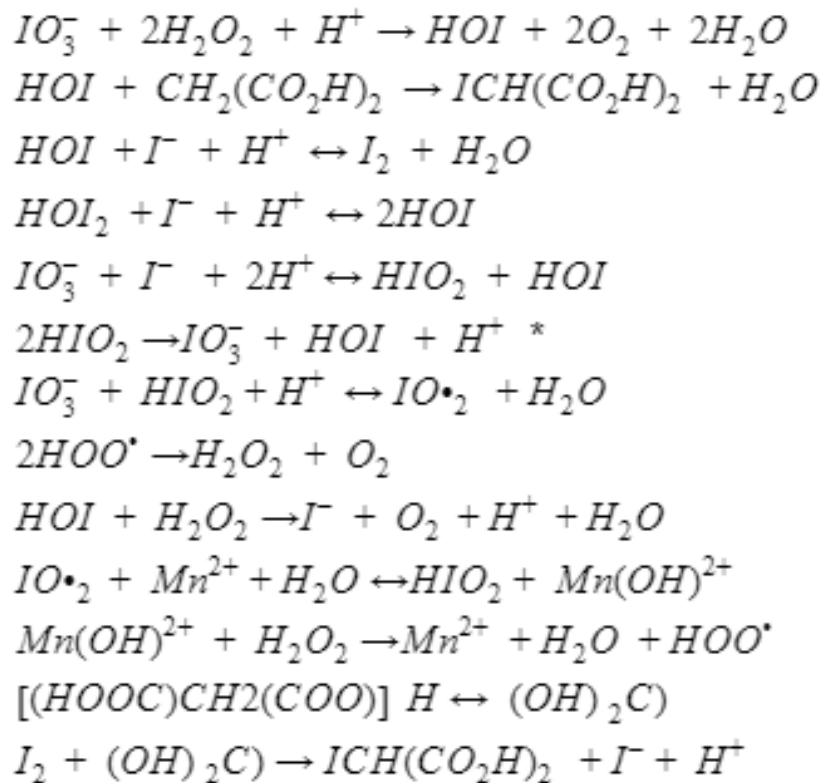
Directora: Sandra Sandoval Osorio.



Desarrollo de la actividad experimental

La realización de esta práctica contó con dos momentos; el primero, registrar el cambio de color de dos sistemas, posterior a la ausencia de agitación constante; el segundo la medición del potencial de ambos sistemas en un periodo de 18 horas.

Reacciones



**Figura 1. Fuente:
Zambrano, 2014**

Reactivos de la práctica de laboratorio

Reactivo	Volumen	Concentración
H_2SO_4	100 mL	0,080 M
KIO_3	100 mL	0,20 M
$\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_4$	100 mL	0,15 M
$\text{MnSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	100 mL	0,020 M
H_2O_2	100 mL	3,6 M

Reactivos sustituidos para la práctica de laboratorio

Reactivo	Volumen	Concentración
HIO_3	100 mL	0,20 M
$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$	100 mL	0,15 M
MnSO_4	100 mL	0,020 M
H_2O_2 industrial (50%)	100 mL	3,6 M
KI	100 mL	0,20 M

Equipos



Imagen1. Agitador magnético con magneto



Imagen 2. Multímetro-UNI T-

Montaje para la medición de potencial eléctrico

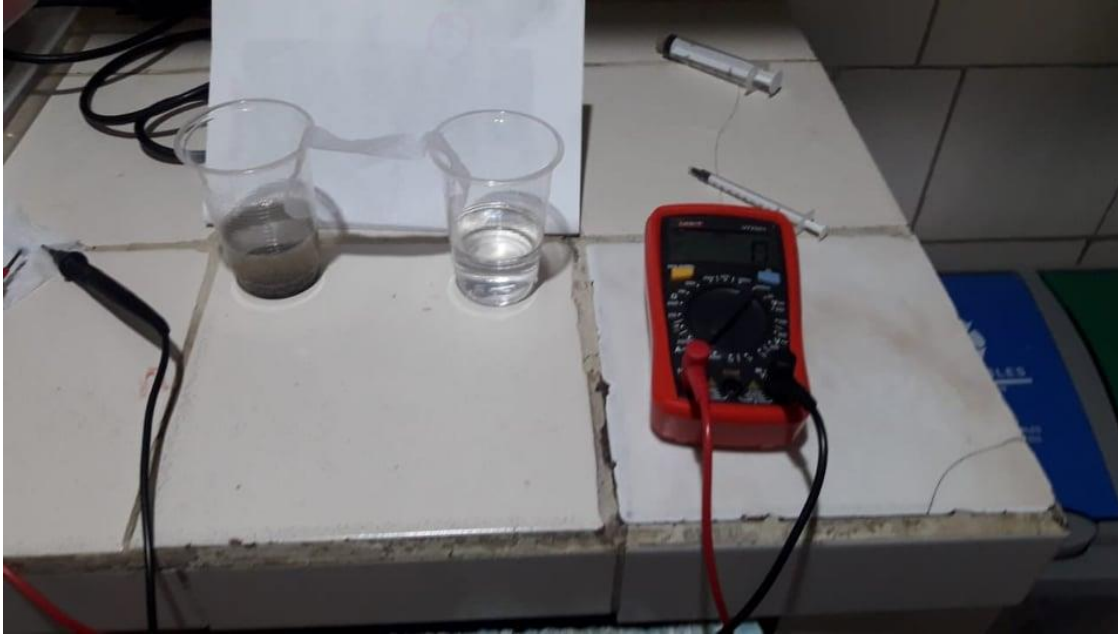


Imagen 3. Media de potencial eléctrico sistema 1

Sistemas estudiados

Sistema 1

Mezcla



1. H_2O_2
2. $\text{HIO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$
3. $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 + \text{MnSO}_4$
4. Almidón

Sistema 2

Mezcla



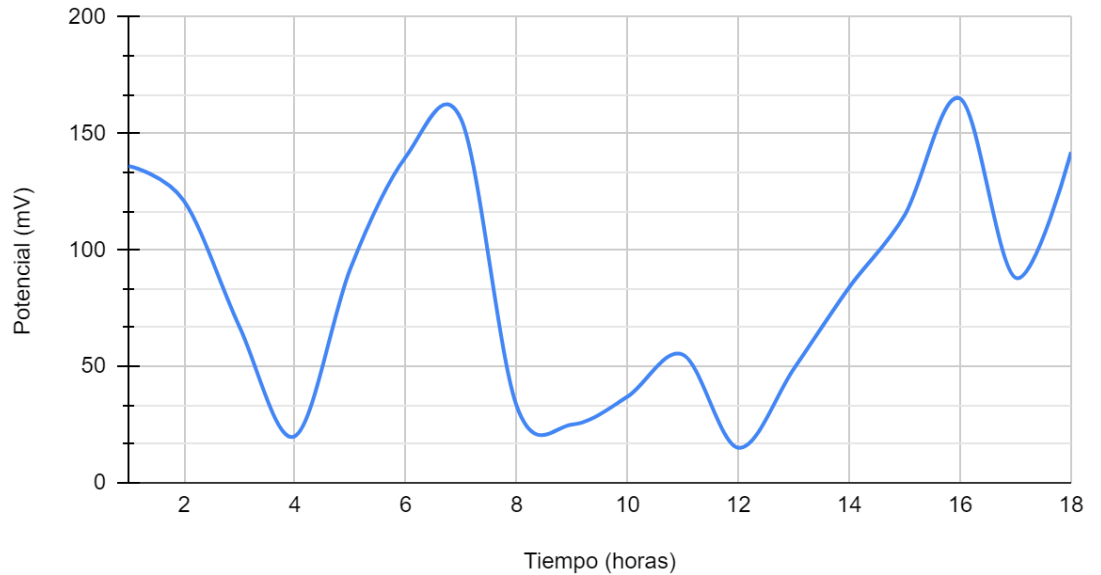
1. H_2O_2
2. $\text{HIO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{KI}$
3. $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 + \text{MnSO}_4$
4. Almidón

SISTEMA 1

Tiempo (horas)	Potencial (mV)
1	136
2	121
3	67
4	20
5	92
6	140
7	156
8	33
9	25
10	37
11	55
12	15
13	49
14	84
15	115
16	165
17	88
18	142

Medición de potencial de los sistemas 1 y 2

SISTEMA 1

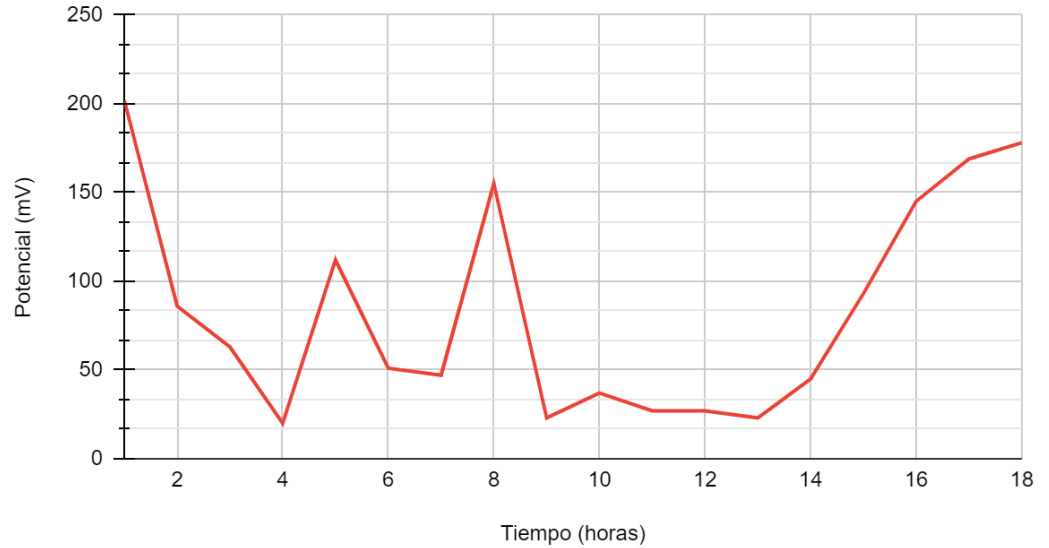


SISTEMA 2

Tiempo (horas)	Potencial (mV)
1	202
2	86
3	63
4	20
5	112
6	51
7	47
8	155
9	23
10	37
11	27
12	27
13	23
14	45
15	93
16	145
17	169
18	178

