



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE QUÍMICA**

**QUÍMICA EXPERIMENTAL HISTÓRICA:**

La Historia de la química en una serie de experimentos de laboratorio utilizando el diagrama heurístico como método de evaluación.

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**QUIMICO**

PRESENTA

Alberto Basante Avendaño

MÉXICO, CDMX.

2016





Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

## **JURADO ASIGNADO**

**PRESIDENTE:** Myrna Teresa Carrillo Chávez.

**VOCAL:** José Antonio Chamizo Guerrero.

**SECRETARIO:** Carlos Amador Bedolla.

**1er. SUPLENTE:** Kira Padilla Martínez.

**2do. SUPLENTE:** Silvia Mónica Manero Brito.

## **SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:**

**Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México.**

## **ASESOR DEL TEMA:**

**Dr. José Antonio Chamizo Guerrero.**

## **SUSTENTANTE:**

**Alberto Basante Avendaño.**





## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	7
2. MARCO TEÓRICO.....	9
2.1 ¿POR QUÉ ENSEÑAR HISTORIA DE LA QUÍMICA? .....	9
2.2 ¿POR QUÉ QUÍMICA EXPERIMENTAL HISTÓRICA Y LA PERIODIZACIÓN EN CINCO REVOLUCIONES QUÍMICAS? .....	12
2.3 LAS PRÁCTICAS PROPUESTAS PARA QUÍMICA EXPERIMENTAL HISTÓRICA.....	17
3. SOBRE LA EVALUACIÓN DEL TRABAJO EXPERIMENTAL .....	28
3.1 LOS DIAGRAMAS HEURÍSTICOS .....	31
4. METODOLOGÍA.....	38
4.1 PRIMERA PARTE DE LA METODOLOGÍA .....	38
4.2 SEGUNDA PARTE DE LA METODOLOGÍA.....	41
5. RESULTADOS .....	43
5.1 LAS MEJORAS REALIZADAS A LOS DIAGRAMAS HEURÍSTICOS.....	42
5.2 LA INTERVENCIÓN DIDÁCTICA CON ALUMNOS DE HISTORIA Y FILOSOFÍA DE LA QUÍMICA .....	52
5.3 LOS DIAGRAMAS HEURÍSTICOS PARA LA INTERVENCIÓN DIDÁCTICA .....	56
6. CONCLUSIONES.....	60
6.1 SOBRE LAS PRÁCTICAS RECOLECTADAS Y LA INTERVENCIÓN DIDÁCTICA.....	60
6.2 SOBRE LAS MEJORAS A LOS DIAGRAMAS HEURÍSTICOS .....	61
7. REFERENCIAS.....	62

**Anexo.** Prácticas experimentales para Química Experimental Histórica.

**Anexo.** Prácticas alternativas para la Quinta Revolución Química.

**Anexo.** Diagramas Heurísticos sobre: Química Experimental Histórica.

**Anexo.** Diagramas Heurísticos sobre: Química Orgánica I. Primera Sesión.

**Anexo.** Diagramas Heurísticos sobre: Química Orgánica I. Segunda Sesión

Diagrama heurístico sobre: Química Experimental Histórica		
<b>HECHOS RELEVANTES.</b> <b>De los conceptos:</b> La Historia de la química puede ser organizada bajo la periodización descrita por William B. Jensen, (1998) y José A. Chamizo (2011): La protoquímica, y las cinco revoluciones químicas consecuentes. <b>De la metodología:</b> La enseñanza de la química debe ser abordada de manera experimental, con la finalidad de que se adquieran los conocimientos, habilidades y destrezas necesarias para trabajar en laboratorio (de Berg, 2014). <b>De la pregunta:</b> Es un hecho que al introducir aspectos históricos en ciencias, enriquecidos con demostraciones, lecturas y experimentos; estos son regularmente más recordados por los alumnos, aun cuando se hayan olvidado los detalles técnicos del curso (Kauffman, 1987).		3
<b>PREGUNTA:</b> ¿Con qué características deben contar los experimentos más emblemáticos de las cinco revoluciones químicas y la protoquímica de tal forma que puedan ser reproducibles dentro de un LQG a nivel superior y medio superior?		3
<b>CONCEPTOS</b>	<b>METODOLOGÍA</b>	1
<b>Aplicaciones</b> Mejorar la imagen pública de la química vinculando aspectos poco conocidos de su estudio, alcance y limitaciones en la sociedad. Evidenciar el desarrollo de la química mediante algunas de las prácticas más emblemáticas de su historia. Realizar prácticas experimentales enfocadas en la resolución de problemas, donde el alumno sea el protagonista de su aprendizaje.	<b>Procedimiento para la obtención de datos</b> Se recolectaron y adaptaron quince prácticas experimentales con base en la periodización histórica de las cinco revoluciones químicas y la protoquímica. La búsqueda se realizó preferentemente en las siguientes fuentes: <i>The Journal of Chemical Education</i> , <i>The Chemical and Engineering News Archives</i> y la revista <i>Educación Química</i> . Se probaron once de estas prácticas con alumnos de HFQ de la Facultad de Química de la UNAM para corroborar su reproducibilidad en un laboratorio de Química General- Los resultados fueron tratados mediante DH y posteriormente se escribió una tesis de licenciatura con base en ellos.	1
<b>Lenguaje</b> Revolución Científica, Protoquímica. Organometálica, Kaliapparat, Movimiento Browniano, Ferroceno, nanoquímica, química sustentable, reacción de Wittig. Laboratorio de Química General (LQG). Historia y Filosofía de la Química (HFQ). Diagrama Heurístico (DH).	<b>Procesamiento de los datos para obtener un resultado</b> Debido a que el curso de HFQ no cuenta con un laboratorio asignado para realizar prácticas experimentales, el espacio y horario disponible para llevar a cabo la intervención didáctica limitó el número de prácticas a realizar con los alumnos, dando la posibilidad de probar únicamente once de las quince prácticas propuestas. Al concluir la intervención didáctica se concluyó que la síntesis de ferroceno, y la reacción de Wittig deben ser excluidas como propuestas en un futuro debido a su inconveniencia en reproducibilidad en LQG.	1
<b>Modelo</b> Protoquímica A.C.- 1766 Primera Revolución Química 1766-1808 Segunda Revolución Química 1831-1860 Tercera Revolución Química 1897-1923 Cuarta Revolución Química 1945-1965 Quinta Revolución Química 1973-1993	<b>Análisis derivado de los datos</b> Debido a las inconveniencias metodológicas que presentaron las prácticas antes mencionadas para la quinta revolución, se han propuesto dos prácticas alternativas: (1) Síntesis de un catalizador de Pd (II) y (2) La Síntesis de nano partículas de oro utilizando té verde. El resto de las prácticas que se realizaron durante la intervención didáctica se lograron reproducir de manera adecuada dentro de un LQG y los alumnos entregaron el DH correspondiente.	2
<b>RESPUESTA:</b> Fuera del carácter emblemático con el cual deben contar las prácticas con las que se pretenda estudiar el desarrollo de la química con base en las cinco revoluciones químicas y la protoquímica dentro de un LQG, éstas deberán estar sujetas al uso de sustancias y material de laboratorio que permitan a alumnos poco experimentados en química una manipulación adecuada para comprender la naturaleza del experimento. Es por estas razones que la práctica de síntesis de ferroceno y la modificación a la reacción de Wittig se piensan remplazar por aquellas que proponen una metodología y materiales más simples para abordar a la quinta revolución química a nivel superior y medio superior.		3
<b>REFERENCIAS</b> <b>Hechos:</b> Jensen, W. B. (1998). One Chemical revolution or Three?, <i>Journal of Chemical Education</i> 75(6), 679–687 <b>Conceptos:</b> De Berg, K. (2011). Cap. 11 The Place of the History of Chemistry in the Teaching and Learning of Chemistry. In Matthews, M. (ed.) <i>International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching</i> , (pp.314-333), Springer Science+Business Media. <b>Metodología:</b> Kauffman, G. B. (1989). History in the Chemistry Curriculum, <i>Interchange</i> , 20(2), 81-94.		3
Autoevaluación		20

## 1. INTRODUCCIÓN

---

En la presente tesis se propone realizar y adaptar una serie de prácticas experimentales enfocadas al estudio de la historia de la química a través de la periodización de las cinco revoluciones químicas y la protoquímica, de manera tal que puedan ser reproducidas por alumnos de bachillerato y de la Facultad de Química dentro de un laboratorio de química general.

El objetivo de reproducir las prácticas con alumnos de la Facultad de Química durante la segunda etapa de la metodología descrita en esta tesis y que se abordará con mayor detalle en los siguientes capítulos, tiene que ver con la necesidad de validar la posibilidad de incorporar dichos experimentos dentro de un curso experimental en química general, de tal forma que las prácticas estén disponibles para incorporarse a los estudios de química general de ser requeridos. El compendio de dichos experimentos llevara por nombre: Química Experimental Histórica.

Las prácticas que se proponen para Química Experimental Histórica estarán dirigidas principalmente a alumnos de bachillerato y primeros años de la licenciatura en Química, por lo que los experimentos seleccionados deberán ser simples, atractivos, novedosos y seguros para realizarse dentro de un laboratorio de química general en un margen con duración aproximada de dos horas, de acuerdo a las sesiones experimentales en el laboratorio.

Debido a la perspectiva histórica y la periodización en las cinco revoluciones químicas que se propone para abordar las prácticas, dichos experimentos habrán de ser algunos de los más emblemáticos y representativos para la historia de la química, haciendo referencia preferentemente a algún avance científico que logre describir el inicio o auge de las revoluciones químicas.

Por otra parte, y con el fin de incorporar el uso de los Diagramas Heurísticos como la herramienta predilecta de evaluación para las prácticas seleccionadas dentro del compendio de Química Experimental Histórica, en esta tesis también se discute acerca su empleo como herramienta de evaluación, sus ventajas y principales dificultades al emplearse con alumnos de la Facultad de Química de la UNAM.



La idea de implementar una nueva estrategia de evaluación en el aprendizaje experimental en química surge como respuesta a algunas de las deficiencias que se han identificado durante el proceso de evaluación de los estudiantes en el laboratorio. Algunos de los textos enfocados a la enseñanza experimental de la química, su evaluación y sus deficiencias pueden ser consultados en la *Antología de la Enseñanza Experimental* (Chamizo, 2004b).

Dicho lo anterior, los objetivos principales de esta tesis son los siguientes:

1) Recolectar y adaptar un mínimo de doce prácticas experimentales que logren evidenciar los aspectos más emblemáticos de las cinco revoluciones químicas y la protoquímica, de tal forma que sean reproducibles dentro de un laboratorio de química general a nivel superior y medio superior.

2) Con base en las dificultades más recurrentes que presentan los alumnos al completar los Diagramas Heurísticos propuestos por Pérez y Chamizo en 2013, se buscará mejorar el formato de su plantilla y ampliar sus instrucciones de resolución para hacer de ellos una herramienta que permita a los alumnos desarrollar una metodología de trabajo e investigación en laboratorio más simple y eficaz.

Debe hacerse la aclaración de que este proyecto de tesis, el cual pretende dar un enfoque de carácter histórico-experimental con base en las cinco revoluciones químicas para un laboratorio de química general a nivel medio y superior, corresponde a una línea de investigación que aún se encuentra en vías de desarrollo – y cuyas principales características se habrán de discutir a lo largo de las siguientes páginas– no pretende dar con una solución para todas las dificultades que se pueden presentar al adoptar un enfoque histórico durante un curso experimental en química general, pero si esta intencionado para abrir un camino para que profesionales y el público en general vayan adquiriendo mayor consciencia del alcance, usos, limitaciones y utilidades que tiene la química en aras del desarrollo humano y nuestra sociedad.

## 2. MARCO TEÓRICO

---

### 2.1 ¿POR QUÉ ENSEÑAR HISTORIA DE LA QUÍMICA?

Cuando se pretende abordar un curso experimental de química general en donde las dinámicas enfocadas al aprendizaje del saber científico se relacionen de manera más formal con algunos de sus aspectos históricos (humanísticos<sup>1</sup>) y que tienen como objetivo comprender en mayor detalle ciertas características sociales y del desarrollo del quehacer científico, las propuestas para incluir una perspectiva con tal enfoque y los cuáles brindan una educación en química más completa (Aguirre, 1984; Carroll, 2011; Chamizo, 2009; de Berg, 2011; Quinta, 2001; Jaffe, 1955; Jesper y Talanquer 2014; Kamsar, 1987.) para la educación química<sup>2</sup>, generalmente son desvaloradas por una cierta parte de la comunidad química, que se pregunta en ocasiones: ¿acaso no bastan los cursos experimentales de química general que se imparten hoy en día y se supone son universales?, ¿qué no la historia de la química se aprende tan sólo leyendo?, y sobre todo, ¿cuál es la utilidad de aprender historia de la química?

Optar por una visión convencional, en donde la enseñanza experimental en química general a nivel medio y superior es completa y suficiente y por lo tanto, no hace falta de una aproximación desde un punto de vista histórico que permita comprender la importancia y el porqué de las prácticas que se realizan –más allá de los breves pasajes históricos que podemos encontrar en libros de texto o en el propio manual de prácticas, en los cuáles nunca o casi nunca se hace mención de los aspectos emblemáticos que han permitido comprender el desarrollo de la química como disciplina– sería aceptar que la enseñanza experimental de la química se encuentra enfocada, básicamente, en que los alumnos adquieran de manera inmediata y a *manera de receta* muchas de las habilidades y conocimientos con el fin último de acreditar el curso experimental correspondiente y, siguiendo a Nieto-Galán, cerrando

---

<sup>1</sup> Comúnmente se considera a la Historia de la Química como una de las partes humanísticas de esta disciplina, pues permite entender a la química como una empresa de carácter humano, cuyo proceso es dinámico e incluyente y no estático e individual (Kamsar, 1987).

<sup>2</sup> Por naturaleza, los estudiantes únicamente tienden a tomar en serio los cursos que han sido denominados de carácter curricular (de Berg, 2011) y obligatorio para su formación, lo cual presenta una gran desventaja para la enseñanza de la historia de la química de manera optativa.

el espacio para la reflexión humanística e histórica de la química en particular (Nieto-Galán A., 2010).

Seguir una metodología de enseñanza tradicionalmente ahistórica en química general, particularmente aquella dirigida a los laboratorios de enseñanza donde ya todo está establecido y no se capacita a los alumnos para cuestionar y resolver problemas referentes al propio trabajo de laboratorio, puede ser uno de los factores que influya en que una gran mayoría de la población que no se dedica al estudio formal de la química perciba su estudio como algo confuso, aburrido y difícil (Epstein, 1998; Bauer, 2008; Kamsar, 1987).