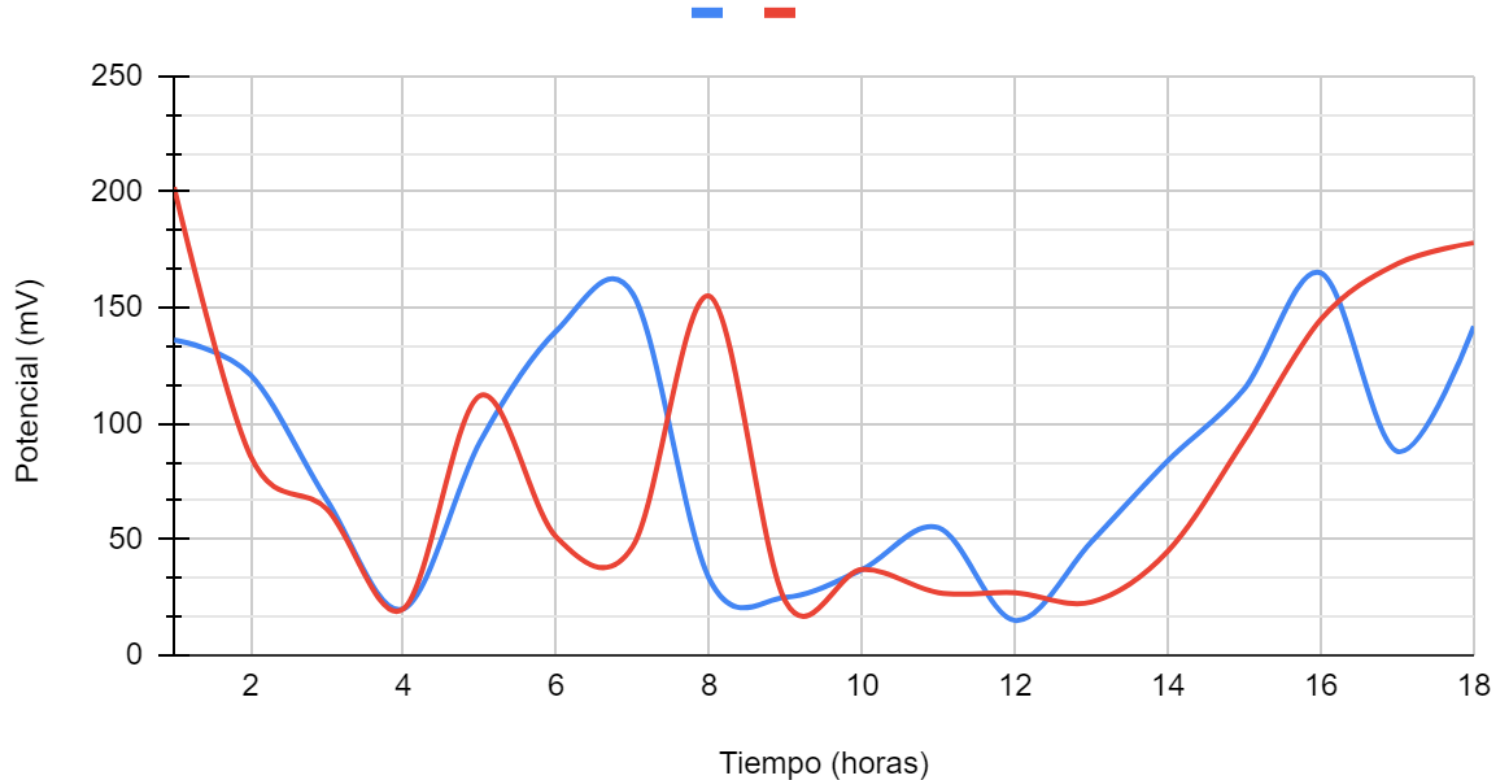
Medición de potencial de los sistemas 1 y 2

SISTEMA 2



Comparación potencial eléctrico sistemas 1 y 2

LABORATORIO Reacción BR modificada



Referencias bibliográficas

- G. Dupuis & N. Berland, (2001). Réactions oscillantes - Ondes chimiques. Lycée Faidherbe LILLE. Recuperado de: <https://www.faidherbe.org/site/cours/dupuis/oscil.htm>
- Patiño I., (2005), Reacciones Oscilantes: Aplicaciones, Universidad Autonoma de Mexico, Mexico. recuperado de: <http://132.248.9.195/ptb2005/00521/0350255/Index.html>
- TALLER Y LABORATORIO EXPERIMENTOS CASEROS REACCIONES OSCILANTES. ONDAS QUÍMICAS INTRODUCCIÓN. (n.d.). (2020), Recuperado de: <http://e-spacio.uned.es:8080/fedora/get/bibliuned:revista100cias-2011-4ne-5360/Documento.pdf>
- Zambrano Pineda, Sergio Armando (2014) Prácticas de reacciones oscilantes a partir de una caja didáctica para el desarrollo del concepto de auto-organización. Maestría thesis, Universidad Nacional de Colombia. recuperado de: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/75195>



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA
NACIONAL

Facultad de Ciencia y Tecnología.
Departamento de Química.

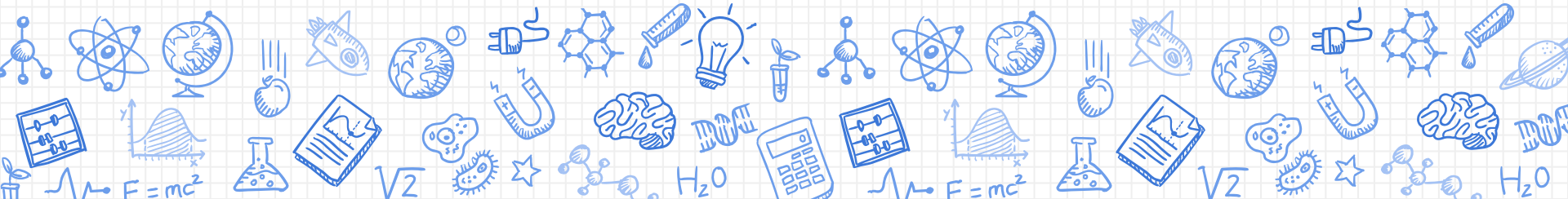
Trabajo de grado: Estudio experimental para la enseñanza del equilibrio químico de las reacciones oscilantes.

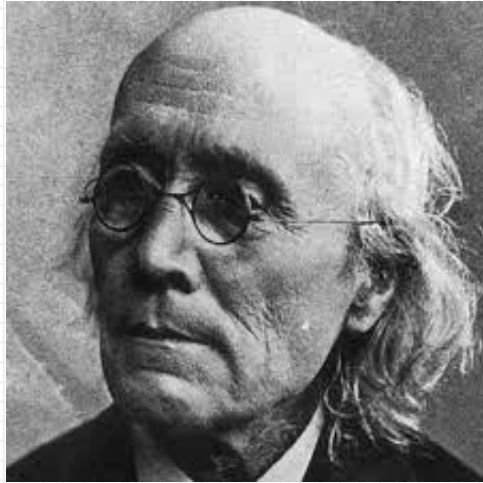
Por: Daniela Ariza, Juan David Linares, Javier Restrepo.

Directora: Sandra Sandoval Osorio.

Antecedentes

Inicios de las reacciones oscilantes.





Fechner, 1828

Primera concepción de oscilaciones en una celda electroquímica



Ostwald, 1889

Visualizó el aumento y disminución periódica en una disolución de Cr en un ácido





Edmund Landolt, 1886

Los trabajos de de bisulfito con yodato, son precursores de los sistemas autocatalíticos



Lotka, 1889

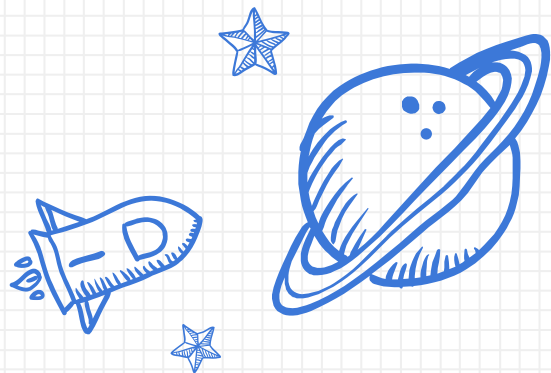
Visualizó el aumento y disminución periódica en una disolución de Cr en un ácido

¿Qué es una reacción oscilante?

Definición

X Se dice que es oscilante cuando, después de finalizar, el sistema vuelve a su estado inicial y la reacción vuelve a iniciar. Tiende a ser cíclica.





Reacciones a tener en cuenta

BL, BZ, BR.

Universidad de
Barkeley,
California, 1920

Bray-Liebhafsky

Descomposición del peróxido de hidrógeno catalizado por el yodato y el yodo en soluciones ácidas.

Escuela secundaria
de Galileo en San
Francisco. 1973-
1982

Belousov-Zhabotinsky

Es la oxidación del ácido malónico por bromatos en un medio ácido, constituye una mezcla reactiva muy compleja,

Briggs-Rauscher

Esta reacción es una mezcla de otras dos reacciones oscilantes, la de Bray-Liebhafsky y la reacción de Belousov-Zhabotinsky.

DERIVADOS

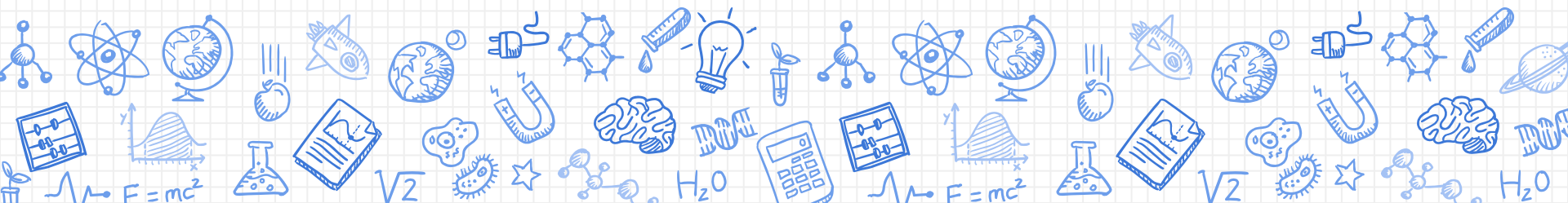
Mecanismo de reacción de la BZ-FKN- e incidencia del O₂ en la misma.

Universidad de
Moscú- Ministerio
de salud de la
URSS; 1950-1962

Bruselator,
Oregonador

Mecanismos de reacción

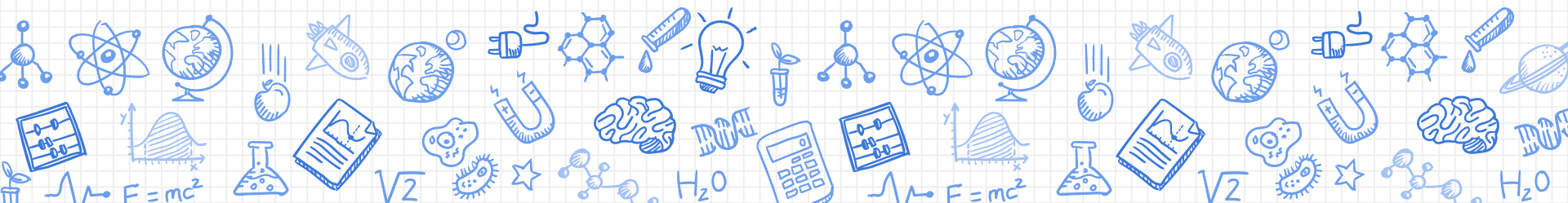
FKN (Field, Körös, & Noyes)



El hecho importante es que Field, Kóros y Noyes fueron capaces de explicar el comportamiento cualitativo de la reacción de BZ usando los principios de la cinética química y de la termodinámica que gobiernan las reacciones químicas "ordinarias".



Temáticas



Reacciones químicas
oscilantes

Cinética
química

Velocidad del
sistema oscilatorio

Tiempo transcurrido entre el cambio de
color en el sistema

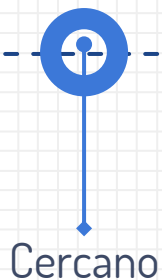
Equilibrio
químico

Cercano

Lejano

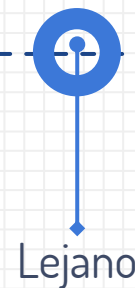
¿A que se refiere con cercano y lejano?

Equilibrio químico



Cercano

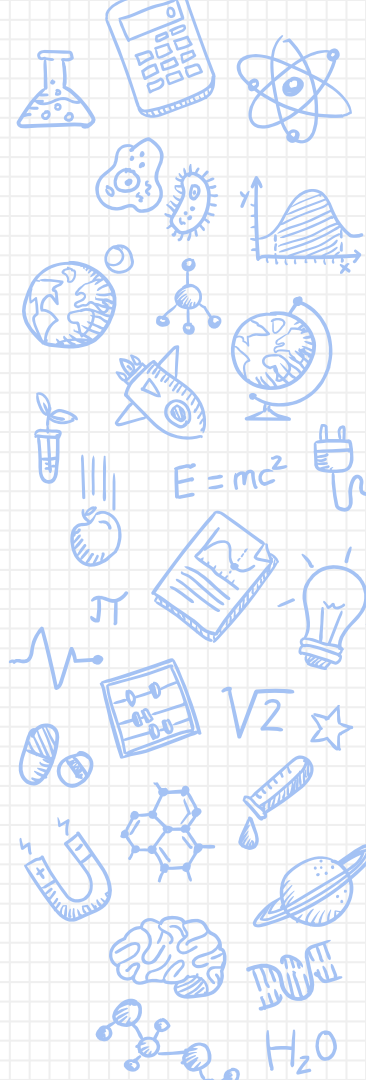
Un sistema en equilibrio termodinámico, del cual se varía muy progresivamente sea la temperatura, sea el volumen, sea la presión, pasa por una serie de estados de equilibrio y la inversión de la manipulación lleva, de forma ideal, a su devolución al estado inicial.



Lejano

Cercano

Sólo cuenta la «cuenca de atracción»: todos los sistemas que tienen un estado perteneciente a esta cuenca se dirigen hacia el mismo estado final, caracterizado por el mismo comportamiento, el mismo conjunto de propiedades.



Lejano

- ❑ Se reconoce el concepto lejos del equilibrio cuando un sistema en un momento determinado no cumple con la condición de equilibrio termodinámico.
- ❑ Pierden estabilidad produciendo estados más complejos y más organizados los cuales exhiben propiedades y comportamientos que no se evidencian en los procesos en equilibrio

□ Estos estados u organizaciones espacio-temporales reciben el nombre de estructuras disipativas, caracterizadas por ser auto-organizadas.

Referencias bibliográficas

- X Benavente J., Garcia A., Modelos Matematicos para Reacciones Oscilantes, Universitat D' Alacant (2015-2016), Facultad de ciencias, Trabajo Fin de Grado, pp. 29-53.
- X Patiño I., (2005), Reacciones Oscilantes: Aplicaciones, Universidad Autonoma de Mexico, Mexico. recuperado de:
<http://132.248.9.195/ptb2005/00521/0350255/Index.html>
- X Prigogine I. y Stengers, I. 2002. La nueva alianza: La nueva metamorfosis de la ciencia. Madrid: Alianza Editorial
- X Sandoval, S. Posibilidades explicativas de la transformación de las sustancias desde una mirada sobre el equilibrio químico. Universidad Pedagogica Nacional. Departamento de química.
- X Zambrano Pineda, Sergio Armando (2014) Prácticas de reacciones oscilantes a partir de una caja didáctica para el desarrollo del concepto de auto-organización. Maestría thesis, Universidad Nacional de Colombia. recuperado de:
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/75195>





UNIVERSIDAD PEDAGOGICA
NACIONAL

Educadora de educadores

Facultad de Ciencia y Tecnología,
Departamento de Química, Trabajo de grado.

Retroalimentación parcial I

Daniela Ariza, Juan David Linares, Javier
Restrepo.

Directora: Sandra Sandoval Osorio.

¿Qué se pedía en el informe?

- Objetivos.
- Introducción (1 párrafo)
- Marco teórico (1 párrafo)
- Resultados
- Mecanismo de reacción (cambio de coloración)
- Tratamiento matemático
- Análisis de resultados
- Conclusiones
- Referencias bibliográficas
- NORMAS APA.


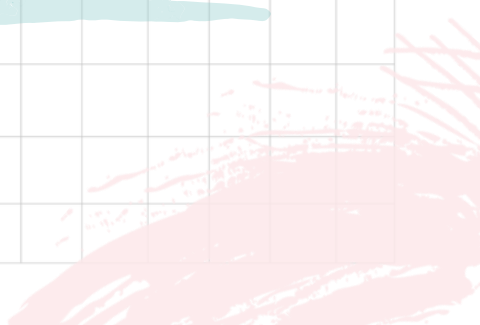
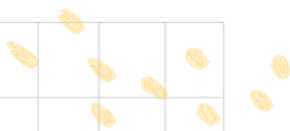
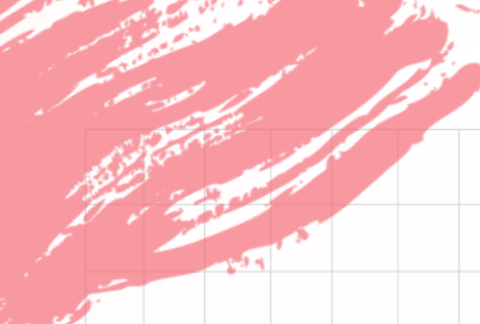
CÁLCULOS:

- Hallar el orden de reacción teniendo en cuenta el procedimiento y la variación del yodo, por medio de la tintura de yodo.
- Calcular constante de velocidad, k .
- Calcular la velocidad de reacción.
- Calcular la E_a (energía de activación).




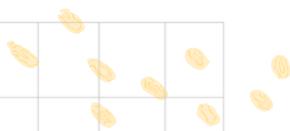
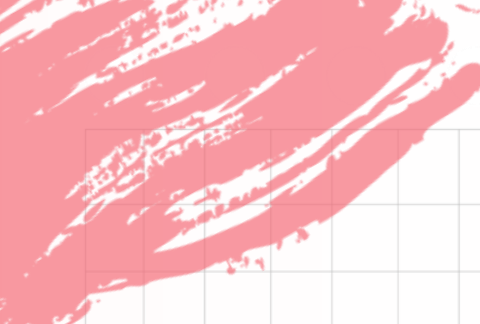


01


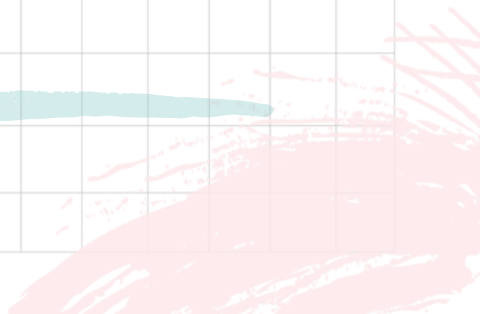

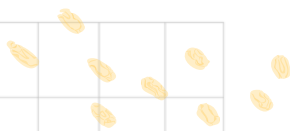
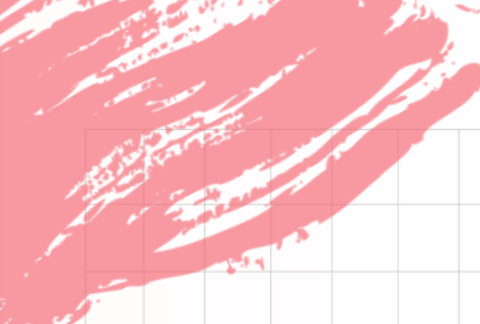
Introducción




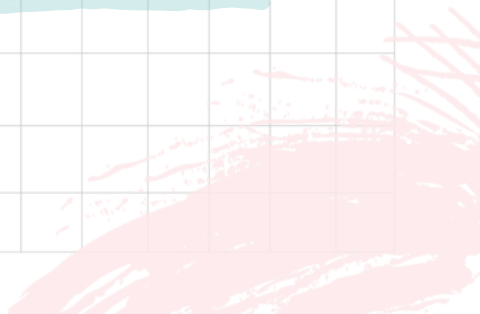

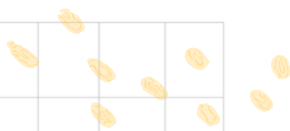
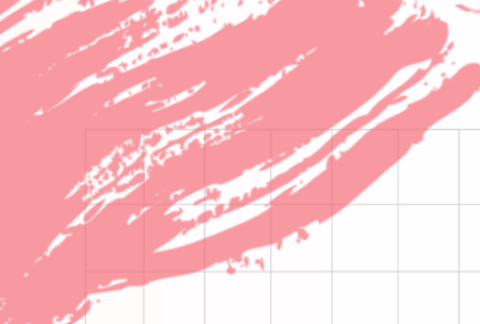
Antecedentes del tema. Es decir, datos generales acerca de qué se ha dicho previamente sobre aquél. Por ejemplo, información histórica de investigaciones anteriores, datos que le den al lector una visión general de cómo se ha llegado al punto desde el cual parte la investigación presentada. (Neira, 2010)



Presentación de la idea principal. En todo texto hay una idea principal que se desarrollará a lo largo de él. Ésta debe enunciarse breve y precisamente, para que el lector sepa de qué tratará la parte central del informe. (Neira, 2010)



Objetivos del texto. Es preciso fijarse uno o varios objetivos de escritura. Por ejemplo: informar al lector, explicar un fenómeno, advertir sobre los riesgos de algo, etc. Éste o éstos deben indicarse en la introducción, de manera que haya claridad acerca de para qué se ha escrito este informe y se redactan con verbos en infinitivo.(Neira, 2010)




Delimitación del tema. Además de lo ya mencionado, es conveniente indicar qué aspectos del tema se abordarán. De esa forma el lector sabe con anterioridad que el texto que está revisando tiene límites claros. (Neira, 2010)

Ejemplo

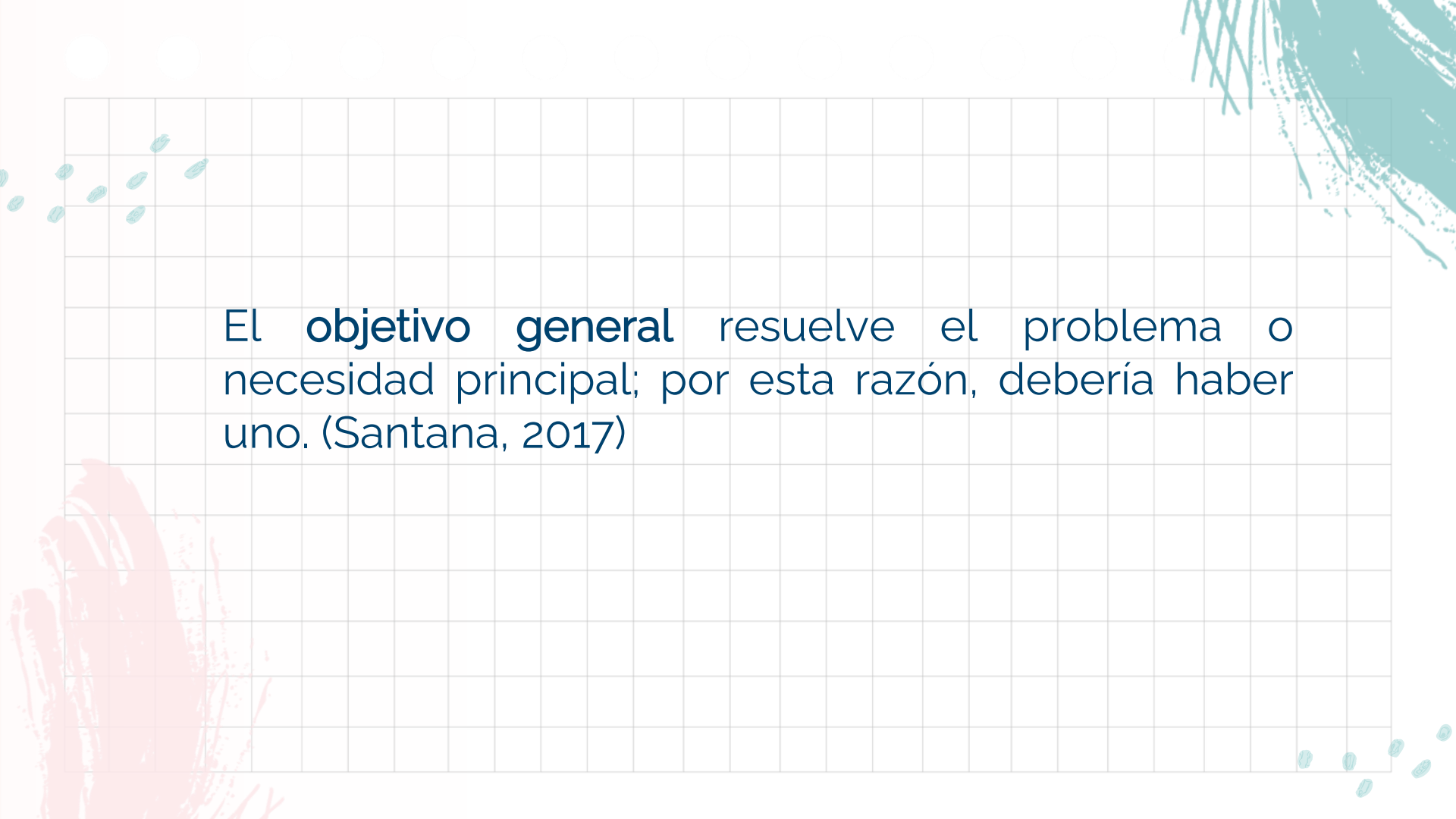
El estudio de la velocidad de una reacción ordinaria identifica, mediante la interacción de sustancias iniciales y la producción de nuevas especies, la manera en la que después de un tiempo determinado concluye el proceso midiendo, por otro lado el comportamiento de la concentración de esas especies químicas de arranque.