Asimismo, esta enseñanza de la química alejada de su contexto histórico puede tergiversar las interpretaciones y concepciones acerca de la utilidad, alcance y limitaciones que tiene la química como una disciplina clave para el desarrollo humano (Kamsar, 1987; Kauffman, 1989; Lazlo y Greenberg, 1991; Quintanilla, 2010). Pues no precisa en el contexto histórico más relevante de sus protagonistas y del paradigma científico mediante el cual grandes científicos han logrado impulsar el desarrollo de la química, un contexto que de estar presente bien podría justificar una experiencia académica más enriquecedora para los alumnos (Epstein, 1998; Carroll, 2011; Chamizo, 2010; Nieto, 2013; Hodson, 1994; Hofstein, 2005; Nieto-Galán, 2010)

Dicho esto, ¿es de sorprender que para una gran parte de la población, la palabra química sea empleada como adjetivo de sustancia nociva para la salud o medio ambiente y alejada de todas propiedades naturales? Y es que generalmente la población atribuye el adjetivo “químico” como algo que consideran de calidad dudosa, con riesgos potenciales para la salud y alejado de las cualidades originales de los productos naturales (Nieto-Galán, 2010).

Se tiene la creencia de que la química no va más allá de una nomenclatura abstracta, conceptos intangibles acerca de partículas indivisibles y experimentos tan confusos como riesgosos que a no ser que se desarrolle un gusto genuino por ella, pronto se olvidará lo aprendido con la justificación de que la química ha sido la asignatura más complicada a la que cualquier estudiante se ha enfrentado.

Así, con respecto a la imagen pública de la Química, Lazlo y Greenberg (1991) han indicado:

*La química tiene una mala imagen. La gente desconfía de ella por considerarla una ciencia compleja e incomprensible. Existe la tradición de aprender la química de memoria en lugar de comprenderla (...) (p. 29)*

Dicho lo anterior, los aspectos más relevantes a considerar dentro de un curso de carácter experimental, y que justifiquen el por qué enseñar historia de la química dentro un curso de química general son los siguientes:

- Incluir algunos de los experimentos más emblemáticos de la historia de la química dentro de los laboratorios de enseñanza básica podría contribuir a mejorar la percepción del estudio de la Química y permitir a los alumnos comprender su importancia desde un punto de vista humanístico.
- Mostrar, mediante el estudio de la historia de la química que el conocimiento en ciencias –y particularmente en Química– cambia con el tiempo, lo que podría ayudar a que se entienda de mejor manera los cambios en la actualidad en esta disciplina. Para esto es necesario estudiar algunos de los procesos más relevantes que hayan conformado los grandes cambios en el pasado.
- La química es una ciencia que se caracteriza por ser prioritariamente experimental, razón por la cual, los conocimientos relevantes de su historia habrán de ser, en medida de lo posible, aprendidos idealmente como los describe su naturaleza: dentro de un laboratorio y con materiales actuales para intentar recrear las condiciones iniciales en las que fueron descritos.

Se espera que un curso experimental en química general que busque adoptar la perspectiva histórica que se propone a lo largo de esta tesis, haga énfasis particularmente en los eventos más emblemáticos que ejemplifiquen el desarrollo de la química como una empresa de carácter científico y social. Además, se espera que esta perspectiva ayude a modificar algunas tendencias de enseñanza en el laboratorio, que como se ha mencionado anteriormente, pudieran ser consideradas como dogmáticas debido a que proporcionan datos y conclusiones fuera de un contexto histórico, tanto de sus protagonistas como de las dificultades a las que se enfrentaban.

Así, se intentará hacer visible que la química de hoy en día se encuentra dentro de un contexto social y que su comprensión no pertenece únicamente a quienes dedican su vida entera a estudiarla. (Jesper, 2011; Jesper y Talanquer, 2014; Sére, 2002; Silberman, 1981).

Incluir los aspectos más emblemáticos de la historia de la química dentro de un curso de química general significa retomar algunos de los aspectos culturales, humanísticos e imaginativos en los que la química siempre se ha basado (Jaffe, 1955). Por lo que un camino eficiente para lograr esto, consiste en que los alumnos puedan reproducir en el laboratorio algún procedimiento mediante el cual los científicos comunes y grandes genios de la ciencia hayan logrado los más destacados avances en la ciencia, desde el momento en que se plantean una pregunta e ingenian un procedimiento para resolverla, hasta el punto en que la recolección y análisis de resultados les permitió responder su interrogante (Kauffman, 1987).

Hay que recordar que la forma en cómo se enseñe la historia de la química podrá fomentar una mejor aceptación de la disciplina por parte de la sociedad, pues se fortalece su enseñanza a partir de los conceptos teóricos y experimentales que han provisto a la química de sus fortalezas y limitaciones a lo largo de los años y que son, sin lugar a duda, conocimientos que han moldeado al mundo entero (Kauffman, 1987). Enseñar desde una perspectiva en donde se incluyan algunos de los aspectos más emblemáticos que puedan contextualizar su trabajo y observaciones, es una manera sencilla de mostrar que el estudio de la química también cuenta con un eje de desarrollo de carácter humano y sobre todo, que es un proceso dinámico que ha involucrado y continúa involucrando a miles de personas para lograr todo lo que hoy en día conocemos y no es como muchas veces se cree, es un producto estático que le pertenece a tan sólo un reducido número de personas que trabajan de manera individual.

Con respecto a lo anterior, Julio Bonete nos dice:

*“...es preciso acompañar la enseñanza de la química, y de todas las ciencias, de los aspectos humanos de sus protagonistas, para que los estudiantes se den cuenta de que lo que se les explica no son solo conceptos, hechos y leyes abstractas recogidas*

*en libros de consulta, sino que son el resultado de esfuerzos humanos continuados, eslabones en una cadena de conocimientos construida por hombres y mujeres como ellos, con sus vidas y cuya extensión pueden contribuir, si lo desean y tienen suerte”* (Bonete, p.637, 2004, citado por Nieto-Galán, 2010).

## 2.2 ¿POR QUÉ LA PERIODIZACIÓN EN CINCO REVOLUCIONES QUÍMICAS?

Ahora bien, pensar en la inmensa cantidad de conocimientos que pudieran abordarse mediante lecturas y experimentos durante un curso de historia de la química, resultaría una tarea muy difícil, si no que hasta imposible, a no ser que se cuente con una periodización adecuada que permita acotar la historia de la química en sus aspectos más emblemáticos y de mayor relevancia científica y social.

Una periodización en este sentido, y que es adoptada por la presente tesis, que permite la identificación puntual de algunos de los acontecimientos más importantes para el desarrollo de la química es la propuesta realizada por los investigadores en historia de la química: William B. Jensen<sup>3</sup> (1988) y José A. Chamizo<sup>4</sup> (2011). Esta periodización de la historia de la química está estructurada alrededor de cinco revoluciones científicas<sup>5</sup> donde cada una de ellas propone una innovación y visión diferente en relación al uso y entendimiento de nuevos instrumentos y teorías para explicar la naturaleza (paradigma).

Con cada revolución científica y al aceptar un nuevo paradigma<sup>6</sup> nos dice Kuhn:

*“El conocimiento anterior es preconcebido o eliminado; se rescriben los libros de texto; los cursos son alterados y los científicos ven al mundo de una forma distinta”* (Kuhn, 2012, p. 165-186).

---

<sup>3</sup> William B. Jensen (1998), es el autor principal de la periodización de la historia de la química en tres revoluciones químicas. Primera revolución: 1770-1790, Segunda revolución 1855-1875, Tercera revolución: 1904-1924.

<sup>4</sup> José A. Chamizo Guerrero (2011) es autor de una periodización más amplia para las revoluciones químicas donde incorpora la Cuarta revolución: 1945-1964 y la Quinta revolución: 1973-1993, y redefine las propuestas de William B. Jensen (1988).

<sup>5</sup> Una revolución científica, dice Kuhn, es desencadenada por una crisis. Ocurre una crisis cuando los científicos son incapaces de resolver muchos problemas pendientes desde hacía tiempo al confrontar un paradigma (Chamizo, 2009, p.13).

<sup>6</sup> El paradigma como un todo, según Kuhn, determina qué problemas se investigan, qué datos se consideran pertinentes, qué técnicas de investigación se utilizan, y qué tipos de solución se admiten (Kuhn, 2012, p. 88-128).

Así, las innovaciones que presenta cada revolución química han fungido, en sus respectivas épocas, como un nuevo eje del pensamiento científico, que en última instancia han permitido dar una explicación cada vez más certera de las propiedades y el comportamiento de la materia. Tal y como plantea Chamizo (2011) en la imagen pública de la química:

*Los acometimientos emblemáticos que sustentan a las cinco revoluciones químicas y que han logrado una comprensión revolucionaria en el estudio de la transformación y constitución de la materia, son sin duda, huellas distintivas en el desarrollo científico, económico, político y social de una sociedad. El reconocimiento y uso de nuevas entidades estructurales son algunos de los “productos” de una revolución química. Su introducción en los libros de texto establece una nueva ciencia común, una nueva era química (Chamizo, 2011, p 329).*

A manera de esclarecer lo más posible las características que constituyen a una revolución científica existen al menos cuatro respuestas consideradas entre los historiadores de la ciencia como las más *ad hoc* para responder la pregunta *¿qué es una revolución científica?* (Chamizo, 2014b).

1. Una reinterpretación radical de una idea o pensamiento ya existente.
2. La resolución de un largo debate, del cual la solución revoluciona el tipo de problemas a los cuales los científicos podían hacer frente de manera rutinaria.
3. El uso de nuevos instrumentos capaces de cambiar la forma en que los usuarios ven y trabajan en el mundo.
4. La apertura de una nueva teoría del entendimiento que incluya tanto a las viejas teorías como a los casos específicos.

Es importante hacer notar que una perspectiva histórica con carácter experimental como la que se propone, bien podría ayudar a minimizar algunas de las desventajas que existen cuando se pretende enseñar historia de la química de manera completamente teórica. Esto debido a la diferencia fundamental que existe entre los objetivos y las metodologías con las que se enseña ciencia respecto a la enseñanza de la historia. En relación a esto, de Berg (2011) dice:

*Mientras que la química como otras ciencias busca abstraer e idealizar conceptos mediante modelos que le permitan dar una explicación fehaciente a los fenómenos involucrados en la transformación de la materia, la historia, particularmente de la química, busca capturar la riqueza de los sucesos del pasado en toda complejidad, recolectando datos y hechos emblemáticos que permitan explicar cómo ha evolucionado la química junto con el ser humano (de Berg, 2011, p.318)*

Aún con esta discrepancia entre los objetivos de enseñanza entre la historia y las ciencias, particularmente la química, la primera tiene una función para la segunda que Kamsar (1987) resalta de la siguiente manera:

*Es necesario que los estudiantes desarrollen una filosofía de aprendizaje basada en la lógica, el conocimiento, la verdad y principalmente en el deseo de su desarrollo intelectual y el de su entorno social, en lugar de aquella que es meramente supersticiosa, de deseos ciegos y que pareciera predominar entre los estudiantes de ciencias. (Kamsar, 1987, p. 932)*

Es un hecho que la enseñanza de la química debe ser acompañada, en medida de lo posible, de procedimientos experimentales, pues el papel del experimento es ilustrativo y permite al científico demostrar el poder de su teoría no como una serie de verdades, sino como un grupo de ideas que en conjunto tienen la finalidad de que se adquieran los conocimientos, habilidades y destrezas para trabajar en un laboratorio (de Berg, 2011) y de los cuales depende un químico para su desarrollo profesional. No obstante, una metodología tradicional ahistórica de enseñanza en los laboratorios de química general y en muchas otras áreas experimentales busca la forma más simple, aunque tal vez no de manera intencional, de que los conocimientos y habilidades para trabajar en el laboratorio sean adquiridos de forma mecanizada (Ramos, 2015). Entonces las *preguntas* relevantes a la experimentación son planteadas con una respuesta única, que si bien no es totalmente dogmática, como ya se ha mencionado anteriormente, promueve una visión de la química donde lo experimental no difiere de la teoría, situación que ha alejado al trabajo experimental de la reflexión, la creatividad y de un verdadero espíritu científico. Tal y como dice Singer (2005), citado por (Ramos, 2015, p.1):



*“los laboratorios tradicionales enfocados a reforzar conceptos teóricos no mejoran el entendimiento de la química que desarrolla el alumno.”*

Pero ¿cómo formulamos las *preguntas* más significativas y cómo captamos lo que parecen ser las respuestas? Como veremos más adelante con los diagramas heurísticos (DH), el mundo de las ideas está muy mezclado con el mundo de los hechos, las cuales son ideas previas que nos permiten buscar resultados a nuestros experimentos, resultados que bien podríamos no reconocer en un principio. Las teorías y los experimentos, las ideas y los hechos, todos dependen el uno del otro. (Harré, 2004)

De acuerdo con Cooper (2009), citado por (*Chamizo, 2013, p. 16*), “los laboratorios de química básica desperdician una oportunidad de oro para mostrar a los estudiantes cómo se hace ciencia”, debido a que más que proponer un problema atractivo para aprender química, tan sólo se pide ilustrar conceptos. Por lo que se pierde de vista que “Es la investigación en el laboratorio donde los alumnos se involucran más en el proceso científico, planteándose preguntas, formulando hipótesis, diseñando experimentos, recopilando y analizando datos, modelando conclusiones acerca de problemas o fenómenos científicos, y esta es una oportunidad que muy pocos tienen en sus primeros años de formación universitaria” (Hofstein y Walberg, (1995), citados por *Chamizo, 2013, p. 17*).

Es por todo lo anterior, que se sustenta el porqué la historia de la química debería de ser abordada preferentemente junto con una visión experimental dentro de un curso de química general, lo cual bien podría ayudar, como ya se ha mencionado, a fomentar una mejor imagen de la Química y las ciencias en general.

Al hacer de la enseñanza histórica de la química un curso experimental, algunas de las desventajas identificadas para la enseñanza de la historia de la química desde un enfoque completamente teórico, podrían empezar a ser subsanadas a la par de aquellas que presenta un método tradicional ahistórico de la enseñanza experimental en química general (Harré, 2004; Hodson, 1994; Ramos, 2015), pues es un hecho que al introducir aspectos históricos enriquecidos con demostraciones, lecturas y experimentos, éstos son regularmente más recordados por los alumnos, aún cuando

hayan olvidado los detalles técnicos del curso, permitiéndoles entender la interrelación que hay entre la ciencia, la sociedad, la historia y cada individuo en una sociedad como un todo (Kauffman, 1987).

En relación a la importancia de incluir aspectos históricos a los cursos de química general y con la intención de elucidar los paradigmas con los que la comunidad científica ha trabajado para impulsar el desarrollo de la química, Quintanilla (2010) nos indica a continuación la importancia de comprender estos cambios:

“Al incorporar la historia de la química en la enseñanza y divulgación, deberíamos entender que en el desarrollo del conocimiento no siempre se pensó lo mismo acerca de lo que ahora pensamos, aunque dependemos “metafóricamente” de instrumentos y métodos científicos similares para comprenderlos (...)” (Quintanilla, 2010, p.40)

Con base en lo anterior, hay que tener en cuenta que existen prácticas de laboratorio que por sí solas pueden resultar no ser lo suficientemente claras para que los estudiantes puedan desarrollarlas de forma precisa, debido a que durante el bachillerato y los primeros años de licenciatura en química los alumnos apenas comienzan a desarrollar sus habilidades de trabajo experimental y de pensamiento científico, cualidades que podrían no ser lo adecuadamente desarrolladas para permitirles sustraer y teorizar los conocimientos esperados durante las sesiones programadas en el laboratorio.