Es por ello que el proceso conocido como reloj de yodo, además de proporcionar una coloración vistosa, logra cuantificar la velocidad de esta propiedad cualitativa, otorgando elementos (concentración, tiempo, temperatura) a este estudio. En consecuencia, este sistema permite analizar la relación concentración-velocidad del sistema.



02

Objetivos



El **objetivo general** resuelve el problema o necesidad principal; por esta razón, debería haber uno. (Santana, 2017)



Los **objetivos específicos** dan la solución a los problemas o necesidades que derivan del problema o necesidad principal. (Santana, 2017)

Ejemplo

01 Objetivo general


Caracterizar el funcionamiento de las reacciones lineales y su respectiva cinética química mediante el denominado reloj de yodo.

02 Especificos

Calcular el orden de reacción del reloj de yodo haciendo variación en el yodo.


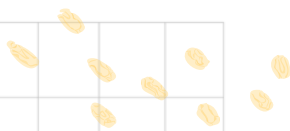
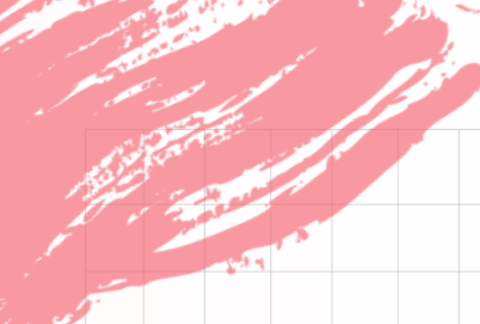
03 Especificos

Calcular la velocidad de reacción del reloj de yodo.


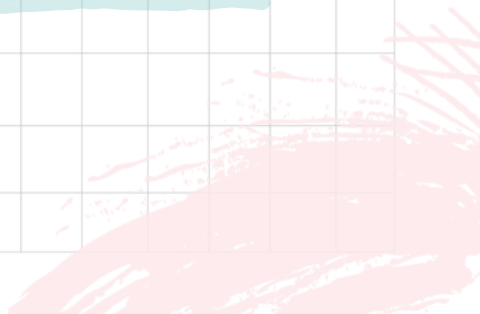


03

Marco teórico



Un **marco teórico** es lo que encuadra, contiene, ubica y hace relevante el sentido del problema. Una teoría, en cuanto permite describir, comprender, explicar e interpretar los problemas. (Daros, W. R, 2002).






Ejemplo

Anexo práctica de laboratorio.





04

Resultados



¿Cómo se presentan?

Se debe tomar registro de todo lo que se haga como tal en la experiencia, datos, fotos.

Además, debe tener en cuenta las concentraciones, pureza, densidad, temperatura de los reactivos para posteriores cálculos.

Imagen 1. Vaso 1 y 2, coloración final.



Ariza, D (2021). Primer ensayo del laboratorio.

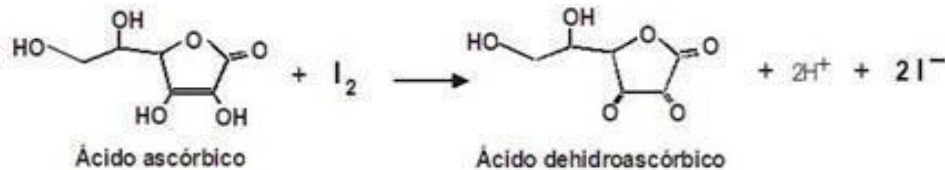



05

Reacciones

Para este laboratorio remoto, debieron plantear las reacciones que fuesen necesarias.

Imagen 2. Expresión estequiométrica.





06
**Tratamiento
matemático y
cálculos**

Primer paso

Hallar la concentración inicial del yodo.

Imagen 3. Cálculo de la concentración de yodo %v/v

$$\% \frac{v}{v} = \frac{\text{volumen del soluto (mL)}}{\text{volumen de la solución (mL)}} \times 100$$

$$\frac{2 \% \times 25 \text{ mL}}{100} = 0,5 \text{ mL de } I_2 \text{ (volumen del soluto (mL))}$$

Ariza, D, Linares, J, Restrepo, J. (2021). Retroalimentación parcial I

Primer paso

Hallar la concentración inicial del yodo.

Imagen 4. Cálculos estequiométricos.

$$0,5 \text{ mL de } I_2 \times \frac{0,943 \text{ g } I_2}{1 \text{ mL } I_2} = 0,4715 \text{ g de } I_2$$

$$0,4715 \text{ g de } I_2 \times \frac{1 \text{ mol de } I_2}{253,809 \text{ g } I_2} = 1,858 \times 10^{-3} \text{ mol } I_2$$

$$1,858 \times 10^{-3} \text{ mol } I_2 \times \frac{1000 \text{ mmol } I_2}{1 \text{ mol } I_2} = 1,858 \text{ mmol } I_2$$

Ariza, D, Linares, J, Restrepo, J. (2021). Retroalimentación parcial I

Primer paso

Hallar la concentración inicial del yodo.

Imagen 5. Cálculos de concentración de yodo,
Molaridad

$$M = \frac{\text{\# de moles}}{\text{volumen de la solución}}$$
$$M = \frac{1,858 \text{ mmol } I_2}{25 \text{ mL de solución}} = 0,07432 \frac{\text{mmol}}{\text{mL}} I_2$$

Ariza, D, Linares, J, Restrepo, J. (2021). Retroalimentación parcial I

Primer paso

Hallar la concentración inicial del yodo.

Imagen 6. Cálculo de la concentración de yodo %m/v

$$\% \frac{m}{v} = \frac{\text{masa del soluto (g)}}{\text{volumen de la solución (mL)}} \times 100$$

$$\frac{2 \% \times 25 \text{ mL}}{100} = 0,5 \text{ g de } I_2 \text{ (masa del soluto (g))}$$

Ariza, D, Linares, J. Restrepo, J. (2021). Retroalimentación parcial I

Primer paso

Hallar la concentración inicial del yodo.

Imagen 7. Cálculos estequiométricos.

$$0,4715 \text{ g de } I_2 \times \frac{1 \text{ mol de } I_2}{253,809 \text{ g } I_2} = 1,97 \times 10^{-3} \text{ mol } I_2$$

$$1,97 \times 10^{-3} \text{ mol } I_2 \times \frac{1000 \text{ mmol } I_2}{1 \text{ mol } I_2} = 1,97 \text{ mmol } I_2$$

Primer paso

Hallar la concentración inicial del yodo.

Imagen 8. Cálculos de concentración de yodo,
Molaridad

$$M = \frac{\text{\# de moles}}{\text{volumen de la solución}}$$

$$M = \frac{1,97 \text{ mmol } I_2}{25 \text{ mL de solución}} = 0,0788 \frac{\text{mmol}}{\text{mL}} I_2$$

Ariza, D, Linares, J. Restrepo, J. (2021). Retroalimentación parcial I

Segundo paso

Realizar tratamiento matemático

Cálculos en excel

Tercero paso

Cte de velocidad de rx.

Imagen 9. Formula para hallar la pendiente.

$$m = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1}$$

$$Y = mx + b$$

Ariza, D, Linares, J. Restrepo, J. (2021). Retroalimentación parcial I

Cuarto paso

Cálculo de velocidad de rx.

Imagen 10. Formula para hallar la velocidad de reacción.

$$V = K [I_2]^n$$

Ariza, D, Linares, J. Restrepo, J. (2021). Retroalimentación parcial I

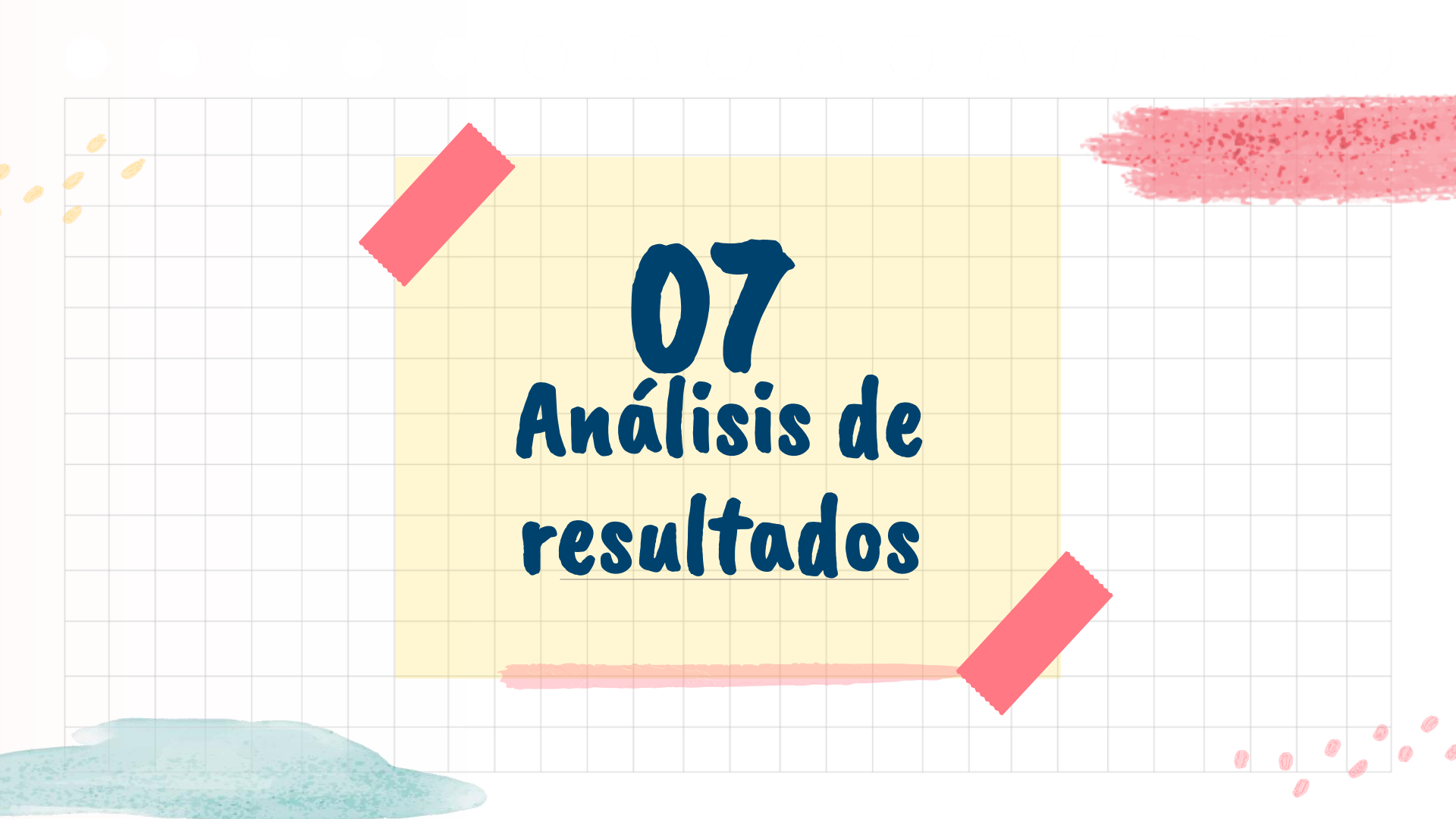
Quinto paso

Energía de activación.


Tabla 1. Resultados para hallar energía de activación.

Volumen del I2	Temperatura (°C)	Temperatura (K)	t (min)	t (s)	Ln (t)	1/(t)	1/T
1 mL	-7,5	265,65	15:25	925	6,8297937	0,0010811	0,0037644
1 mL	39,8	312,95	3:21	169	5,1298987	0,0059172	0,0031954
1 mL	70,2	343,35	1:23	83	4,4188406	0,0120482	0,0029125

Ariza, D, Linares, J. Restrepo, J. (2021). Retroalimentación parcial I



07
Análisis de
resultados



08

Conclusiones

¿Cómo se estructuran?

Objetivos

Responden a los objetivos



01

02



Pregunta problema

Soluciona

Resuelve

Corresponde a la etapa final de un texto en la que se presenta la información más relevante o aquello que se propone como 'nuevo' en el texto.



03

04



Introducción

Se debe asegurar que lo que escribas corresponda a lo que este primer apartado anunciaba.



09
Referencias
bibliográficas

Referencias bibliográficas

- Daros, W. R. (2002). ¿Qué es un marco teórico?. *Enfoques*, 14(1 y 2), 73-112.
- Neira, A. (2010). Introducción. Universidad pedagógica nacional. Técnicas de la comunicación. México. Tomado de: http://guerrero.upn.mx/chilpancingo/images/stories/media/introduccion_conclusion_angie.pdf
- Santana, D. (2017). ¿Cómo plantear objetivos?. Universidad de los Andes. Lectura, escritura y oralidad en español. Centro de español. Tomado de: <https://leo.uniandes.edu.co/index.php/menu-escritura/textos-de-investigacion/114-como-plantear-objetivos>



**UNIVERSIDAD PEDAGOGICA
NACIONAL**

Educadora de educadores

Facultad de ciencia y tecnología.
Departamento de química.
Trabajo de grado.
Ariza, D. Linares, J. Restrepo, J.

RESULTADOS

CUALITATIVO

NIVELES DE LOGRO		CRITERIOS DE EVALUACION
Muy Alto	5.0	material fotográfico la realización efectiva de la práctica de
Alto	4.5	Completa a cabalidad la practica de laboratorio, presenta
Bueno	4.0	Describe los resultados obtenidos completos, no se evidencia
Regular	3.0	Describe los resultados obtenidos pero presenta inconsistencias
Insuficiente	2.0	Los resultados presentados sin incoherentes y no se evidencia
Malo	1.5	No presenta resultados sobre la práctica de laboratorio.

MECANISMO DE REACCIÓN

CUANTITATIVO

NIVELES DE LOGRO		CRITERIOS DE EVALUACION
Muy Alto	5.0	Reconoce las formulas de los reactivos usados y sus
Alto	4.5	Reconoce las formulas de los reactivos usados y sus
Bueno	4.0	Reconoce las formulas y nomenclatura de los reactivos,
Regular	3.0	Presenta las formulas de los reactivos y reconoce la
Insuficiente	2.0	Escribe las formulas de los reactivos pero no reconoce su
Malo	1.5	No establece formulas ni procesos de reaccion, no reconoce las

CONCLUSIONES

CUALITATIVO

NIVELES DE LOGRO		CRITERIOS DE EVALUACION
Muy Alto		Las conclusiones son coherentes en relacion con los objetivos
Alto		Las conclusiones se relacionan con los objetivos planteados sin
Bueno		Establece relacion con los objetvis planteados sin embargo no
Regular		Realiza conclusiones que no tienen relacion con objetvos pero
Insuficiente		Las conclusiones no son coherentes con los ojetivos planteados.
Malo		No realiza conclusiones o realiza conclusiones que no se relacionan



**UNIVERSIDAD PEDAGOGICA
NACIONAL**

Educadora de educadores

Facultad de ciencia y tecnología.
Departamento de química.
Trabajo de grado.
Ariza, D. Linares, J. Restrepo, J.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

CUALITATIVO

NIVELES DE LOGRO		CRITERIOS DE EVALUACION
Muy Alto	5.0	teoria vista en clase, formula y resuelve hipotesis segun las
Alto	4.5	Relaciona los resultados obtenidos con la teoria, establece la
Bueno	4.0	Describe los resultados pero no hace relacion con respecto a la
Regular	3.0	No es coherente el analisis realizado, no estabelce relacion
Insuficiente	2.0	- El analisis presentado no es coherente, no hay relacion con
Malo	1.5	- No realiza el analisis correspondiente o no corresponde con

TRATAMIENTO MATEMÁTICO

CUANTITATIVO

NIVELES DE LOGRO		CRITERIOS DE EVALUACION
Muy Alto	5.0	Realiza adecuadamente el tratamiento matemático para obtener
Alto	4.5	Reconoce las fórmulas y las utiliza pero el tratamiento de datos
Bueno	4.0	Posee dificultades en plantear el tratamiento de datos, al
Regular	3.0	No reconoce las incognitas de las fórmulas para hallar los
Insuficiente	2.0	No registra datos correctamente y por ende el tratamiento de
Malo	1.0	No realiza tratamiento de datos, además no realiza los cálculos

ANEXO # 2

1. Hallar concentración inicial

$$\% \frac{v}{v} = \frac{\text{volumen del soluto (mL)}}{\text{volumen de la solución (mL)}} \times 100$$

$$\frac{2\% \times 25 \text{ mL}}{100} = 0,5 \text{ mL de } I_2 \text{ (volumen del soluto (mL))}$$

$$0,5 \text{ mL de } I_2 \times \frac{0,943 \text{ g } I_2}{1 \text{ mL } I_2} = 0,4715 \text{ g de } I_2$$

$$0,4715 \text{ g de } I_2 \times \frac{1 \text{ mol de } I_2}{253,809 \text{ g } I_2} = 1,858 \times 10^{-3} \text{ mol } I_2$$

$$1,858 \times 10^{-3} \text{ mol } I_2 \times \frac{1000 \text{ mmol } I_2}{1 \text{ mol } I_2} = 1,858 \text{ mmol } I_2$$

$$M = \frac{\# \text{ de moles}}{\text{volumen de la solución}}$$

$$M = \frac{1,858 \text{ mmol } I_2}{25 \text{ mL de solución}} = 0,07432 \frac{\text{mmol}}{\text{mL}} I_2$$

$$\% \frac{m}{v} = \frac{\text{masa del soluto (g)}}{\text{volumen de la solución (mL)}} \times 100$$

$$\frac{2\% \times 25 \text{ mL}}{100} = 0,5 \text{ g de } I_2 \text{ (masa del soluto (g))}$$

$$0,4715 \text{ g de } I_2 \times \frac{1 \text{ mol de } I_2}{253,809 \text{ g } I_2} = 1,97 \times 10^{-3} \text{ mol } I_2$$

$$1,97 \times 10^{-3} \text{ mol } I_2 \times \frac{1000 \text{ mmol } I_2}{1 \text{ mol } I_2} = 1,97 \text{ mmol } I_2$$

$$M = \frac{\# \text{ de moles}}{\text{volumen de la solución}}$$

$$M = \frac{1,97 \text{ mmol } I_2}{25 \text{ mL de solución}} = 0,0788 \frac{\text{mmol}}{\text{mL}} I_2$$

2. Hallar la constante de velocidad de reacción

$$m = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1}$$

$$Y = mx + b$$

3. Hallar velocidad de reacción

$$V = K [I_2]^n$$

$$V = 1,248 \frac{1}{\text{mmol} \times s} \times 0,078799 \frac{\text{mmol}}{\text{mL}}$$

$$V = 0,0983 \text{ mmol} \times \text{mL}^{-1} \times s^{-1}$$

4. Hallar energía de activación

$$Ea = m \times R$$

$$Ea = 2809 \times 8,31 \frac{J}{\text{mol} \times K}$$

$$Ea = 23342,79 \frac{J}{\text{mol} \times K}$$

5. Cálculos estequiométricos para hallar cantidad de reactivo, reacción BR.

$$g \text{ HIO}_3 = \frac{0,2 \text{ mol HIO}_3}{1L} \times 0,05L \times \frac{175,90 \text{ g HIO}_3}{1 \text{ mol HIO}_3}$$

$$g \text{ HIO}_3 = 1,769 \text{ g}$$

$$g \text{ MnSO}_4 = \frac{0,02 \text{ mol MnSO}_4}{L} \times 0,05L \times \frac{151,061 \text{ g MnSO}_4}{1 \text{ mol MnSO}_4}$$

$$g \text{ MnSO}_4 = 0,151 \text{ g}$$

$$mL \text{ H}_2(\text{SO}_4) = 0,05L \times \frac{0,080 \text{ mol H}_2(\text{SO}_4)}{1 L} \times \frac{98,099 \text{ g H}_2(\text{SO}_4)}{1 \text{ mol H}_2(\text{SO}_4)} \times \frac{1 \text{ mL}}{1,84 \text{ H}_2(\text{SO}_4)}$$

$$\times \frac{100 \text{ mL}}{96 \text{ mL}}$$




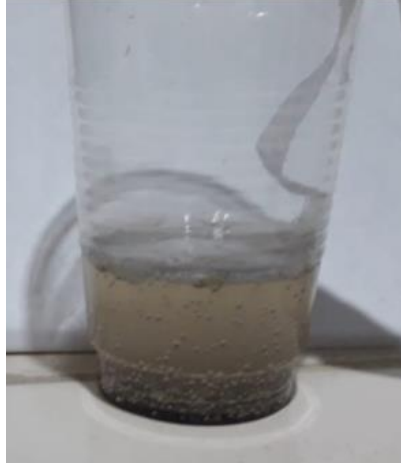




$$mL \text{ H}_2(\text{SO}_4) = 0,222 \text{ mL}$$






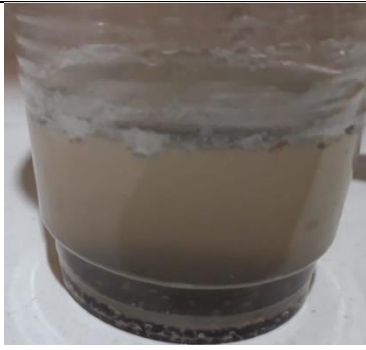


$$mL \text{ H}_2\text{O}_2 = 0,05L \frac{3,6 \text{ mol H}_2\text{O}_2}{1L} \times \frac{34,615 \text{ g H}_2\text{O}_2}{1 \text{ mol H}_2\text{O}_2} \times \frac{1 \text{ mL}}{1,196 \text{ mL}} \times \frac{100 \text{ mL}}{50 \text{ mL}}$$