Es por esta observación que a la hora de elegir las prácticas que se van a realizar durante un curso experimental en química general se necesita una cuidadosa elaboración y selección de los experimentos a desarrollar. Se espera que las prácticas propuestas sean capaces de responder las siguientes preguntas estipuladas por Hodson, (1994) de la manera más satisfactoria posible para los lineamientos de un curso de enseñanza básica:

- ¿El trabajo de laboratorio motivará a los alumnos?
- ¿Los alumnos adquirirán nuevas técnicas de laboratorio a partir de su trabajo práctico?
- ¿El trabajo en laboratorio ayuda a los alumnos a comprender mejor los conceptos científicos?

- ¿Cuál es la imagen que adquieren los alumnos acerca de su actividad científica al trabajar en laboratorio? ¿Se ajusta esa imagen a la práctica científica habitual?
- ¿Son estas prácticas necesarias para el correcto ejercicio de la ciencia?

Hay que mencionar por igual, que una sobre-simplificación en la elaboración de los experimentos puede llevar a los estudiantes a tener impresiones distintas y controversiales en sus observaciones y resultados (de Berg, 2011) por lo que debe hacerse énfasis en la elección de prácticas, cuidando su grado de dificultad y bajo la premisa de que los retos con los que se enfrenten los estudiantes, así como las preguntas y metodologías que se planteen para solucionarlos habrán de ser similares a las que fueron planteadas años atrás por los pioneros en investigación científica (Jaffe, 1955).

Finalmente, se tiene la expectativa que para un curso experimental de química general en donde se logren incluir didácticas con un enfoque histórico, los alumnos adquieran una motivación genuina hacia su investigación, favoreciendo la comprensión de aspectos teóricos y el desarrollo temprano de estrategias para la investigación experimental que les permita aprovechar mejor sus conocimientos adquiridos y que adopten a su vez, una imagen más positiva hacia las ciencias y particularmente hacia la Química.

### 2.3 LAS PRÁCTICAS PROPUESTAS PARA QUÍMICA EXPERIMENTAL HISTÓRICA

A continuación, se da una breve introducción a la periodización que describe a las cinco revoluciones químicas y la protoquímica, así como la organización de cada una de las prácticas recolectadas para dichos periodos y una breve argumentación del carácter emblemático por el cual fueron seleccionadas para realizarse en un laboratorio de química general (Ver metodología).

La organización de las prácticas en este sentido pretende dar un seguimiento al manual de prácticas titulado: *“Introducción experimental a la historia de la química”* (Chamizo, 2010), el cual cuenta con prácticas experimentales enfocadas al estudio de la historia de la química, aunque sin relación alguna a las cinco revoluciones químicas, razón por la cual se espera mantener únicamente el formato mediante el que se presenta la metodología, los materiales sugeridos y el uso de preguntas iniciales y finales para guiar a los alumnos durante el proceso investigación previa y análisis de resultados.

Es importante hacer la aclaración de que algunas de las prácticas que se encuentran descritas más adelante ya forman parte de los cursos experimentales en química general hoy en día, no obstante carecen del enfoque histórico y emblemático que pretende incluir y defender esta tesis, razón por la cual se consideran como novedosas para un enfoque histórico-experimental dentro del laboratorio de química general.

## Cuadro 2. La era Protoquímica.

<b>La era Protoquímica</b>	
<p>Se considera era protoquímica a la época histórica de la humanidad en donde no existía un lenguaje especializado y universal que lograra integrar los conocimientos y metodologías capaces de dar una explicación del porqué ocurrían ciertos cambios en la materia, cambios que permitían la elaboración de herramientas, sustancias medicinales, jabón, vidrio, entre otros.</p> <p>La alquimia, fue una de las primeras manifestaciones disciplinarias experimentales desarrolladas por el ser humano para tratar de comprender el mundo que lo rodea y fue la primera disciplina en contar con un espacio específico y delimitado para estudiar la naturaleza, es decir, los laboratorios, lugares de trabajo especializado donde la química moderna se desarrollaría años más tarde.<sup>7</sup></p>	
<b>Los metales en la antigüedad</b>	<p>El cobre ha sido el metal más utilizado por la humanidad. Su empleo en joyería, armamento y utensilios de uso doméstico, se ha encontrado como testimonio del comercio que antiguas civilizaciones habían establecido a lo largo del mundo. Por lo anterior, el cobre puede ser considerado como uno de los metales más emblemáticos de la historia de la humanidad, el cual continúa presentando, hasta hoy en día, una inmensa cantidad de aplicaciones y beneficios que lo hacen único ante cualquier otro material similar.</p>
<b>El vidrio, una pieza histórica</b>	<p>¿Dónde y desde cuando se produjo el primer material de vidrio? En realidad no se sabe con exactitud, pero se cree que se desarrolló por primera vez en Mesopotamia en la región de Mitanni<sup>8</sup> alrededor del año 3000 A.C. (Rasmussen, 2012) No obstante, el vidrio ha sido una pieza invaluable en la historia de la química y de las ciencias, pues aunque no todo el vidrio puede ser clasificado por igual debido a sus diferencias en composición química, es esta variable la que permite hacer extraordinarias piezas con él y de múltiples usos, que van desde un vaso común de cocina, hasta los espejos gigantes de los telescopios más modernos en astronomía.</p>

<sup>7</sup> Para mayor información relevante a la alquimia y los cambios que derivaron en la química moderna, se recomiendan las siguientes dos lecturas: (1) De la Selva, T. (2012). *De la alquimia a la química*, México, Fondo de cultura económica, (2) Bensaude-Vincent B., Stengers I. (1997). *Historia de la Química.*, España, Addison-Wesley/Universidad Autónoma de Madrid.

<sup>8</sup> Mitanni fue el nombre de un antiguo reino ubicado en el norte de la actual Siria, también conocido como Naharina. Se puede considerar que el reino Mitanni existió desde antes del 1500 a. C

### Cuadro 3. La Primera Revolución Química

#### La primera Revolución Química 1766-1808

La primera de las revoluciones químicas tuvo lugar con los experimentos y la meticulosa forma de emplear los instrumentos de un laboratorio (como la balanza) por parte de Antoine-Laurent Lavoisier. Lavoisier fue uno de los científicos pioneros en estudiar algunos de los fenómenos químicos relacionados con el aumento o pérdida en masa de las sustancias después de una reacción química, sin hacer uso de la teoría del flogisto, una teoría que comenzaba a presentar varias inconsistencias en los argumentos que la sostenían.

Sus observaciones y rigurosos estudios acerca de la naturaleza de las sustancias químicas le brindarían la evidencia necesaria para que más tarde fuera capaz de demostrar la existencia de nuevos elementos (oxígeno e hidrógeno) y postular la ley de la conservación de la materia, siendo este último uno de sus triunfos más galardonados por los historiadores de la ciencia y a partir del cual se atribuye el comienzo de la primera revolución química (Perrin, 1999)

<p><b>Los metales se pueden quemar</b></p>	<p>A partir de épocas muy tempranas, diversas sociedades humanas se dieron cuenta de que la mayoría de los metales, no el oro ni la plata, podían volverse ceniza si eran calentados fuertemente, reportando de igual forma un aumento en masa de la ceniza o calx resultante, el cual se justificaba por la acción de un “adhesivo” dentro de los hornos en los que se realizaba el calentamiento (Chamizo, 2010).</p> <p>En 1766, Lavoisier descubrió al trabajar con las calxs de varios metales, principalmente con el de mercurio que el “adhesivo” responsable en los aumentos en masa –observado por primera vez años atrás por Jean Rey en 1630– era en realidad un gas que reaccionaba con los metales durante el proceso de combustión, al cual bautizó como oxígeno, debido a sus propiedades en disolución acuosa para generar ácidos.</p>
<p><b>La electrólisis del agua</b></p>	<p>Inconforme con las explicaciones que habían proporcionado J. Priestley y H. Cavendish, dos científicos que se oponían a la teoría de la existencia del oxígeno propuesta por Lavoisier, pero quienes argumentaban a favor de las propiedades poco claras del flogisto para generar agua pura al mezclarlo con “aire inflamable” y al hacer pasar una corriente eléctrica, Lavoisier buscaría mostrar que tales observaciones eran incorrectas, y que si era posible generar agua en tales condiciones se debía indiscutiblemente a la presencia del oxígeno.</p> <p>Lavoisier lograría demostrar esto mediante el experimento que hoy en día conocemos como la electrólisis del agua y a partir del cual se aceptó por primera</p>

	vez en la historia de la humanidad que el agua era un “compuesto” formado por dos unidades más elementales: el oxígeno y el “aire inflamable”, bautizado más tarde por Lavoisier como hidrogeno que significa “generador de agua” (Perrin, 1999).
--	---

#### Cuadro 4. La Segunda Revolución Química.

<b>La Segunda Revolución Química 1831-1860</b>	
<p>Fue durante la segunda revolución química que la ciencia presentó un auge sin precedentes en relación a la producción y síntesis de nuevas sustancias y materiales que facilitarían e implementarían los estilos de vida, la economía y costumbres de la época hasta nuestros días. Antes de este periodo crucial en la historia de la química nunca había estado tan claro el papel que tenían los químicos en el desarrollo económico de las sociedades europeas y el mundo, situación que describe Knigth de la siguiente manera:</p> <p style="padding-left: 40px;">“Probablemente durante el siglo XIX la química fue la ciencia más enseñada (...) la química era útil para cualquiera ya fuera que se interesara en ciencia pura o aplicada; las industrias requerían cada día más y más personas con conocimientos en química.” (Chamizo, 2011)</p> <p>La enseñanza experimental de la química se volvió obligatoria para los estudiantes en ciencias. La química orgánica extendió su campo de estudio con el uso de nuevos instrumentos como el Kaliapparat y conceptos como el de isomería, resultado de las investigaciones de Louis Pasteur (Freemantle, 2003).</p>	
<b>Separación de enantiómeros del ácido tartárico</b>	<p>El experimento más hermoso en la historia de la Química, de acuerdo con Freemantle, (2003) en la revista Chemical &amp; Engineering News, es aquel que realizara Louis Pasteur al lograr separar manualmente los cristales enantioméricos del tartrato amónico de sodio en dos porciones e identificar visualmente que se trataban de imágenes espejo una de la otra. Sus observaciones constituyeron las bases de la estereoquímica influyendo en disciplinas como la cristalografía, biología, bioquímica y, sobre todo, la química orgánica. “El experimento fue, en efecto, el inicio de la estereoquímica y la comprensión de las moléculas en tres dimensiones” (Freemantle, 2003).</p>

<p><b>El Kaliapparat</b></p>	<p>El Kaliapparat de Leibig fue el primer instrumento de análisis elemental que, debido a su empleo relativamente sencillo y sus resultados suficientemente acertados para la composición molecular de sustancias orgánicas simples, fue utilizado en la gran mayoría de los laboratorios de investigación química de la época (Holmes, 1989). Fue un instrumento que amplió los estudios e investigaciones en química orgánica, y que logró incluir de manera permanente el análisis elemental como parte esencial en toda investigación científica.</p>
<p><b>El nacimiento de la espectroscopia.</b></p>	<p>Con la intención de fabricar un mechero que pudiera emitir una flama lo más incolora posible y que pudiera ser usada para establecer los primeros estándares fotométricos (Jensen, 2005), en 1857, Robert Bunsen fabricó un mechero de tales características, logrando así una flama casi incolora donde se pudieran realizar pruebas y análisis fotométricos con mucha mayor precisión (Oesper, 1927).</p> <p>Robert Bunsen y Gustav Kirchhoff, haciendo uso del mechero y un espectrofotómetro que ellos mismos fabricaron, dedujeron que los espectros lumínicos característicos de algunas sales minerales al someterlas a la llama del mechero, eran en realidad las “huellas digitales” de los elementos químicos que los componían. Este descubrimiento inauguró una nueva era en el descubrimiento de elementos siendo el Cesio y el Rubidio los primeros en identificarse mediante esta técnica (Chemical Heritage Foundations, 2005).</p>
<p><b>La industria de los colorantes</b></p>	<p>En el año de 1856, William Perkin, un joven científico inglés de tan sólo 18 años y pupilo de August Wilhelm von Hofmann, se dedicaría a buscar una ruta por la cual sintetizar quinina (Festa, 1981). No obstante, al utilizar anilina en uno de sus intentos de síntesis observó la formación de un polvo color malva. Perkin, quien tenía una gran fascinación por el arte y las pinturas, pensó en utilizar el polvo color malva recién sintetizado para teñir una pieza de seda, descubriendo así que el color no desaparecería aun lavándola y dejándola días bajo el sol. (Festa, 1981).</p>



	No paso mucho tiempo para que Perkin se diera cuenta de que había logrado sintetizar un pigmento, el cual patentaría y sería conocido como el primer pigmento sintético.
--	--

### Cuadro 5. La Tercera Revolución Química.

<b>La Tercera Revolución Química 1897-1923</b>	
	<p>A diferencia de la primera y la segunda revolución, que fueron casi en su totalidad íntimas al desarrollo de la química, la tercera revolución es un periodo compartido con la física (Jensen, 1998), que bien podría caracterizarse por las teorías atómicas basadas en el descubrimiento del electrón, el estudio del electromagnetismo y la electroquímica.</p> <p>En esta etapa del desarrollo científico, la química se vio fuertemente influenciada por técnicas, instrumentos y teorías que principalmente los físicos venían desarrollando. El pensamiento científico se encontraba enfocado en los resultados que las nuevas técnicas espectroscópicas y electromagnéticas podían ofrecer y donde poco se esperaba de las actividades que realizaban los químicos en los laboratorios y las industrias (Chamizo, 2011).</p> <p>A pesar de la poca fe de los científicos con respecto al quehacer químico, nuevos productos se lograron sintetizar, revolucionando de nueva cuenta la estructura social de prácticamente todas las civilizaciones de la época. Tal fue el caso de la aspirina y la baquelita, productos que a su vez ampliaron los campos de investigación en química orgánica e inorgánica; teorías estructurales como la de valencia y la estructura atómica y molecular de Gilbert Newton Lewis, así como el desarrollo de una correlación entre la tabla periódica y los electrones de valencia propuesta por Richard Abegg (Jensen, 1998) dotaron de una mayor rigurosidad el estudio de la química, mostrándola como una ciencia fuerte e independiente.</p>
<b>La síntesis de aspirina</b>	<p>A pesar de que el ácido acetilsalicílico fue sintetizado por primera vez en 1853 por Charles Frédéric Gerhardt y Karl J. Kraut de manera muy impura, ambos científicos nunca dieron razón de sus propiedades medicinales (Mehta, 2005).</p> <p>Fue hasta 1897 que Felix Hoffmann, quien trabajaba para los laboratorios Bayer y bajo la influencia de su colega Arthur Eichengriin, encontrara la forma de acetilar el ácido salicílico y obtener ácido acetilsalicílico de gran pureza, mecanismo que fue patentado por Bayer el mismo año. En 1899, y después de haber realizado pruebas farmacéuticas, Bayer nombró y patentó como medicamento a la Aspirina (Aspirin), donde la A se refiere al grupo “acetyl”,</p>