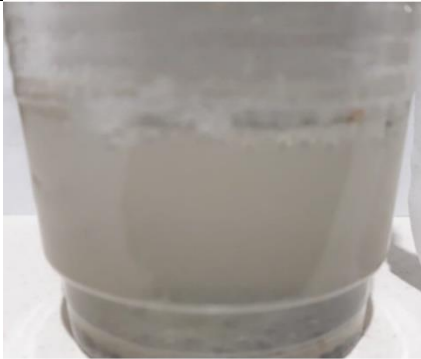

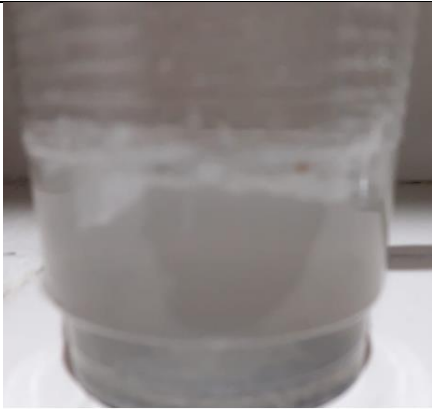


$$mL \text{ H}_2\text{O}_2 = 10,23 \text{ mL}$$

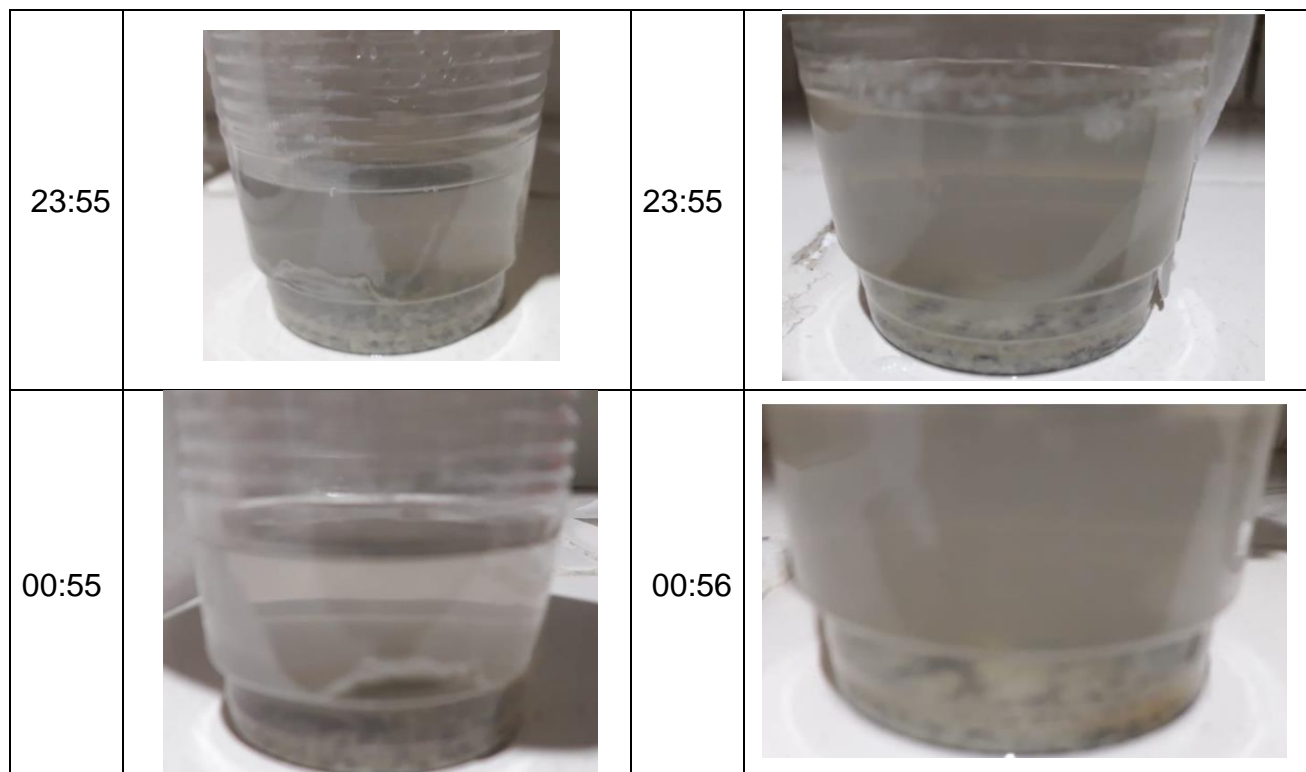
6. Registro fotográfico reacción BR, modificada.

Sistema 1		Sistema 2	
HORA	IMAGEN	HORA	IMAGEN

12:37		12:37	
13:04		13:28	
14:04		14:04	
15:04		15:04	

16:14		16:15	
17:14		17:15	
18:16		18:17	
19:15		19:15	

20:15		20:16	
21:15		21:15	
22:15		22:15	
23:15		23:16	

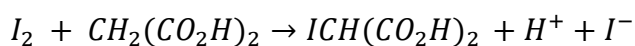
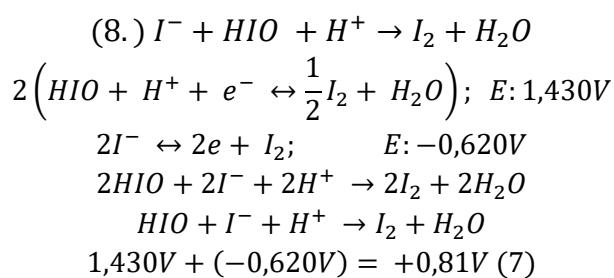
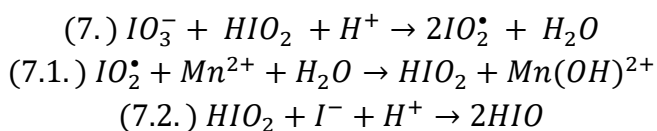
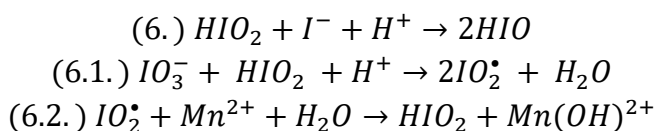
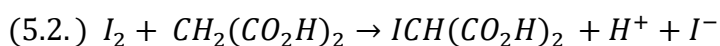
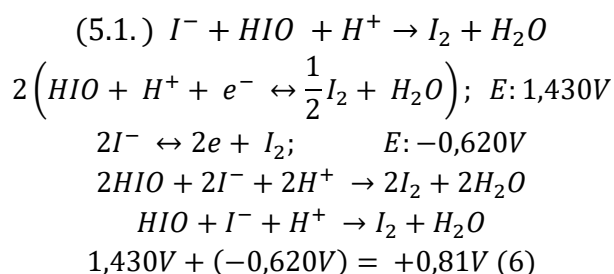
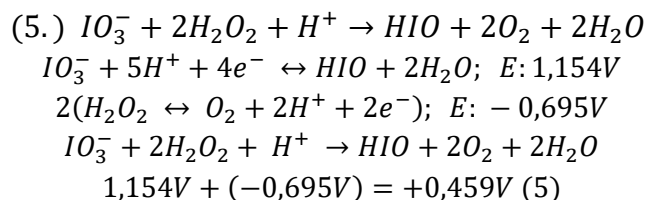


7. Tablas de registro de potencial sistema 1 y 2.

SISTEMA 1		SISTEMA 2	
Tiempo (horas)	Potencial (mV)	Tiempo (horas)	Potencial (mV)
1	346	1	281
2	448	2	381
3	465	3	276
4	460	4	292
5	451	5	394
6	250	6	397
7	301	7	251
8	260	8	367
9	310	9	366
10	350	10	379
11	315	11	385
12	340	12	398
13	321	13	391
14	270	14	112
15	279	15	121
16	257	16	115
17	279	17	140
18	236	18	156

8. Cálculos de la diferencia de potenciales de la reacción Briggs-Rauscher.

Cálculo de diferencia de potenciales.
<p>(1.) $HIO_3 + H_2O_2 \rightarrow HIO_2 + O_2 + H_2O$ $IO_3^- + 5H^+ + 4e^- \leftrightarrow HIO + 2H_2O; E^\circ = 1,154v$</p> <p>$2 [H_2O_2 \leftrightarrow O_2 + 2H^+ + 2e^-]; E^\circ = -0,695v$</p> <p>$IO_3^- + 2H_2O_2 + H^+ \leftrightarrow HIO + 2H_2O + 2O_2$ $E_{neto}^\circ = 1,154v - 0,695v = +0,459v$ (1)</p>
<p>(2.) $IO_3^- + HIO_2 + H^+ \rightarrow 2IO_2^\bullet + H_2O$ $IO_2^\bullet + Mn^{2+} + H_2O \rightarrow HIO_2 + Mn(OH)^{2+}$ $Mn(OH)^{2+} + H_2O_2 \rightarrow Mn^{2+} + HOO^\bullet + H_2O$ $2HOO^\bullet \rightarrow O_2 + H_2O_2$ $HOO^\bullet + H^+ + e^- \leftrightarrow H_2O_2; E: 1,44V$ $HOO^\bullet \leftrightarrow O_2 + H^+ + e^-; E: 0,05V$ $2HOO^\bullet \rightarrow O_2 + H_2O_2$ $1,44V + 0,05V = +1,49V$ (2)</p> <p>$2HIO_2 \rightarrow IO_3^- + H^+ + HIO$</p>
<p>(3.) $HIO + H_2O_2 \rightarrow I^- + O_2 + H^+ + H_2O$ $HIO + H^+ + 2e^- \leftrightarrow I^- + H_2O; E: -0,9515V$ $H_2O_2 \leftrightarrow O_2 + 2H^+ + 2e^-; E: -0,695V$</p> <p>$HIO + H_2O_2 \leftrightarrow I^- + O_2 + H^+ + H_2O$ $-0,951V + (-0,695V) = -1,6465V$ (3)</p>
<p>(3a.) $HIO + I^- + H^+ \rightarrow I_2 + H_2O$ $2 \left(HIO + H^+ + e^- \leftrightarrow \frac{1}{2} I_2 + H_2O \right); E: 1,430V$ $2I^- \leftrightarrow 2e + I_2; E: -0,620V$ $2HIO + 2I^- + 2H^+ \rightarrow 2I_2 + 2H_2O$ $HIO + I^- + H^+ \rightarrow I_2 + H_2O$ $1,430V + (-0,620V) = +0,81V$ (4)</p>
<p>(3b.) $I_2 + CH_2(CO_2H)_2 \rightarrow ICH(CO_2H)_2 + H^+ + I^-$</p>
<p>(4.) $I_2 + CH_2(CO_2H)_2 \rightarrow ICH(CO_2H)_2 + H^+ + I^-$</p>



ANEXO # 3

Registros mostrados en la sistematización de experiencias

➤ Estudiante E1

Registro 1

La cinética química es la encargada de estudiar la velocidad de una reacción química de los reactivos para ser productos y los factores que afectan dicha velocidad. Entre los factores que afectan la velocidad de una reacción, podemos reconocer la temperatura, la concentración de los reactivos, la presencia de un catalizador y la naturaleza de los mismos. Como una reacción se puede ver alterada por estos factores, es importante reconocer que interactúa con un sistema termodinámico y que además se deben tener en cuenta una serie de parámetros sobre los mecanismos de reacción. Para que se produzca la reacción es necesario que las moléculas de los reactantes choquen entre sí, ya que es la única manera de que puedan intercambiar átomos para dar los productos, por lo contrario no será posible que exista una reacción.

Registro 2

Para el segundo procedimiento experimental:

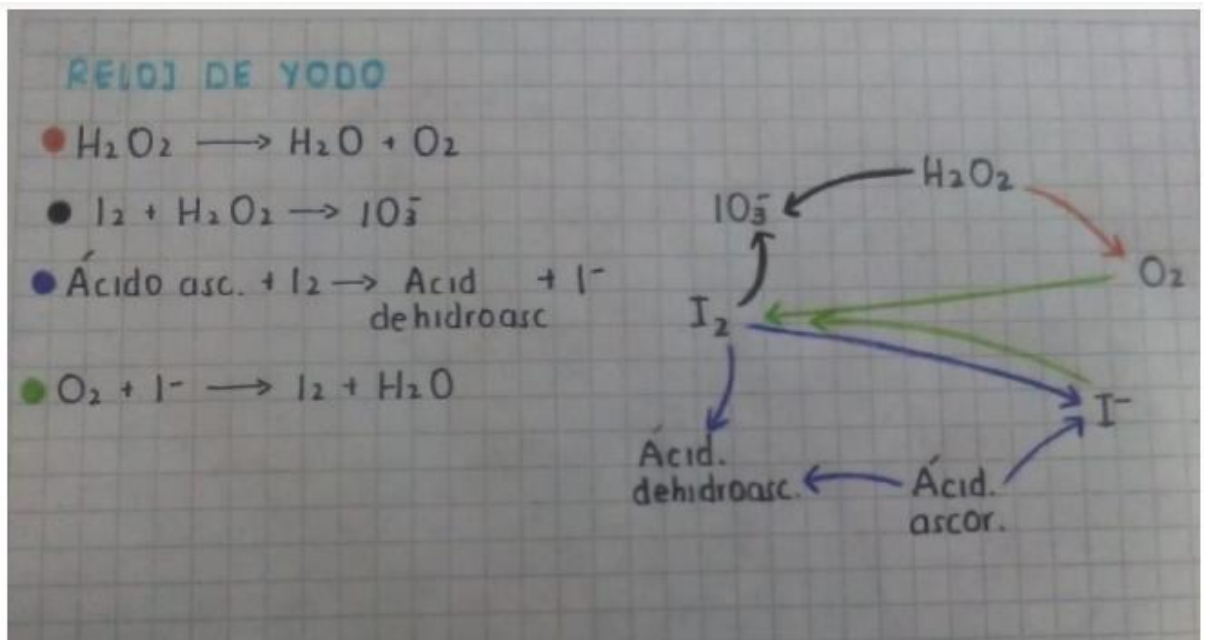


Registro 3

VIII. CONCLUSIONES

- La cinética química permite indagar en las mecánicas de reacción se conoce como dinámica química. El tiempo de reacción, la velocidad de las reacciones lo estudia la cinética química determina si una reacción química dada se realiza en determinado tiempo.
- La velocidad de reacción depende de la concentración de los reactivos y de la temperatura ya que a medida que estos aumentan, se incrementa el número de colisiones, ya que las partículas se moverán más rápido y por ello será mayor la velocidad de reacción.