	<p>“spirin” es el derivado de una planta llamada <i>Spiraea</i> y “in” era un sufijo común para designar a las drogas de la época (Connelly, 2014.)</p> <p>A partir de 1900, la aspirina se convertiría en el analgésico más vendido a escala mundial, rompió un récord Guinness en 1950 y a la fecha continua siendo uno de los medicamentos más importantes en investigaciones médicas.</p>
<p><b>La baquelita, el primer plástico sintético</b></p>	<p><i>“La Historia es moldeada por los materiales que desarrollamos y utilizamos. Hace 15,000 años atrás, el ser humano aprendió cómo convertir óxido de hierro en hierro metálico y la edad de piedra se convirtió en la edad de hierro. Cientos de años después, se mezcló cobre, estaño y hierro y la edad de hierro se convirtió en la edad de bronce. Pero estos cambios no han sido tan radicales como el que estamos experimentando ahora, en los primeros cien años de la edad de los polímeros. Hoy en día hacemos mucho más que mezclar y modificar los materiales existentes para mejorarlos, hoy creamos enteramente nuevos materiales manipulando su estructura química y la baquelita en 1907 inició esta nueva era.”</i> (American Chemical Society, 1993 Bakelite: The World’s First Synthetic Plastic, p. 1).</p> <p>La baquelita desarrollada por Leo Baekeland es un plástico duro, resistente, aislante y termoestable que al darle forma comercial mantiene sus características físicas y forma, aún si es calentada, tratada con disolventes o expuesta a altas corrientes eléctricas. Estas propiedades únicas de la baquelita la hicieron ser el material más utilizado para la construcción de radios y diversos aparatos electrónicos, partes de autos, enchufes eléctricos, y prácticamente cualquier objeto de uso cotidiano como: teléfonos, televisores, lavadoras, contenedores, etc. (American Chemical Society, 1993).</p>
<p><b>El movimiento Browniano</b></p>	<p>En 1827, el botánico Robert Brown, al estudiar la naturaleza reproductiva de las flores, observó que el polen de la especie “<i>Clarkia pulchella</i>” presentaba un comportamiento inusual cuando se encontraba en agua (Layton, 1965). Sus observaciones lo llevaron a pensar que los movimientos irregulares se debían a que el polen continuaba siendo parte de un organismo vivo y, por lo tanto, debía existir alguna fuerza vital que impulsara su recorrido por el líquido. Sin embargo, no logró dar una explicación fehaciente de sus resultados cuando observó el mismo comportamiento en sales inorgánicas, por lo que fue necesario esperar</p>

	<p>hasta que en 1907, Albert Einstein propusiera que el movimiento observado por Brown era el resultado del movimiento cinético de las moléculas en el líquido y el cuál variaba con el calor (Kerker, 1974), inspirando a Jean B. Perrin para que en 1908 demostrara, por métodos físico matemáticos, que los átomos y moléculas existían, Investigación que le valió el premio Nobel en física:</p> <p>“Your Majesty, Your Royal Highnesses, Ladies and Gentlemen.</p> <p>The object of the researches of Professor Perrin which have gained for him the Nobel Prize in Physics for 1926 was to put a definite end to the long struggle regarding the real existence of molecules (...). His measurements on the Brownian movement showed that Einstein's theory was in perfect agreement with reality” (Oseen, 1962).</p>
--	--

### Cuadro 6. La Cuarta Revolución Química.

#### La Cuarta Revolución Química 1945-1965

En los últimos años, historiadores de la química como William Jensen, Davis Baird, Pierre Lazlo, y Bernadette Bensaude-Vincent han reconocido una cuarta revolución química que bien podría denominarse como instrumental (Chamizo, 2014b).

Los nuevos equipos con los que se empezaron a abastecer todos los laboratorios de investigación en química: espectrómetros de luz ultravioleta-visible, infrarrojo y posteriormente los de resonancia magnética nuclear presentaron una innovación total en la forma de estudiar y trabajar en química.

La química continuaba siendo una ciencia joven en comparación con la física, pero crecía a pasos acelerados. Con el uso de estos nuevos instrumentos fue posible sintetizar, estudiar y clasificar compuestos que por su complejidad estructural no se imaginaban posibles unos cuantos años atrás. La química se volvía cada vez más específica para cada una de sus áreas de estudio, de las cuáles la bioquímica, la química orgánica sintética macromolecular, computacional e instrumental, serían protagonistas en las más notables investigaciones científicas.

<p><b>Cromatografía de partición</b></p>	<p>No fue únicamente el desarrollo de la instrumentación de alta tecnología lo que promovió un desarrollo científico durante la cuarta revolución química. La innovación en metodologías e instrumentos de uso común para el trabajo experimental presentó un avance muy significativo en relación al desarrollo íntimo de la química. Tal es el caso que presenta Archer John Porter Martin y</p>
--	--

	<p>Richard Laurence Millington Synge, ambos galardonados con el premio Nobel de química en 1952 por su brillante trabajo en el desarrollo de la cromatografía de partición, una herramienta que permitiría resolver algunos de los problemas en química, biología y medicina, considerados extremadamente complejos (Tiselius, 1952).</p> <p>El análisis cromatográfico ha sido uno de los métodos más valiosos de separación para la química, desde 1906, cuando Michael Tsvett observara por primera vez algunos de los pigmentos presentes en hojas verdes como la espinaca mediante una cromatografía en papel, hasta la posibilidad de separarlos cuantitativamente de prácticamente cualquier mezcla, por compleja que parezca, mediante una cromatografía de partición (Lyman, 1950).</p>
<p><b>Síntesis de un Porphirinógeno</b></p>	<p>Con la disponibilidad de nuevos instrumentos y técnicas analíticas para la caracterización y elucidación de nuevas sustancias químicas, los laboratorios de investigación fueron espacios de investigación trascendental para el desarrollo de distintas áreas en química, pero particularmente emblemáticas en química orgánica.</p> <p>Robert Burns Woodward fue uno de los primeros químicos orgánicos que logró sintetizar por completo las moléculas de quinina, colesterol, la vitamina B12, y la clorofila.</p> <p>La clorofila, una macromolécula perteneciente al grupo de las porfirinas y que dio pie a la realización de estudios más detallados para comprender el proceso de la fotosíntesis (Fredga, 1965), posee una estructura comparable con el porfirinógeno de nombre meso-octametilporfirinógeno, una macromolécula heterocíclica que al sintetizarla permite evidenciar algunos de los procedimientos y teorías con las que se trabaja en química orgánica sintética.</p>

### Cuadro 7. La Quinta Revolución Química.

<b>La Quinta Revolución Química 1973-1993</b>	
<p>La quinta revolución química coincide con el reconocimiento de la química organometálica, la nano-química, química ambiental y la química supramolecular (Chamizo, 2011), disciplinas que se integran por más de un área de estudio especializado en química, cerrando las fronteras, antes muy marcadas entre la orgánica, la inorgánica, la electroquímica, la biología y la cuántica.</p> <p>Esta última etapa de la periodización del desarrollo de la química que se ha identificado, se caracteriza por el alto nivel de especialización que se requiere en técnicas experimentales, empleo de instrumentos, manejo de sustancias, uso del lenguaje y conocimientos para contribuir en cualquiera de estas nuevas áreas multidisciplinarias de la química.</p> <p>La quinta revolución representa el punto de partida más grande en innovaciones tecnológicas que la humanidad haya presenciado, a partir de esta fecha la humanidad trascendería a una era digitalizada que cambiaría prácticamente todos los aspectos socioculturales a nivel mundial y en donde una emergente conciencia ambiental y energética, sería el nuevo enfoque para el desarrollo científico.</p>	
<b>Química organometálica moderna. Síntesis de Ferroceno</b>	<p>Kealy y Pauson, dos investigadores buscando sintetizar fulvaleno obtuvieron por casualidad un compuesto de color anaranjado que presentaba una elevada estabilidad térmica, una moderada reactividad frente al oxígeno, y una remarcable estabilidad frente a ácidos y bases creyeron era un simple dialquilo de fórmula <math>FeC_{10}H_{10}</math> (Rausch, 1957).</p> <p>Sin embargo, su publicación causó intriga en los grupos de investigación encabezados por Ernst Otto Fischer, Geoffrey Wilkinson y el premio Nobel, Robert Burns Woodward. Este último propondría una estructura molecular a la que bautizarían con el nombre de Ferroceno al mostrar su semejanza en aromaticidad con el benceno, mientras que Wilkinson aplicando la espectroscopia de IR, dedujo sus enlaces estructurales tipo “sándwich” con el hierro en el centro de la molécula (Guzmán, 2009), siendo galardonado por su hallazgo con el premio Nobel, dando inicio a la química organometálica moderna.</p>
<b>Química sustentable</b>	<p>La reacción de Wittig, propuesta por George Wittig en 1979, fue un logro en química orgánica galardonado con el premio Nobel.</p>

	<p>La reacción de Wittig describe una ruta sintética que permite formar alquenos a partir de aldehídos o cetonas y utilizando trifenil iluro de fósforo. La importancia que obtuvo esta reacción en química orgánica fue verdaderamente revolucionaria, pues pocas reacciones para formar enlaces dobles carbono-carbono eran conocidas y la mayoría restringidas en términos químicos. Esta reacción simplificó enormemente los procesos de síntesis de cientos de compuestos a nivel industrial, como lo fue, particularmente, la vitamina A (Lindberg, 1979).</p> <p>Debido a la importancia de la reacción de Wittig y al hecho de que se encuentra descrita bajo condiciones poco amigables con el medio ambiente, varias propuestas han surgido en los últimos años para llevar a cabo ésta reacción a manera que sea más segura, sencilla y apta para laboratorios de enseñanza básica. Una de las propuestas más reconocidas es la que describe Morsch A. (2014), donde a partir de aldehídos de origen natural, un medio acuoso y medios de reacción de baja energía, logran generar un alqueno como describe la reacción de Wittig original (Warner, 1985).</p>
--	---

### 3. SOBRE LA EVALUACIÓN DEL TRABAJO EXPERIMENTAL

---

Las evaluaciones, parte fundamental de todo proceso de enseñanza y aprendizaje, deben ser capaces, independientemente del área de estudio, de proporcionar información certera acerca de cómo los estudiantes asimilan la información para convertirla en conocimiento propio, exponiendo las dificultades para lograrlo.

Una evaluación debe ser considerada como un instrumento de aprendizaje más que como una herramienta para asignar calificaciones, de tal forma que pueda ser concebida por los alumnos como una ayuda real a su desempeño y generadora de expectativas positivas (Chamizo y Nieto, 2013).

La **evaluación formativa**, tiene lugar durante todo el proceso de aprendizaje y su objetivo principal es apoyar este proceso mediante intervenciones didácticas que permitan al docente diagnosticar las habilidades de sus estudiantes. Este tipo de evaluación tiene la ventaja de que las estrategias de enseñanza pueden ser modificadas en cualquier momento con la intención de ayudar y superar las dificultades de aprendizaje de los estudiantes; “el objetivo es ofrecer una guía durante el aprendizaje, más que un remedio a *posteriori*” (Chamizo y Nieto, 2013).

La **evaluación formadora** se distingue de la formativa en el sentido de que “el mismo estudiante es quien debe responsabilizarse de su circuito de aprendizaje y la gestión de sus errores y éxitos” (Sacallón, 1982, en Chamizo y Nieto, 2013). Para ello el estudiante debe desarrollar técnicas de autoevaluación y autorregulación que le permitan construir un sistema de aprendizaje autónomo que pueda mejorar progresivamente. (Chamizo y Nieto, 2013)

La **evaluación sumativa** considera toda la información alcanzada por los alumnos durante el curso, típicamente todos los trabajos realizados por los alumnos y el resultado se da al final de éste. (Chamizo y Nieto, 2013)

Con base en lo anterior, ¿qué tipo de evaluación es la más adecuada para evaluar un curso experimental? Las tres, pues en función de asegurar un trabajo práctico y útil para los estudiantes, y que cumpla con las expectativas y demandas que manifiestan tanto alumnos como profesores a la hora de evaluar los cursos experimentales, esta debe ser: sumativa, formativa y formadora. (Hodson, en Chamizo y Nieto, 2013)

Asimismo, Tamir (Chamizo y Nieto, 2013) considera la importancia sobre una evaluación que integre éstas tres metodologías, pues considera que el trabajo que se realiza en laboratorio es el más adecuado para desarrollar habilidades de investigación y comunicación, a lo que Chamizo e Izquierdo (2007) llaman competencias de pensamiento científico, donde se puedan evaluar criterios como: la planificación de una estrategia de trabajo, la capacidad de analizar y sintetizar información y la interpretación y predicción de resultados.

Aunado a esto, Gil y Martínez Torregrosa (Chamizo y Nieto, 2013) mencionan que lo más deseable sobre una evaluación radica en su capacidad para convertirse en un instrumento de aprendizaje, proponiendo que las evaluaciones enfocadas a cursos experimentales cumplan con las siguientes características:

1. Los estudiantes deben percibirla como ayuda real, generando expectativas positivas.
2. Debe contemplar los aspectos conceptuales, procedimentales y actitudinales del aprendizaje de las ciencias. En este sentido, es importante tomar en cuenta que sólo aquello que es evaluado es percibido por los estudiantes como importante.
3. La evaluación será continua a lo largo de todo el proceso de enseñanza-aprendizaje.
4. Es importante que los estudiantes tengan la oportunidad de reconocer y valorar sus avances, de rectificar sus ideas y aceptar sus errores.

Algunos de los instrumentos más comunes para realizar evaluaciones experimentales se describen en la siguiente tabla:



**Tabla 2.** Instrumentos de evaluación en ciencias experimentales en (Chamizo y Nieto, 2013).

Instrumento	Descripción
<b>Mapas conceptuales</b>	Los MC son herramientas que facilitan la meta cognición representando interrelaciones jerárquicas entre conceptos. Esta jerarquización se basa en relacionar cada uno de los conceptos mediante conectores, los cuales son pequeñas frases que ayudan a formar oraciones. <sup>9</sup>
<b>UVE Heurística</b>	La UVE heurística es una herramienta enfocada a desglosar un problema específicamente relacionado con el trabajo en laboratorio, los conceptos relacionados, los procedimientos de investigación, las respuestas y los posibles juicios de valor que deriven de la resolución del problema.
<b>Escritura Heurística</b>	La escritura heurística es una metodología similar a la de una plantilla de informe de laboratorio, donde los alumnos deben ser capaces de formular preguntas para cada sección del informe (medidas de seguridad, datos, análisis y reflexión), motivándolos a discutir, debatir y negociar sus respuestas con sus pares. <sup>10</sup>
<b>Portafolio</b>	Un portafolio es una colección de los trabajos realizados por los estudiantes durante todo el periodo escolar. Un portafolio debe incluir las evidencias del trabajo realizado como: bitácoras, cuadernos, comentarios, reflexiones personales, monografías, exámenes, ensayos, etc.
<b>Formulario KPSI (Knowledge and Prior</b>	El formulario KPSI es una herramienta de autoevaluación que permite obtener información sobre el grado de conocimientos que manejan los alumnos con respecto a los estudios que están

<sup>9</sup> Los mapas conceptuales (MC) fueron desarrollados por Novak y Gowin en 1984, con el objetivo de “representar relaciones significativas entre conceptos en forma de proposiciones” (Chamizo y Nieto, 2013, p. 24).

<sup>10</sup> La escritura heurística es un método para aprender ciencias. Esto requiere de una serie de etapas que guían las actividades o los experimentos que realizan los estudiantes (Greenbowe y Hand (2005) en (Chamizo y Nieto, 2013 p. 29.)).

<b>Study Inventory)</b>	por iniciar, permitiendo que se den cuenta de que tan elaborados son sus conceptos previos. <sup>11</sup>
<b>Rúbricas</b>	Las rúbricas son registros del aprendizaje de los alumnos, donde se indica mediante puntuaciones el grado de desempeño de los alumnos en cierta actividad, permitiendo a los docentes retroalimentar a los alumnos y estos últimos autoevaluarse con base en criterios comprensibles. <sup>12</sup>

### 3.1 LOS DIAGRAMAS HEURÍSTICOS

Los Diagramas Heurísticos (DH) son una propuesta de evaluación que busca cumplir y adecuar de forma sencilla y accesible todos los criterios de evaluación – mencionados anteriormente al inicio del capítulo 3– y que pueden ser aplicados en cursos experimentales de ciencias y cursos teóricos (no forzosamente científicos). Esta herramienta de evaluación fue realizada por Chamizo e Izquierdo (2007). Ellos la describen como una variación a la propuesta original realizada por Gowin en 1970<sup>13</sup> y que deriva de las ideas acerca de la definición de problema de Toulmin en 1972<sup>14</sup> de que la ciencia avanza a través de la resolución de problemas. Los DH pretenden ser un instrumento capaz de evaluar las competencias<sup>15</sup> científicas desarrolladas por los alumnos mediante la resolución de problemas.

Conviene aclarar de una vez lo que varios autores han esbozado como definición de lo que es un problema, ya que más adelante será necesario para comprender uno de los aspectos más relevantes del DH. Algo en común que tienen estas definiciones es

<sup>11</sup> Un ejemplo de formulario KPSI puede encontrarse en Chamizo y Nieto, 2013, anexo 5.1

<sup>12</sup> Un ejemplo de rubricas puede encontrarse en Chamizo y Nieto, 2013, anexo 5.1

<sup>13</sup> La UVE heurística fue un instrumento desarrollado por Gowin en 1970 y descrito por Novak y Gowin en 1984. La UVE heurística fue desarrollada con la finalidad de facilitar la comprensión de un procedimiento específicamente relacionado con el trabajo en laboratorio en ciencias (Chamizo y Nieto, 2013 p. 25).

<sup>14</sup> Para Toulmin los conceptos científicos desarrollados a lo largo de la historia integran una complejidad tal, que es necesario distinguir en ellos tres características que permitirán utilizarlos, en el espacio educativo, de mejor manera: el lenguaje, las técnicas de representación y los procedimientos de aplicación de la ciencia (Chamizo e Izquierdo, 2007).

<sup>15</sup> Se puede decir que una competencia apela a saber, a saber hacer, a ser, a vivir con otros en situaciones de la vida en las cuales se ha de decidir cómo actuar. Por lo que si las competencias tienen que ver con la ciencia, estas no pueden ser aprendidas en los libros (Chamizo e Izquierdo, 2007).

que todas ellas cuentan con los siguientes aspectos: la novedad de la situación y el interés por resolverlo (Chamizo e Izquierdo, 2007). Por tanto, de manera general, se han establecido algunas condiciones básicas que deben cumplirse para que exista un problema, a saber: debe existir una pregunta, una motivación por resolverla y una estrategia de solución que no resulte evidente.

Las preguntas que se planteen en orden de buscar resolver un problema, deben ser abiertas, propuestas por los mismos alumnos y estar formuladas con la intención de que puedan ser resueltas mediante una indagación (heurística). Posteriormente, estas preguntas involucradas durante el proceso que implica completar el DH, es decir, durante la asimilación de conceptos, familiarización del lenguaje técnico y científico, al proponer una metodología alterna (de ser el caso), y durante la recolección y análisis de datos pretenden que los estudiantes vayan adquiriendo experiencia en desarrollar habilidades y destrezas básicas de trabajo experimental que les permitan ser partícipes en el proceso de adquisición de nuevos conocimientos mediante un cambio conceptual enfocado a la reflexión del trabajo que han realizado, siendo esta última una característica fundamental de la escritura heurística, como mencionan Chamizo y Nieto (2013) a continuación:

*“Una parte importante que se destaca es la reflexión que se realiza, en donde los estudiantes piensan en cómo han cambiado sus propias ideas durante la actividad experimental.”*

El diagrama heurístico es una herramienta que ya ha reportado valiosos resultados al ser empleado en diversos ámbitos de enseñanza y se ha destacado por su eficacia particularmente en la enseñanza experimental de las ciencias al fungir como un instrumento de evaluación que fomenta un proceso de indagación científica temprana y que rara vez es observada haciendo uso de otros métodos de evaluación (Colsa y Chamizo, 2009; Chamizo, 2011; Chamizo y García-Franco, 2013).

El diagrama heurístico parte del hecho de que una misma observación o experimento puede ser interpretado de manera diferente por los alumnos y es por esta razón que la pregunta y el procedimiento empleado para responderla, así como las conclusiones

pueden distar mucho de lo que podría esperar el profesor, sin que esto implique que los resultados y observaciones sean incorrectas.

El Diagrama Heurístico (**cuadro 8**) es la propuesta realizada por Pérez y Chamizo (2013), la plantilla muestra las instrucciones básicas que se requieren para la resolución de cada uno de los aspectos involucrados dentro del DH: hechos, pregunta, conceptos, metodología, respuesta y referencias. Se Incluye, además, una sección de instrucciones de autoevaluación que profundizan un poco más en la descripción para cada rubro en la **Tabla 3**.

**Cuadro 8.** Plantilla del Diagrama Heurístico con instrucciones generales para su resolución propuesto por Pérez y Chamizo (2013).

Diagrama heurístico sobre: (Tema de la investigación)		pts.
<b>HECHOS</b> Información obtenida y/o observaciones realizadas respecto a algo que sucede en el mundo que nos lleva a formular una pregunta. Preferentemente deben identificarse varios de ellos.		
<b>PREGUNTA:</b> Enunciado de una pregunta centrada en los hechos, clara y contextualizada. Hay que asegurarse que sea una sola y única pregunta.		
<b>CONCEPTOS</b>	<b>METODOLOGÍA</b>	
<b>Aplicaciones:</b> Usos que tiene el tema que se investiga.	<b>Procedimiento para la obtención de datos</b> Lo que hacemos para obtener la información pertinente para poder contestar la pregunta. Hay que precisar y detallar.	
<b>Lenguaje</b> Términos que se requieren para responder la pregunta.	<b>Procesamiento de los datos para obtener un resultado</b> Manejo de datos y resultados en tablas, gráficas, diagramas etc. que resumen los datos obtenidos.	
<b>Modelo</b> Modelo que se usa para dar la respuesta a la pregunta. Puede ser científico, económico, social, etc. Por ejemplo modelo atómico de Lewis, modelo de acidez de Arrhenius, modelo de mercado, modelo de aprendizaje constructivista, etc.	<b>Análisis y/o conclusión derivado de los datos</b> Se refiere únicamente a lo obtenido a partir de los datos procesados.	
<b>RESPUESTA o RESULTADO:</b> Una vez elegida una respuesta o un resultado se refiere a la explicación que responde a la pregunta reuniendo los conceptos con la metodología (o a las razones por las cuales el experimento falló, o no se puede contestar la pregunta.		
<b>REFERENCIAS</b> Libros, artículos de revistas, páginas web, etc., consultados y utilizados en cada parte de la investigación. Las tres referencias deben ser de fuentes distintas. De los hechos; De los conceptos; De la metodología.		
Autoevaluación (total de puntos entre los posibles). Se tienen que sumar todos los puntos obtenidos.		
Integrantes: Escribir el nombre de los integrantes del equipo que respondieron el diagrama.		

**Tabla 3.** Parámetros para la autoevaluación del DH propuesto por Pérez y Chamizo (2013).

<b>Puntos</b>	<b>Características</b>
	<b>Hechos</b>
0	No hay hechos
1	Se identifican hechos
2	Se identifican hechos y algunos conceptos
3	Se identifican hechos, algunos conceptos y algunos aspectos metodológicos
	<b>Pregunta</b>
0	No hay pregunta
1	Hay una pregunta basada en los hechos.
2	Hay una pregunta basada en los hechos y que incluye conceptos
3	Hay una pregunta basada en los hechos, incluye conceptos y sugiere aspectos metodológicos.
	<b>Conceptos</b>
0	No hay conceptos
1	Se identifican aplicaciones
2	Se identifican aplicaciones y lenguaje
4	Se identifican aplicaciones, el lenguaje y el modelo o modelos.
	<b>Metodología</b>
0	No hay metodología
1	Hay recolección de datos
2	Los datos son procesados a través de graficas o tablas.
4	Con los dos procesados se obtiene un resultado.
	<b>Respuesta o resultado</b>
0	No hay respuesta
1	La respuesta es muy semejante al resultado de la parte metodológica.
2	La respuesta incorpora además del resultado de la parte metodológica, los hechos
3	La respuesta incorpora además del resultado de la parte metodológica, los hechos y los conceptos.
	<b>Referencias</b>
0	No hay referencias
1	Hay referencias de los hechos
2	Hay referencias de los hechos y conceptos
3	Hay referencias de los hechos, conceptos y metodología.

#### 4. METODOLOGÍA

---

La metodología que describe el trabajo realizado durante este proyecto de tesis se puede dividir en dos partes. La primera parte hace mención al mejoramiento en relación a la estructura e instrucciones de los diagramas heurísticos como herramientas de evaluación en cursos experimentales, así como a la recopilación y adaptación de una serie de experimentos enfocados al estudio de la historia de la química con base en las cinco revoluciones químicas y la protoquímica.

Por otro lado, la segunda parte de la metodología corresponde a la intervención didáctica realizada con alumnos de la Facultad de Química de la UNAM, quienes reprodujeron las prácticas recolectadas referentes al estudio la historia de la química en su periodización de las cinco revoluciones químicas en orden de corroborar su reproducibilidad en un laboratorio de química general y cuyos resultados fueron evaluados mediante los diagramas heurísticos previamente mejorados.

##### 4.1 PRIMERA PARTE DE LA METODOLOGÍA

Como ya se ha mencionado, se comenzó por dar un seguimiento al trabajo que inició en 2006, cuando surgió la primera propuesta para introducir en la educación media y superior en química general un curso de carácter histórico-experimental dentro de la UNAM (Chamizo, 2010).

Entre 2009 y 2010 se consolidó un primer manual de prácticas bajo el modelo histórico experimental que serviría como referencia para algunas de las prácticas que se han seleccionado dentro de esta tesis y el cual se titula *“Introducción experimental a la historia de la química”* (Chamizo, 2010).

Este manual de prácticas experimentales enfocadas a la educación histórica de la química, aunque no se encuentra organizado bajo la periodización de las cinco revoluciones químicas, ha fungido como un punto de partida para el desarrollo de esta primera parte metodológica, pues basado en su estructura y la presentación de las metodologías experimentales se logró consolidar una serie de quince prácticas enfocadas a las cinco revoluciones químicas donde se incluye una nueva presentación de los diagramas heurísticos para abordar dichos experimentos.

Por esto en 2015, se recopilaron y adaptaron algunas prácticas experimentales que cumplieran con el requisito de ser emblemáticas para el desarrollo de las cinco revoluciones de la química. Con el objetivo de ayudar en cuestiones de educación y aprendizaje de la química general y a su vez, mejorar la imagen acerca de algunos conceptos negativos existentes en torno al estudio de la química en Bachillerato y Licenciatura en Química.

De tal modo, la recopilación de prácticas se realizó tomando en cuenta algunas de las características descritas por Derek Hodson (1994) que se mencionan en la página 17 de esta tesis. De este modo la búsqueda se encaminó en publicaciones científicas e históricas que preferentemente presentaran referencias experimentales, por lo que se prefirió realizar la mayor parte de la indagación en el banco de datos de: *The American Chemical Society Publications*, donde se eligieron prioritariamente las publicaciones registradas en *The Journal of Chemical Education*, *The Chemical and Engineering News Archives* y en revistas ajenas a este banco de datos como *Educación Química*. Se buscó contar al menos con dos prácticas experimentales por etapa histórica, es decir, al menos dos prácticas por cada revolución química y protoquímica, esperando de este modo un mínimo de doce prácticas que logran integrar un primer compendio de experimentos para Química Experimental Histórica. No obstante, debido a la gran diversidad e importancia de algunos procedimientos experimentales que describen el desarrollo de la química, principalmente durante la segunda y tercera revolución química, se lograron adaptar un total de quince propuestas experimentales para realizar dentro del laboratorio de química general<sup>16</sup>.

Vale la pena hacer mención de que para ciertos procedimientos experimentales descritos en la sección de resultados, como la práctica del Kaliapparat y la observación del movimiento Browniano, los procedimientos experimentales fueron diseñados a partir únicamente de la información referida en los textos de consulta histórica (Layton, 1965; McBride, 2009; Sella, 2009; Chamizo, 2014), pues no se encontraron referencias de carácter experimental que dieran razón de materiales o sustancias que

---

<sup>16</sup> Todas las prácticas que se recopilaron y su metodología experimental pueden consultarse en el anexo.



permitieran un esclarecimiento acerca de cómo y qué precauciones tomar al incluirlas en un laboratorio de química general.

Dicho esto, las propuestas que se encuentran en el anexo de esta tesis describen un primer esbozo para abordar dichas prácticas utilizando únicamente el material disponible en los laboratorios de química general de la Facultad de Química de la UNAM.

Por otra parte, durante esta primera etapa de la metodología se realizaron ciertas mejoras a los diagramas heurísticos propuestos por Pérez y Chamizo (2013). Estas mejoras se realizaron conforme a las principales dificultades con las que se enfrentó un grupo de cincuenta alumnos de la Facultad de Química de la UNAM – pertenecientes al curso de Química Orgánica I (QOI) – al emplear los Diagramas Heurísticos (DH) y a quienes se les pidió utilizar esta herramienta durante al menos dos sesiones de laboratorio de química orgánica I.

Para la primera sesión en la que los alumnos utilizarían por primera vez los DH propuestos por Pérez y Chamizo (2013), se les otorgó únicamente las plantillas con las instrucciones, sin dar una explicación más profunda acerca de cómo utilizarlos, esto con el objetivo de evaluar la autosuficiencia de las instrucciones de los DH y el procedimiento mediante el cual los alumnos realizan la síntesis de información teórica y experimental para completar los DH.<sup>17</sup>

Una vez que se obtuvieron y analizaron los resultados de la primera sesión en donde los alumnos de QOI hicieron uso de los DH, se realizó una propuesta para mejorarlos en relación a las principales dificultades identificadas al completarlos. Tiempo después y con las mejoras ya realizadas a los DH se volvió a evaluar la autosuficiencia de sus instrucciones con el mismo grupo de alumnos de QOI.