Registro 4



➤ **Estudiante E2**

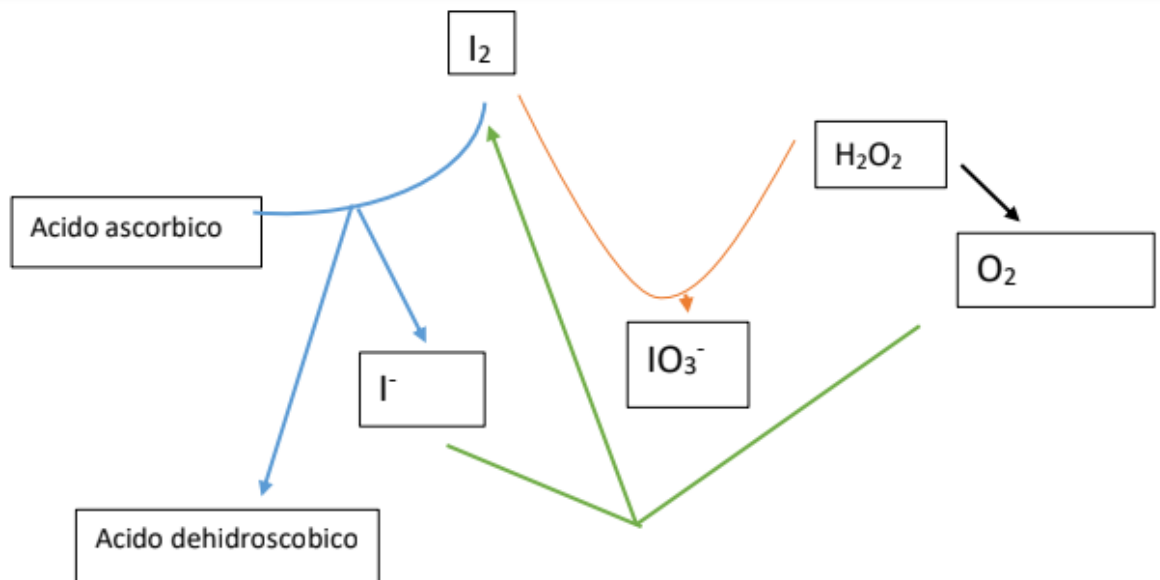
Registro 1

La química cinética es la rama de la ciencia que estudia la velocidad de las reacciones y los factores que afectan y hacen que haya un cambio en esta velocidad, entre estos encontramos la temperatura, que al ser mayor implica una mayor energía, por otro lado cabe resaltar que la termodinámica estudia la energía y sus transformaciones, la concentración que está directamente relacionada con la ecuación de velocidad de reacción, que es igual a la variación de la concentración sobre la variación del tiempo, por otro lado el estado físico de las sustancias, según su condición también generan un cambio, los catalizadores que alteran la velocidad, también encontramos la ecuación general que es igual a menos constante de velocidad por la concentración al número de orden de una reacción. Las reacciones oscilantes es un mecanismo que nos habla de las oscilaciones de una solución; En el sistema para hallar la velocidad de una reacción es fundamental tener en cuenta el balanceo que hay entre los reactivos y los productos para que halla un equilibrio y a partir de esto ver como es su interacción a medida que sucede la reacción, sus cambios y si cumple con los parámetros.

Registro 2

0,5 mL	$\% = \frac{2\% \cdot 0.0005L}{100} \cdot \frac{(1mol)}{126.90g} = 7.88 \times 10^{-8}$	$M = \frac{7.88 \times 10^{-8}}{0.0025L} =$
	$3.15 \times 10^{-5} M I_2$	
1,0 mL	$\% = \frac{2\% \cdot 0.001L}{100} \cdot \frac{(1mol)}{126.90g} = 1.57 \times 10^{-7}$	$M = \frac{1.57 \times 10^{-7}}{0.0025L} =$
	$6.30 \times 10^{-5} M I_2$	

Registro 3



➤ Estudiante E3

Registro 1

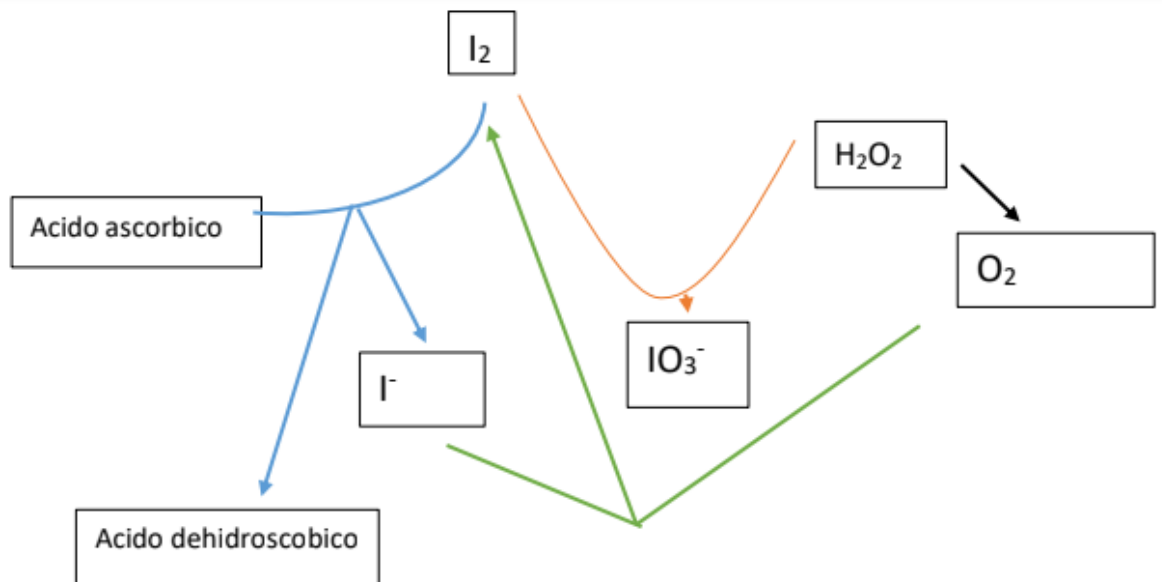
Mecanismo de reacción (cambio de coloración)

En cada uno de nuestros vasos pudimos presenciar un cambio de coloración al agregar el vaso 2 en el vaso 1, estos tenían diferentes cantidades de yodo y también se cambió la temperatura en la que se da la reacción, a lo cual se notó que a diferente cantidad de yodo varía el tiempo en que se dio la reacción, al comienzo logramos ver como el vaso queda en un color rosado amarillento muy suave y de un momento a otro comienza a tomar desde el fondo del vaso una coloración morada oscura algo azul en la que permanece un cierto tiempo y que termina viéndose morado negruzco o incluso totalmente negro, esta reacción pudimos verla en todos los ensayos a pesar del cambio de concentración de yodo o de la temperatura.

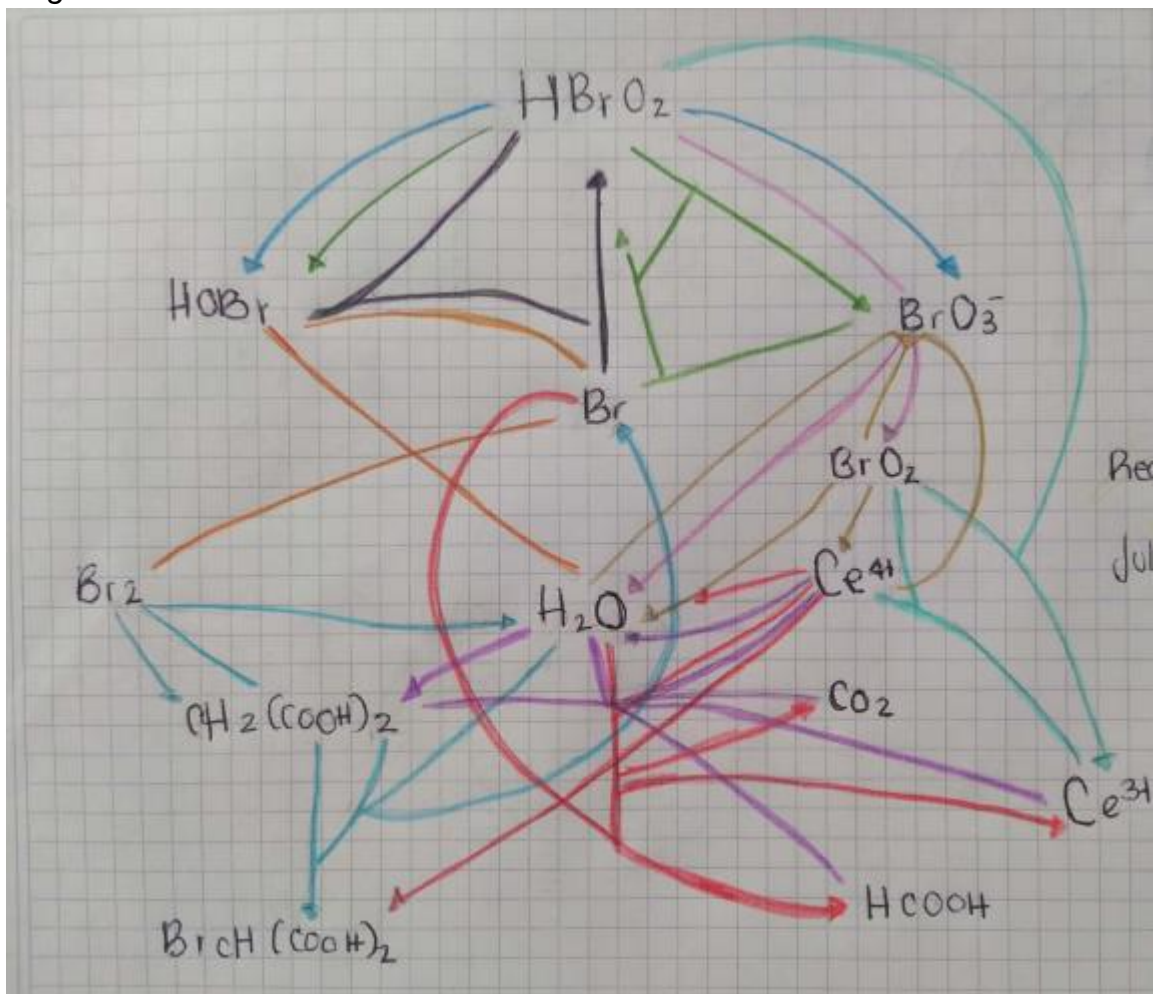
Registro 2

$$\begin{aligned} \%g \text{ x soluto} &= \frac{2\% \times 0,025L}{100\%} = 5 \times 10^{-4} g \\ 5 \times 10^{-4} g \times \frac{1 \text{ mol}}{126,9 g} &= 3,940 \times 10^{-6} \text{ mol} \\ m &= \frac{3,940 \times 10^{-6} \text{ mol}}{0,025L} = 1,576 \times 10^{-4} M \end{aligned}$$