Esta nueva plantilla que divide al DH en cinco rubros principales mediante un código de colores, esperando así facilitar el proceso de identificar y relacionar las secciones que constituyen al DH y que antes no se mostraban individualmente: hechos y pregunta, conceptos, metodología, respuesta o resultado y referencias. De igual forma y en medida de auxiliar a comprender lo que se esperaba para cada rubro, se les

---

<sup>17</sup> Algunos ejemplos de los DH realizados por los alumnos de QOI pueden consultar en el anexo.

entregaron tablas de contenidos con ejemplos sobre la finalidad de cada uno, la importancia de los colores y el orden en que se deberían abordar (preferentemente) para ayudar a su síntesis de información tanto teórica como experimental.

#### 4.2 SEGUNDA PARTE DE LA METODOLOGÍA

Consistió en llevar a cabo una intervención didáctica de dos horas dentro de un laboratorio de química general en las instalaciones de la Facultad de Química de la UNAM con alumnos pertenecientes al curso de Historia y Filosofía de la Química (HFQ).

El objetivo de la intervención didáctica fue corroborar la practicidad, sencillez y reproducibilidad de las quince prácticas recopiladas, evaluar el desempeño de los alumnos utilizando los DH previamente mejorados<sup>18</sup> y por último, realizar las modificaciones pertinentes, de ser necesario, para alguna de las metodologías propuestas en orden de cumplir con los objetivos establecidos.

Dicho esto, la segunda parte de la metodología puede considerarse dentro del modelo educativo de investigación-acción propuesto por Lewin (1946), citado por (Latorre 2003, p.11), de la siguiente manera:

“La investigación-acción son ciclos de acción reflexiva. Cada ciclo se compone de una serie de pasos: planificación, acción y evaluación de la acción. Comienza con una *idea general* sobre un tema de interés sobre el que elabora un plan de acción. Se hace un reconocimiento del plan, sus posibilidades y limitaciones, se lleva a cabo y se evalúa su resultado. El plan es revisado a la luz de la información y se planifica un segundo paso de acción sobre la base del primero.”

Es claro que esta segunda parte en la metodología comprende al segundo ciclo de acción del modelo de Lewin, siendo el primer ciclo de investigación-acción la primera parte de la metodología descrita al inicio del capítulo y el tercer ciclo es aquel que corresponde al análisis de resultados y la búsqueda de nuevas propuestas para dar continuidad a la investigación, cuya discusión se encuentra más adelante en los dos siguientes capítulos de esta tesis.

---

<sup>18</sup> Algunos ejemplos de los DH realizados por los alumnos de HFQ pueden ser consultados en el anexo.

No obstante, debido a que el curso de Historia y Filosofía de la Química no cuenta con un laboratorio asignado para realizar prácticas experimentales, el espacio y el horario disponible en el cual se pretendió llevar a cabo la intervención didáctica limitó indiscutiblemente el total de prácticas se lograron realizar con los alumnos. Se probaron únicamente once de las quince prácticas propuestas, teniendo que elegir de entre ellas las que presentaran mayor novedad para realizar dentro del laboratorio de química general con el enfoque histórico que se ha venido discutiendo.

Las once prácticas seleccionadas se repartieron aleatoriamente entre los alumnos del curso, formando equipos de dos integrantes y en donde sus miembros podrían pertenecer a cualquiera de las distintas carreras impartidas en la Facultad de Química (Q., Q.A., Q.F.B., I.Q., I.Q.M.).

Las prácticas que no se realizaron durante la intervención didáctica, pero las cuales ya han sido probadas con alumnos de la Facultad de Química en orden de corroborar su reproducibilidad en laboratorios de Química General en otros cursos y circunstancias (Chamizo, 2010), fueron las siguientes: Los metales en la antigüedad; Los metales se pueden quemar; La electrólisis del agua; El nacimiento de la espectroscopia.

## 5. RESULTADOS

---

### 5.1 LAS MEJORAS REALIZADAS A LOS DIAGRAMAS HEURÍSTICOS

A partir de la evaluación y análisis acerca de cómo los alumnos completaban los Diagramas Heurísticos, se evidenció de forma general que existía muy poca comprensión en relación a las instrucciones de los DH y los rubros referentes a los hechos, la pregunta, y la diferenciación entre respuesta o resultado en contraste con las conclusiones de la metodología.

De manera general, y en relación con lo antes mencionado se identificaron ocho aspectos principales en los que podrían ser mejorados los diagramas heurísticos:

1. La ejemplificación de lo que es un hecho relevante.
2. La relación entre los hechos relevantes y el planteamiento de una pregunta abierta que sugiera una metodología.
3. Puntualizar y acotar, en la medida de lo posible, las instrucciones que permitan la elección de un modelo conceptual.
4. Puntualizar las diferencias entre las conclusiones de la metodología y la respuesta o resultado de la pregunta que se ha planteado.
5. Mostrar de la manera más simple la relación que existe entre cada uno de los rubros del DH, a manera que se perciba como un trabajo continuo y que proporciona un resultado útil.
6. Hacer énfasis en que se mencionen únicamente aquellas referencias que fueron de mayor utilidad.
7. Hacer notar la importancia de que el diagrama se complete en el espacio predestinado para ello, sin hacer uso de materiales extras a la plantilla.
8. Buscar que el alumno reflexione sobre la importancia de su autoevaluación, responsabilizándolo en la medida de lo posible, de su trabajo previo y experimental.

Con base en estos ocho rubros, a continuación, se muestran la versión mejorada de las instrucciones y de la plantilla del DH, así como una serie de descripciones adicionales que resaltan la importancia para cada rubro.

**Cuadro 9.** Plantilla del Diagrama Heurístico con instrucciones mejoradas.

Diagrama heurístico sobre: Escribir el título del diagrama		pts.
<b>HECHOS RELEVANTES</b> Se refiere a la información obtenida y/o observaciones realizadas respecto a algo que sucede en el mundo que nos lleva a formular una pregunta. Preferentemente deben de identificarse <b>tres</b> de ellos. Uno de los conceptos: hecho relevante relacionado con los conceptos. Uno de la metodología: hecho relevante relacionado con la metodología de trabajo experimental. Uno de la pregunta: hecho relevante relacionado con el planteamiento de una pregunta abierta, puede incluir aspectos conceptuales y metodológicos.		0
<b>PREGUNTA:</b> Enunciado de una pregunta centrada en uno de los hechos identificados, debe ser clara y contextualizada. Hay que asegurarse que es una sola y única pregunta.		0
<b>CONCEPTOS</b>	<b>METODOLOGÍA</b>	0
<b>Aplicaciones</b> Se refiere a los usos que tiene el tema que estamos investigando.	<b>Procedimiento para la obtención de datos</b> Se refiere a los pasos necesarios que realizamos para obtener información pertinente del tema que investigamos. Hay que precisar y detallar.	0
<b>Lenguaje</b> Se refiere a los términos específicos que requerimos saber para estudiar el tema que estamos investigando.	<b>Procesamiento de los datos para obtener un resultado</b> Se refiere al manejo de datos y resultados experimentales en forma de tablas o gráficas que resumen los datos obtenidos.	0
<b>Modelo</b> Se refiere a un modelo que nos da información sobre cómo responder a la pregunta. Puede ser científico, económico, social, etc. Por ejemplo modelo atómico de Lewis, modelo de acidez de Arrhenius, modelo de mercado, modelo de aprendizaje constructivista, etc.	<b>Análisis y/o conclusión derivado de los datos</b> Se refiere <b>únicamente</b> a lo obtenido a partir de los datos procesados y a la metodología utilizada para obtenerlos.	0
<b>RESPUESTA o RESULTADO:</b> Una vez elegida una <b>RESPUESTA</b> , se refiere a la explicación que responde a la pregunta, <b>utilizando el modelo elegido en el rubro de los conceptos, y las conclusiones de la parte metodológica</b> . Si el experimento fallara por alguna razón, se debe dar un <b>RESULTADO</b> que explique la o las razones por las cuales el experimento falló, o no se puede contestar la pregunta.		0
<b>REFERENCIAS</b> Se refiere a los libros, artículos de revistas, páginas web, etc., consultados y utilizados en cada parte de la investigación. Las tres referencias deben ser de fuentes distintas. Una de los hechos: Referencia de uno de los hechos, preferentemente la que sustenta a la pregunta. Una de los conceptos: Referencia de los conceptos, preferentemente la que sustenta al modelo. Una de la metodología: Referencia de la metodología, preferentemente la que sustenta la metodología experimental.		0
Autoevaluación (total de puntos entre los posibles). Se tienen que sumar todos los puntos obtenidos.		<b>20</b>
Integrantes: Escribir el nombre de los integrantes del equipo que respondieron el diagrama.		

**Tabla 4.** Parámetros para la autoevaluación del DH propuestos

Puntos	Características
	<b>Hechos Relevantes</b>
0	No hay hechos
1	Se identifican al menos <b>tres</b> hechos relevantes que hagan alusión a los conceptos <b>o</b> a la metodología.
2	Se identifican al menos <b>dos</b> hechos relevantes con alusión a los conceptos <b>y</b> metodología.
3	Se identifican <b>tres</b> hechos relevantes, con alusión a los conceptos <b>y</b> metodología.
	<b>Pregunta</b>
0	No hay pregunta.
1	Hay una pregunta clara y acotada.
2	Hay una pregunta con base en los hechos relevantes, es clara y acotada.
3	Hay una pregunta con base en los hechos, es clara, acotada y sugiere una <b>metodología experimental</b> .
	<b>Conceptos</b>
0	No hay conceptos
1	Se identifican las aplicaciones
2	Se identifican aplicaciones y lenguaje
3	Se identifican aplicaciones, lenguaje y un modelo referente a la pregunta. <b>No hay referencias del modelo.</b>
4	Se identifican aplicaciones, lenguaje y un modelo referente la pregunta. <b>Hay referencias del modelo</b>
	<b>Metodología</b>
0	No hay metodología
1	Se indica la metodología para obtener resultados.
2	Los datos son procesados a través de graficas o tablas.
3	Con base en los datos procesados, y <b>sin considerar el modelo</b> , se obtiene una conclusión.
4	Con base en la <b>metodología</b> , el procesamiento de los datos, y <b>sin considerar el modelo</b> , se obtiene una conclusión.
	<b>Respuesta</b>
0	No hay respuesta
1	La respuesta es incluyente con a la conclusión de la parte metodológica.
2	La respuesta incorpora, además de la conclusión de la parte metodológica, al modelo conceptual.
3	La respuesta incorpora la conclusión de la parte metodológica, el modelo conceptual y <b>el hecho relevante</b> que permitió plantear la pregunta.
	<b>Resultado: Hay un resultado cuando el experimento fallo o no hay datos suficientes para dar una respuesta.</b>
0	No hay resultado
1	Se identifican los errores experimentales.
2	Se identifican y explican los errores experimentales.
3	Se identifican y explican los errores experimentales con base en los hechos relevantes. <b>Se propone una alternativa metodológica razonable.</b>
	<b>Referencias</b>
0	No hay referencias.
1	Hay referencias únicamente de los hechos <b>o</b> de los conceptos <b>o</b> de la metodología.
2	Hay referencias de los hechos, y del modelo <b>o</b> de la metodología.
3	Hay referencias de los hechos, del modelo y la metodología.

Como se puede observar en el **cuadro 9**, que hace referencia a la plantilla mejorada del DH y en la **tabla 4** donde se muestran los parámetros de autoevaluación, se ha incluido un mayor detalle en relación a las instrucciones y especificidad en de los parámetros de autoevaluación, así como un mayor énfasis de lo que se espera específicamente para cada rubro. De esta manera, las especificaciones a los cambios realizados son los siguientes:

- a) En relación a la implementación de los colores en los diagramas heurísticos, se espera que los alumnos logren hacer un reconocimiento visual rápido y eficaz de cada sección del diagrama heurístico, es decir, identificar que se compone de cinco bloques principales, los cuales deberán ser completados con un cierto orden y a medida que avanzan en su proceso de investigación.
- b) El bloque de color azul corresponde a la primera etapa que los alumnos deberán completar antes de iniciar su investigación y en donde se irán familiarizando con los aspectos más generales del tema que desarrollaran; este es el bloque que servirá como base del diagrama heurístico y en donde deberán enunciar los hechos relevantes al tema y lograr plantear una pregunta abierta cuya resolución sea el objetivo de la práctica experimental.
- c) En favor de ejemplificar las instrucciones y para auxiliar a quienes se les dificulta completar este primer rubro del DH, se han construido unas tablas que muestran varios ejemplos que permiten identificar lo que es un hecho relevante y cómo se pueden construir, a partir de ellos, preguntas abiertas, claras y acotadas.

Los ejemplos que se muestran a continuación en las siguientes tablas son similares a los que se les brindaron a los alumnos de Química Orgánica I e Historia y Filosofía de la Química cuando emplearon los DH. No obstante, los ejemplos a continuación hacen referencia a tres de las prácticas recolectadas para esta tesis, con la intención de comparar más adelante los resultados obtenidos por los alumnos durante la intervención didáctica.



**Tabla 5.** Diferencia entre hechos relevantes y hechos irrelevantes para un cierto tema.

Tema	Hechos relevantes	Hecho irrelevante
Separación de los enantiómeros del ácido tartárico.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los cristales enantioméricos del ácido tartárico pueden separarse mediante una caracterización visual con un microscopio.</li> <li>• Las sales del tartrato de sodio deben ser preparadas con carbonato de sodio y carbonato de amonio en relación molar 1:2.</li> <li>• Para la formación de cristales de buen aspecto y tamaño, se debe realizar una evaporación lenta de 4 días.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los enantiómeros son estructuras químicas no superponibles entre ellas.</li> <li>• Un polarímetro puede determinar si una sustancia es quiral.</li> <li>• Louis Pasteur fue el primero en determinar la quiralidad del ácido tartárico.</li> </ul>
El Kaliapparat.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El Kaliapparat es un instrumento capaz de recolectar dióxido de carbono y agua desprendidos durante la combustión de una muestra orgánica.</li> <li>• Los bulbos de recolección en el Kaliapparat deben tener una solución concentrada de potasa, donde se burbujee el CO<sub>2</sub> y así cuantificar mediante una relación masa-mol, la cantidad de carbono, en forma de carbonato de potasio, presente en la muestra orgánica.</li> <li>• El Kaliapparat debe tener una fuente de oxígeno capaz de mantener una buena combustión para toda la muestra orgánica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El Kaliapparat fue inventado por Leibig en el siglo XVII.</li> <li>• El Kaliapparat se basa en la combustión de una muestra orgánica para generar dióxido de carbono y agua.</li> <li>• El Kaliapparat es capaz de determinar la fórmula mínima de un compuesto orgánico.</li> </ul>
Cromatografía de partición. Los pigmentos de la espinaca	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La cromatografía de partición permite separar compuestos orgánicos dentro de una mezcla compleja de varios componentes, variando la polaridad de los disolventes</li> <li>• Una separación mediante una cromatografía de partición, depende de la fase estacionaria utilizada (sílice, alúmina, resinas) y la fase móvil (disolventes orgánicos) que se utilicen.</li> <li>• La espinaca contiene diferentes pigmentos que pueden ser aislados mediante una cromatografía de partición, que son: Xantofilas, Clorofila alfa y beta Caroteno.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La cromatografía es un método de separación de mezclas.</li> <li>• Una cromatografía de partición requiere de una fase móvil y una estacionaria.</li> <li>• La cromatografía de partición es un procedimiento galardonado con el premio Nobel, debido a su amplia aplicación en investigación química.</li> </ul>

**Tabla 6.** Preguntas abiertas que sugieren aspectos metodológicos basadas en los hechos relevantes.

Tema	Hecho relevante	Pregunta con base en el hecho.
Separación de los enantiómeros del ácido tartárico.	Los cristales enantiómeros de la sal tartrato pueden separarse mediante una caracterización visual con un microscopio.	¿Cuáles son y cómo se expresan las distintas características físicas en los cristales de tartrato que permiten su caracterización visual?
El Kaliapparat, primer instrumento de análisis elemental.	El Kaliapparat debe tener una fuente de oxígeno en exceso capaz de mantener una buena combustión de la muestra orgánica.	¿Se puede utilizar el óxido de algún metal como el CuO como fuente de oxígeno en un Kaliapparat?
Cromatográfica de partición. Los pigmentos de la espinaca	La espinaca contiene tres diferentes pigmentos que pueden ser aislados mediante una cromatografía de partición, que son: Xantofilas, Clorofila alfa y beta Caroteno	¿Es factible separar los tres pigmentos presentes en la espinaca utilizando una fase estacionaria de sílice y acetona como fase móvil?