Registro 3



Registro 4



- **Estudiante E4**
Registro 1

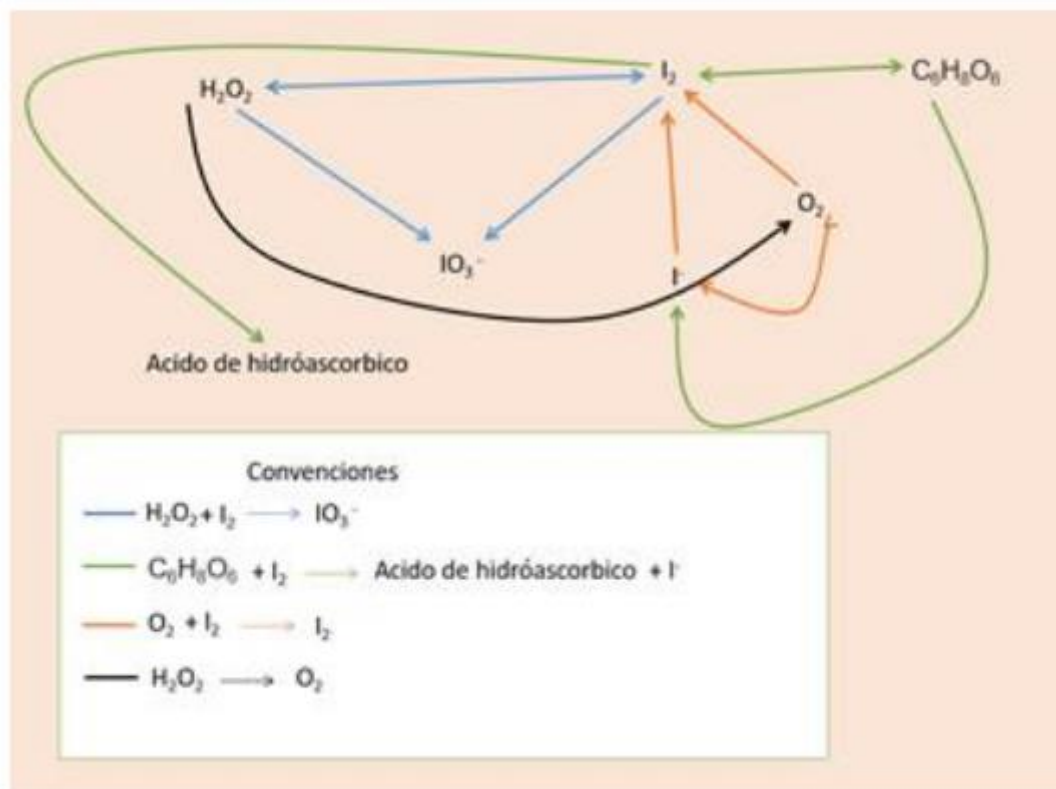
MECANISMO DE REACCIÓN.

- En cuanto a la mezcla entre el vaso 2 y el 1 se evidencia un precipitado de color café que, con el paso del tiempo (En cada ensayo vario) ese color café cambia a un morado oscuro, después, termina en un color negro algo intenso. Se intenta explicar de manera lógica cuáles son las reacciones químicas implicadas en la práctica.

Las soluciones de yodo son agentes oxidantes suaves que se utilizan para las determinaciones de reductores fuertes. El I_2 molecular es muy poco soluble en agua ($1,3 \cdot 10^{-3}$ M a 20°C), pero su solubilidad aumenta si agregamos una sal como el yoduro de potasio por formación de un complejo entre el yodo y el yoduro: el triyoduro.

Registro 2

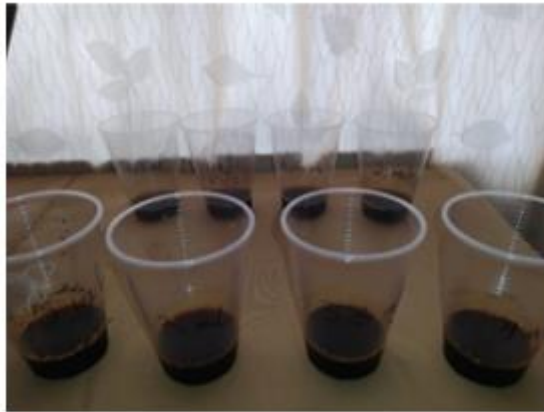
ESQUEMA DE RELOJ DE YODO.



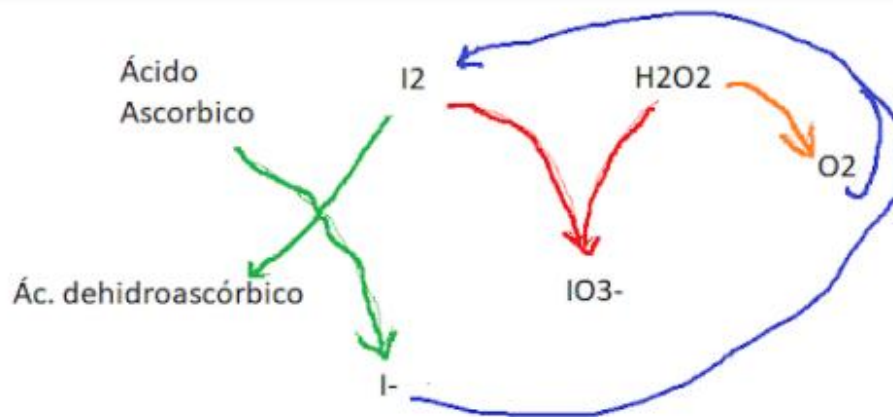
➤ Estudiante E5

Registro 1

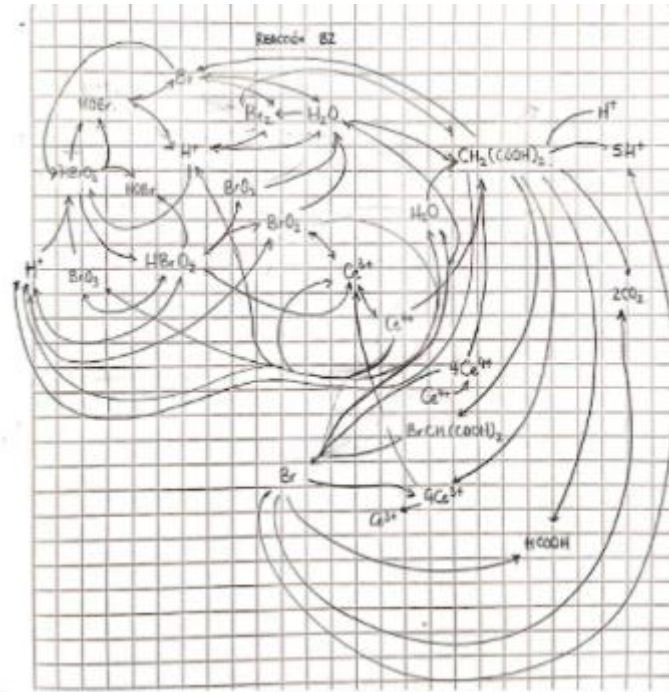
8. Resultados y evidencias



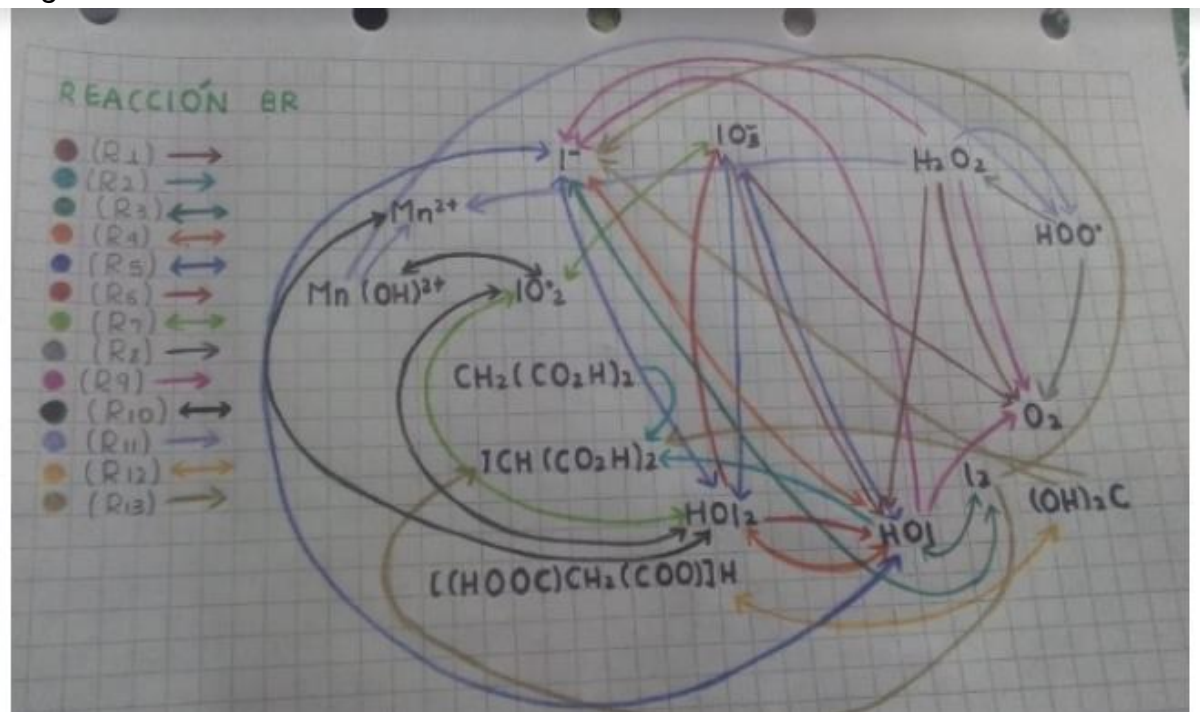
Registro 2



Registro 3



Registro 4



➤ Estudiante E6

Registro 1

$$\% \frac{m}{v} = \frac{g_{\text{solute}}}{v_{\text{solution}}} \times 100 \text{ se despejan } g_{\text{solute}}$$

$$g_{\text{solute}} = \frac{\% \times v_{\text{solution}}}{100}$$

$$g_{\text{solute}} = \frac{2\% \times 0.04L}{100} = 8 \times 10^{-4}g$$

➤ **Estudiante E7**

Registro 1

Análisis de resultados

Lo que se quiere demostrar con este laboratorio es que son reacciones oscilantes por esa razón se llama reloj de yodo que significa que tomaremos los datos para medir la **velocidad de reacción y la constante demostrando la cinética en ella**

La reacción tuvo un tiempo 0 a un tiempo final medido en segundos(s) f en la cual se demostró un precipitado que marcó la finalización de la reacción.

➤ **Estudiante E8**

Registro 1

Análisis de resultados.

A medida que la concentración del I_2 va aumentando el tiempo que tarda la reacción cada vez se hace menor y viceversa, ya que a partir de la concentración depende el tiempo que tardara en darse la reacción, también la temperatura al ser menor su tiempo de reacción es muy demorado y al ser mayor, la reacción se da en menos tiempo y es ahí donde podemos corroborar que la concentración y temperatura son factores que afectan la velocidad de reacción en un estudio de cinética química. Además de la presencia mínima de un factor llamado energía, que también permite la continuidad y eficacia de las reacciones.

➤ **Estudiante E9**

Registro 1

Conclusiones

- Cuando se determina el orden de reacción graficando la ecuación de velocidad integrada, se obtiene lo que a veces se nombra, orden con respecto al tiempo. Este orden no será ambiguo siempre que sea independiente del tiempo durante todo el lapso en que se efectuó una reacción
- La curvatura de las gráficas nos puede denotar el tipo de vida media, en la cual puede ser posible una desviación a causa del cambio de las condiciones o en su caso por el PH utilizado por el ácido ascórbico conforme a la reacción.

Registro 2