Con estos ejemplos se espera que los alumnos puedan ir comparando sus resultados en relación a los hechos que han elegido y a la pregunta que han planteado, facilitándoles la distinción de estos aspectos relevantes por los que se deberán guiar al completar el DH.

- d) El segundo bloque representado con el color **rojo**, se encuentra enfocado en desarrollar los conceptos teóricos que puedan responder a las preguntas que responden por qué, para qué y cómo se realizara la investigación y el desarrollo del experimento. Este segundo bloque es junto con el de color azul los que comprenden toda la síntesis de información previa a la sesión experimental y donde se espera que los alumnos se familiaricen con el lenguaje especializado para abordar la práctica (nombre de reactivos, de material, de equipos, de técnicas, nomenclatura, etc.).
- e) El tercer bloque representado con el color **amarillo** busca sintetizar toda la metodología relevante a la sesión experimental dentro del diagrama heurístico. En otras palabras, esta sección es donde los alumnos deberán describir brevemente los pasos más relevantes que les permitieron la obtención de resultados, los cuales a su vez, deberán estar debidamente procesados para

así llegar a conclusiones breves y que relacionen únicamente su trabajo experimental.

- f) El cuarto bloque del diagrama heurístico representado con el color verde está enfocada a la respuesta de la pregunta planteada al inicio del DH. En esta sección debe quedar lo más claro posible la diferencia entre respuesta y resultado, siendo la primera aquella que responde la pregunta y el resultado es una explicación breve del por qué no se pudo obtener una respuesta.

Es importante que la respuesta se sustente mediante el modelo del bloque conceptual y las conclusiones del bloque metodológico integrando ambos bloques previos del DH. No está de más recapitular que cuando se opte por dar un resultado, éste deberá estar argumentado por una explicación que haga referencia a los imprevistos metodológicos o errores experimentales que impidieron llegar a una respuesta. Si este es el caso, el resultado deberá exponer una alternativa razonada y justificada que permita solucionar los inconvenientes identificados.

- g) Finalmente, el bloque de color morado representa la sección de referencias utilizadas para completar el DH. Debido a que solamente los tres primeros bloques exigen una indagación bibliográfica, únicamente se piden aquellas tres referencias más representativas que permitan constatar los hechos relevantes, los conceptos (particularmente el modelo) y el procedimiento metodológico utilizado.

Dado todo lo anterior, es importante que se mantenga en todo momento el código de colores durante el proceso de resolución del DH facilitando por igual su evaluación y autoevaluación.

Ya que es un ejercicio de síntesis no está de más mencionar que el DH no podrá exceder de un espacio mayor al de su plantilla (una cuartilla tamaño carta), de modo que la información vertida en el DH sea únicamente la más relevante, fácilmente identificable, organizada y original que describa la investigación que se realizó.

A continuación, se muestran algunos de los resultados obtenidos por los alumnos de QOI para la segunda sesión experimental, utilizando los DH mejorados.

**Tabla 7.** Resultados obtenidos por los alumnos de QOI en los rubros donde presentaron mayor dificultad para completar los DH durante la segunda sesión.

<b>Práctica</b>	<b>Hecho relevante</b>	<b>Pregunta</b>	<b>Respuesta o Resultado</b>
<b>Destilación por arrastre</b>	La destilación por arrastre de vapor es utilizada en la extracción de aceites esenciales de tejidos vegetales.	¿Por qué se usa destilación por arrastre de vapor para obtener un aceite esencial?	Si se realiza una separación por arrastre de vapor y se trabaja a presión atmosférica, se podrá separar un producto de mayor punto de ebullición que el del agua a una temperatura inferior a 100 °C
Cromatografía en capa fina.	La elección del eluyente y del adsorbente son relevantes para poder realizar una cromatografía en capa fina exitosa	¿Qué efecto químico tiene la fase estacionaria seleccionada en una cromatografía en capa fina sobre la fase móvil?	Cuanto más polar sea el compuesto a separar, más firmemente se unirá a la fase estacionaria, de manera inversa, cuanto menos polar sea el compuesto a separar, más fuertemente se unirá a la fase móvil, debido a las atracciones moleculares semejantes.
<b>Punto de fusión</b>	La pureza de una sustancia orgánica se puede determinar experimentalmente mediante el punto de fusión	¿Con base a qué interacción química se explica que un compuesto tenga mayor punto de fusión respecto a otro?	El ácido cinámico presento un punto de fusión menor que la benzoína, por ello podemos mencionar que las moléculas de este compuesto son menos compactas, y por ende se requiere de menor energía para romper la red cristalina.
<b>Cristalización por par de disolventes.</b>	La cristalización por par de disolventes implica a dos disolventes miscibles entre sí, solo a altas temperaturas.	¿Por qué es necesario utilizar disolventes con diferentes afinidades por una mezcla sólida para la cristalización por par de disolventes?	El par de disolventes a utilizar, debe considerar que uno de ellos disuelva a la muestra en caliente, y el segundo no la disuelva en frío ni en caliente.

## 5.2 LA INTERVENCIÓN DIDÁCTICA CON ALUMNOS DE HISTORIA Y FILOSOFÍA DE LA QUÍMICA

Al llevar a cabo la intervención didáctica con los alumnos del curso de Historia y Filosofía de la Química, en donde se realizaron once de las prácticas seleccionadas para el estudio de las cinco revoluciones químicas, fue posible constatar, que para el caso de la síntesis de ferroceno y la modificación sustentable de la reacción de Wittig, ambas presentaron un reto inesperado tanto para los estudiantes como para el laboratorio de química general respectivamente.

En el caso de la síntesis de ferroceno, en donde participaron dos alumnos provenientes de las carreras de química en alimentos y química, de noveno y cuarto semestre respectivamente, se hizo evidente que ambos alumnos presentaron complicaciones durante la manipulación del material de laboratorio como: la llave de paso esmerilada y el matraz Schlenk, situación que llevó a que no lograsen completar la síntesis del ferroceno como se tenía planeada. Por otra parte, y durante la evaluación final con los DH, vale la pena mencionar que los alumnos mostraron no haber estado lo suficientemente familiarizados con ninguno de los aspectos relevantes de la investigación previa y el procedimiento para trabajar en el laboratorio, entregando un DH en donde únicamente se argumentaba lo complicado del procedimiento para realizarlo sin ayuda de un profesor.

Con relación a la modificación sustentable para la reacción de Wittig, en donde participaron dos alumnos de la carrera de química, de quinto y noveno semestre; la metodología en sí no presentó ninguna dificultad. No obstante, debido a la indisponibilidad de algunos reactivos necesarios dentro de los laboratorios de química general en la Facultad de Química de la UNAM como: la sal de bromuro de benciltrifenilfosfonio y un aldehído aromático se ha considerado que por dicho motivo, ajeno a las capacidades de los alumnos para su realización, la práctica no se considera viable.

Ambas prácticas, a pesar de contar con gran valor histórico para el desarrollo de la química, específicamente en química orgánica y organometálica, mostraron no cumplir con los requisitos de simplicidad y reproducibilidad para realizarlas en los

laboratorios de enseñanza básica a nivel superior y medio superior. Es por esta razón y en orden de subsanar la falta de posibles prácticas experimentales para la quinta revolución química que se han propuesto dos alternativas experimentales<sup>19</sup>: (1) *La síntesis de un precursor catalítico de paladio (II)*, enfocada al estudio de la organometálica y en donde los reactivos e instrumentos son más accesibles para los alumnos de licenciatura y bachillerato en términos conceptuales y de instrumentación; y (2) *La preparación de nano partículas de oro utilizando té verde*, un experimento enfocado a la química ambiental y nanoquímica, en donde se pretende que de manera muy simple y didáctica los alumnos puedan observar algunos de los cambios físicos que presenta el oro en diferentes tamaños de partícula.

Ambas metodologías han quedado únicamente en carácter de posibles alternativas para la quinta revolución química debido a que aún no se han probado dentro de las instalaciones de la Facultad de Química de la UNAM con un grupo de alumnos y por lo tanto se desconoce su viabilidad y reproducibilidad para un laboratorio de química general.

Por otra parte, es importante hacer mención de los experimentos cuyas metodologías fueron implementadas únicamente a partir de los textos históricos que las mencionaban, como es el caso del Kaliapparat y el movimiento Browniano.

Para el caso en donde se describe el uso y construcción de un sistema que logre asemejar lo más posible las funciones de un Kaliapparat a partir de materiales de uso común en los laboratorios de química general, una de las limitaciones observadas y reportadas por los mismos alumnos durante la intervención didáctica fue la pérdida de CO<sub>2</sub> durante el proceso de combustión de la muestra orgánica. La pérdida de CO<sub>2</sub> que registraron los alumnos se reportó entre un 30% a 40% debido básicamente a que el material de vidrio no se logró ensamblar para crear un sistema cerrado que impidiera fugas de gas, como plantean los textos referentes al uso del Kaliapparat de Liebig (Sella, 2009).

Los alumnos propusieron una alternativa al completar su DH. Defendieron la importancia de una práctica de esta naturaleza debido a que se trata de uno de los

---

<sup>19</sup> En el Anexo se pueden consultar las propuestas experimentales para la quinta revolución.

instrumentos más emblemáticos para la historia de la química, y consta en la fabricación total de un Kaliapparat en un taller de soplado de vidrio, argumentando que debido a las características físicas con las que se describe el Kaliapparat en los textos históricos, esta sería una alternativa más *ad hoc* para el trabajo en laboratorio de química general y para ejemplificar a la segunda revolución química.

Por último, en la práctica del movimiento Browniano, cuya metodología buscó incluir las observaciones originales realizadas por Robert Brown al emplear polen, se encontró que la elección de la materia prima no es trivial, pues dependiendo del tipo de polen que se utilice los resultados podrán o no ser perceptibles experimentalmente. El tamaño de la partícula del polen elegido y su capacidad para formar cúmulos que pudieran sedimentar en el recipiente que los contiene, son una variable que podrían entorpecer tanto la metodología como los resultados experimentales esperados para la práctica.

Debido a la dificultad que puede representar conseguir un tipo específico de flor para recolectar su polen (*Clarkia pulchella*), como los describe Robert Brown en su metodología (Layton, 1965) y debido a que el objetivo principal de la práctica consta en observar el movimiento descrito por Robert Brown, una solución metodológica propuesta de igual forma por los alumnos del curso de HFQ, fue la de utilizar polvo muy fino proveniente de la molienda de alguna fuente natural como la canela o el café. Esta alternativa experimental no influye en las observaciones realizadas por Robert Brown y hace de la metodología un proceso más accesible para realizar en el laboratorio de química general.

**Tabla 8.** Reproducibilidad de las prácticas propuestas en LQG.

<b>Practica propuesta</b>	<b>Reproducibilidad en un LQG</b>
Los metales en la antigüedad.	No se realizó este experimento durante la intervención didáctica con los alumnos de HFQ, pero ya se ha corroborado su reproducibilidad en LQG (Chamizo, 2010).
El vidrio, una pieza histórica de la química.	Se logró reproducir el experimento propuesto y se corroboró su reproducibilidad en el LQG. No se presentaron inconvenientes con el material o la metodología
Los metales se pueden quemar.	No se realizó éste experimento durante la intervención didáctica con los alumnos de HFQ, pero ya se ha corroborado su reproducibilidad en LQG (Chamizo, 2010).
La electrólisis del agua.	No se realizó este experimento durante la intervención didáctica con los alumnos de HFQ, pero ya se ha corroborado su reproducibilidad en LQG (Chamizo, 2010).
Separación de los enantiómeros del ácido tartárico.	Se logró reproducir el experimento propuesto y se corroboró su reproducibilidad en el LQG. Vale la pena mencionar que esta práctica requiere más de una sesión de laboratorio debido al tiempo necesario para crecer los cristales. (Ver Anexo)
El Kaliapparat.	Se logró reproducir el experimento propuesto, sin embargo, se presentaron inconvenientes para recolectar los gases desprendidos durante la reacción debido al material disponible en el LQG. Las modificaciones pertinentes al material se discuten en la sección de resultados de esta tesis.
El nacimiento de la espectroscopia.	No se realizó este experimento durante la intervención didáctica con los alumnos de HFQ, pero ya se ha corroborado su reproducibilidad en LQG (Chamizo, 2010).
La industria de los colorantes.	Se logró reproducir el experimento propuesto y se corroboró su reproducibilidad en el LQG. No se presentaron inconvenientes con el material o la metodología
Síntesis de aspirina	Se logró reproducir el experimento propuesto y se corroboró su reproducibilidad en el LQG. No se presentaron inconvenientes con el material o la metodología
Química Orgánica sintética. Porfirinógeno	Se logró reproducir el experimento propuesto y se corroboró su reproducibilidad en el LQG. No se presentaron inconvenientes con el material o la metodología
La baquelita, el primer plástico sintético.	Se logró reproducir el experimento propuesto y se corroboró su reproducibilidad en el LQG. No se presentaron inconvenientes con el material o la metodología



El movimiento Browniano.	No se logró reproducir el experimento debido a un inconveniente con el polen seleccionado como material de la práctica. Una solución a éste inconveniente de reproducibilidad es utilizar polvo muy fino de origen vegetal, en orden de asemejar lo más posible el procedimiento al descrito por Robert Brown.
Cromatografía de partición.	Se logró reproducir el experimento propuesto y se corroboró su reproducibilidad en el LQG. No se presentaron inconvenientes con el material o la metodología
Química Organometálica moderna. Síntesis de Ferroceno	No se logró la síntesis de ferroceno en el LQG, por lo que una alternativa a la quinta revolución se discute en la sección de resultados: <i>Síntesis de un precursor catalítico de paladio (II)</i> .
Química sustentable. La reacción de Wittig.	Se logró reproducir el experimento propuesto, sin embargo, debido a la indisponibilidad de materia prima fuera de las instalaciones de la Facultad de Química no se cumplen los requisitos básicos de reproducibilidad para LQG. Una alternativa se discute en la sección de resultados: <i>Preparación de nano partículas de oro utilizando té verde</i> .

### 5.3 LOS DIAGRAMAS HEURÍSTICOS PARA LA INTERVENCIÓN DIDÁCTICA

A continuación, se muestra una tabla con los resultados de los DH obtenidos por los alumnos al concluir la intervención didáctica en la que realizaron once de las prácticas experimentales propuestas para las cinco revoluciones químicas. Vale la pena mencionar que los resultados de la tabla 9 abarcan únicamente los tópicos centrales en los que previamente se han identificado las principales dificultades para completar los diagramas heurísticos y en donde se enfocaron prioritariamente las mejoras realizadas a los mismos, es decir, los hechos relevantes, la pregunta y la respuesta o resultado con base en las conclusiones metodológicas; pues en general los bloques restantes del DH no presentaron mayores complicaciones entre los alumnos para su resolución. Algunos ejemplos de los DH sobre esta sección pueden ser consultados en el **Anexo** de esta tesis.

**Tabla 9.** Resultados de los DH para la intervención didáctica con alumnos de HFQ.

<b>Práctica.</b>	<b>Hecho relevante</b>	<b>Pregunta abierta</b>	<b>Respuesta o Resultado</b>
<b>El vidrio</b>	El vidrio se fabrica al re solidificar las sales que previamente se llevaron a estado líquido, vaciado la mezcla de sales fundidas dentro de un molde donde se enfrían y solidifican.	¿Cómo afecta la velocidad de enfriamiento a la morfología del vidrio?	Debido a la falta de equipo adecuado no se observó diferencia morfológica en el vidrio causada por la velocidad de transferencia de calor a través del medio por lo que se concluye que ésta no afecta. Se debería tratar de repetir el procedimiento en un laboratorio donde se disponga de un durómetro u otra herramienta que mida cuantitativamente la dureza del vidrio.
<b>Separación de enantiómeros</b>	Los cristales de enantiómeros de tartratos cristalizan con un muy buen tamaño, por lo que pueden ser separados por métodos mecánicos, para después probar sus propiedades ópticas con luz polarizada.	¿Qué métodos y técnicas alternas podemos dar a quien pretende realizar esta práctica?	Se aconseja que quien realice esta práctica manipule los cristales bajo el microscopio y con la ayuda de pinzas de disección para hacer evidente su carácter quiral.
<b>El Kaliapparat</b>	El Kaliapparat es un sistema donde a través de la combustión de compuestos orgánicos es posible cuantificar cantidad de carbono e hidrogeno proveniente de la combustión de dichos compuestos.	¿Cuál es el porcentaje de error en la determinación de la fórmula mínima del ácido tartárico usando una adaptación del Kaliapparat?	Las adaptaciones no son lo más eficiente posible pues existe un error de 37.5% con respecto a la proporción del número de átomos en la molécula de ácido tartárico. Es necesario modificar los tamaños del matraz donde se burbujea el CO <sub>2</sub> , ya sea variando el diseño de un sistema o, fabricar un Kaliapparat en un taller de soplado de vidrio.

<b>La industria de los colorantes</b>	La cantidad adsorbida de colorante aumenta proporcionalmente a la temperatura.	¿Qué influencia tiene la temperatura en la fijación de un colorante?	Al aumentar la temperatura se aumenta la energía del sistema (tela + colorante), lo que incrementa la probabilidad de un choque entre las moléculas de tinte y las moléculas de la tela.
<b>Síntesis de aspirina</b>	La síntesis de ácido acetilsalicílico es una práctica recurrente en los laboratorios de orgánica en la formación universitaria, donde la prueba más común para comprobar la obtención del compuesto es la determinación del punto de fusión.	¿Entre las pruebas de $\text{FeCl}_3$ y "heat test", cuál es mejor para comprobar la presencia de ácido acetilsalicílico en una práctica de síntesis de este compuesto, llevada a cabo en un laboratorio de enseñanza universitaria?	La prueba de $\text{FeCl}_3$ resulta la mejor para comprobar la síntesis de la aspirina, al mostrar clara diferencia entre el ácido acetilsalicílico y el ácido salicílico.
<b>La baquelita</b>	La baquelita es un polímero que se forma a partir de la condensación del fenol con formaldehído, y debe ser catalizada en medio ácido.	¿Cómo afecta la cantidad de formaldehído en las propiedades físicas de la baquelita?	No se logró responder la pregunta debido a que se proyectó el formaldehído al calentarlo, y no se pudo recuperar. Se propone que para futuras prácticas se controle la adición de formaldehído, pues debe de ser lenta.
<b>Movimiento Browniano</b>	Movimiento browniano es el movimiento aleatorio que se observa en algunas partículas microscópicas que se hallan en un medio fluido.	¿Si se quiere observar el movimiento Browniano que partículas lo representan mejor?	Para observar el movimiento Browniano en agua, resultó que el polen se aglomera, impidiendo observar movimiento alguno. Sería viable utilizar algún otro material de origen orgánico, como el polvo fino de canela o café para visualizar el movimiento Browniano.

<b>Síntesis de un porfirinógeno</b>		¿Es necesario el medio ácido en la síntesis del porfirinógeno?	En la síntesis del porfirinógeno no es necesaria la catálisis ácida, ya que el producto se puede obtener únicamente al aumentar la temperatura.
<b>Reacción de Wittig</b>	Es posible llevar a cabo la reacción de Wittig “verde” únicamente con aldehídos. Éstos deben ser aromáticos y de preferencia tener sustituyentes en posición orto.	¿Qué otras características debe tener un aldehído para que mejore su rendimiento?	Las características que pueden aumentar el rendimiento de reacción en la síntesis de alquenos mediante la reacción de Wittig “verde”, pueden ser: Menor impedimento estérico, y que tenga algún grupo electro donador en posición meta.

Como se puede observar en la tabla anterior, en donde nuevamente y a pesar de contar con instrucciones y ejemplos más detallados sobre la identificación de hechos relevantes y el planteamiento de una pregunta abierta, dichos rubros continuaron representando la mayor dificultad entre los alumnos que hacen uso de los DH, razón por la cual no aparecen resultados para los experimentos referentes a la síntesis de ferroceno, cromatografía de partición y para los hechos relevantes de la síntesis del porfirinógeno.

Con relación a la recolección y el procesamiento de datos experimentales reportados por los alumnos, se hizo evidente al analizar sus conclusiones metodológicas, que la gran mayoría completa ambos rubros de manera casi automática, es decir, su procesamiento de datos no sustenta la metodología que reportan para obtenerlos y en ciertos casos, poco tienen que ver con las conclusiones que reportan.

Estos resultados observados principalmente en aquellos DH donde no se identificó uno o más de un hecho relevante, o cuando la pregunta no se encontraba lo suficientemente acotada, sugieren una metodología de trabajo por parte de los alumnos a manera de receta, un problema recurrente en los laboratorios de química general que ya se ha mencionado anteriormente en esta tesis, y en donde el objetivo

de los alumnos se limita, prácticamente a cumplir con la parte experimental sin tener en claro el por qué o para qué se realiza el experimento.

Estas observaciones sustentan la idea de que los alumnos se han acostumbrado a una forma específica de trabajar en el laboratorio, donde realizan mecánicamente las instrucciones del protocolo, tal y como es criticado por varios profesores de la Facultad de Química al revisar reportes de laboratorio (Ramos, 2015).

Estas dificultades en la indagación científica referentes a la identificación de hechos relevantes, el planteamiento de preguntas abiertas para iniciar una investigación, así como el procesamiento e interpretación de datos experimentales, logran exponer claramente una falta de preparación en aspectos básicos del trabajo en el laboratorio, como exponen claramente los diagramas heurísticos realizados por los alumnos de QOI y de HFQ que participaron durante esta investigación.

## 6. CONCLUSIONES

---

### 6.1 SOBRE LAS PRÁCTICAS RECOLECTADAS Y LA INTERVENCIÓN DIDÁCTICA

Se logró recopilar un total de quince prácticas experimentales de carácter emblemático y enfocado al estudio de la historia de la química con base en la periodización de las cinco revoluciones químicas. Once de estas prácticas se realizaron en dos horas en un laboratorio de química general, de las cuales la síntesis de ferroceno y la reacción de Wittig no cumplieron con los parámetros de reproducibilidad y sencillez para un laboratorio de química general a nivel bachillerato y licenciatura. Por otra parte, la práctica del Kaliapparat y el movimiento Browniano habrán de ser ligeramente modificadas en relación con los materiales y sustancias sugeridas para la metodología, en orden de corregir algunos de los inconvenientes que se presentaron durante la sesión experimental.

En total, las trece prácticas propuestas que ya se discutieron anteriormente, han pasado a formar parte de un primer compendio dedicado al estudio de la historia de la química experimental periodizada en las cinco revoluciones químicas y protoquímica, el cual se puede encontrar en el anexo de esta tesis.

## 6.2 SOBRE LAS MEJORAS A LOS DIAGRAMAS HEURÍSTICOS

Con las limitaciones que puede presentar una investigación como la presente, se encontró que las mejoras realizadas a los DH han tenido un efecto positivo en los alumnos, ayudándolos a identificar correctamente aspectos relacionados a la investigación científica que antes parecían confusos, como es el caso de los hechos relevantes y la manera correcta de formular preguntas abiertas que permitan proponer soluciones experimentales lógicas. De igual forma, las instrucciones y los códigos de colores utilizados para implementar la plantilla mostraron ser de gran utilidad en los procedimientos de síntesis de información para cada rubro, esclareciendo el tipo de información considerada como “útil” para completar los DH.

Por otra parte, las mejoras realizadas a los diagramas heurísticos han expuesto el hecho de que la gran mayoría de los alumnos que participaron durante este proyecto, mantienen hábitos de trabajo experimental que bien podrían considerarse ineficientes para el desarrollo de la ciencia (metodologías de trabajo a manera de receta), situación que ha mermado algunos de los resultados relacionados con el empleo de los DH como instrumentos de evaluación, debido a las incongruencias que se presentan al tener malas costumbres de investigación experimental en química<sup>20</sup> y buscar resolver adecuadamente un diagrama heurístico.

---

<sup>20</sup> Los diagramas heurísticos han corroborado que los alumnos, sin importar carrera o semestre, están siendo educados desde los inicios de su formación académica, para realizar procedimientos experimentales de manera mecanizada, sin comprender muchas veces la química del experimento y los conceptos teóricos que sustentan sus procedimientos. Las fallas en el proceso de aprendizaje experimental por parte de los estudiantes es consecuencia de los malos hábitos de trabajo, dentro de los que se han identificado: el copiado íntegro de los previos y reportes de prácticas, sin un correcto apropiamiento de las ideas (Ramos, 2015).

## 7. REFERENCIAS.

---

American Chemical Society, National Historic Chemical Landmarks. (1993) *Bakelite: The World's First Synthetic Plastic*. Consultada en Noviembre 16, 2015, en la URL

[www.acs.org/content/acs/en/education/whatischemistry/landmarks/bakelite.html](http://www.acs.org/content/acs/en/education/whatischemistry/landmarks/bakelite.html)

Bauer F. (2008). Attitude towards Chemistry: A Semantic Differential Instrument for Assessing Curriculum Impacts, *Journal of Chemical Education*, 85 (10), 1440-1445.

Beard, F. (1948). 5,000 years of glass, J. B. Lippincott Co., New York, pp 2-3

Bender, M. (1947). Colors for Textiles, Ancient and Modern. *Journal of Chemical Education* 24(1), 1-10.

Bello, G. (Ed.). (2007). *Cambio Conceptual, ¿Una o varias teorías?*, Reseñas del Seminario sobre Cambio Conceptual. (CCADET), México D.F, Facultad de Química, UNAM.

Bernard, C. (1976). The story of Chemistry, Dover Publications, Inc., Nueva York, 4ªed. Cap. I-VII

Bensaude-Vincent B., Stengers I. *Historia de la Química.*, España, Addison-Wesley/Universidad Autónoma de Madrid, 1997.

Caamaño, A. (2002). ¿Cómo transformar los trabajos prácticos tradicionales en trabajos prácticos investigativos? *Aula de innovación educativa*, pp. 21-26.

Caamaño, A. (2004). Experiencias, experimentos ilustrativos, ejercicios prácticos e investigaciones. ¿Una clasificación útil para los trabajos prácticos?. *Alambique*, 39, pp. 8-19.

Campanario, J., Moya, A. (1999). Cómo enseñar ciencias. Principales tendencias y propuestas. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), 179-192.

Carroll, F., Seeman, J. (2011). Placing Science into its Human Context: Using Scientific Autobiography to Teach Chemistry. *Journal of Chemical Education* 78(12), 1618-1622.

Chamizo, J.A. (1997). Evaluación de los aprendizajes. Tercera parte: POE, autoevaluación, evaluación en grupo y diagramas de Venn. *Educación Química*, 8(3), 141-145.

- Chamizo, J.A., Hernández G. (2000). Construcción de preguntas, la Ve epistemológica y examen ecléctico individualizado. *Educación Química*, 11, 132-137.
- Chamizo, J.A. (2001). El curriculum oculto en la enseñanza de la química. *Educación Química*, 12(4), 194–198.
- Chamizo, J.A. [coord.]. (2010a). *Historia y filosofía de la Química, Aportes para la enseñanza*, México: UNAM-Siglo XXI.
- Chamizo, J.A. (2004a). Apuntes sobre la historia de la química en América Latina. *Revista Sociedad Química de México*, (48), 165–171.
- Chamizo, J.A. (2007). Las Aportaciones de Toulmin a la Enseñanza de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(1), 133–146.
- Chamizo, J.A. (2007b). Teaching modern chemistry through recurrent historical teaching models. *Science & Education*, 16(2), 197-216.
- Chamizo, J.A. Izquierdo, M. (2007). Evaluación de las competencias de pensamiento científico, *Alambique*, 51, 9-19.
- Chamizo, J.A. [Comp.]. (2009). *Aspectos Filosóficos y sociales de las ciencias, De las conjeturas a los paradigmas*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, p.p. 14-16
- Chamizo, J.A. (2009). *Historia Experimental de la Química*. Tecné, Episteme Y Didaxis: TED, (No. Extraordinario), [pp. 7–16.]
- Chamizo, J.A. (2010). *Introducción experimental a la historia de la química* (Primera Ed). México: Facultad de Química, UNAM.
- Chamizo, J.A. (2011). La imagen pública de la química. *Educación Química*, 22(4), 320–331.
- Chamizo, J.A., Hernández M., García F., Padilla K., Nieto, C. (2013). Cap. 2 Antecedentes. En Chamizo, J.A., Nieto C. E., [Coord.] *La Enseñanza Experimental de la Química. Las Experiencias de la UNAM*, (pp. 4-35), 1ra Ed. México, D.F, UNAM.
- Chamizo, J.A. (2014). The Role of Instruments in Three Chemical Revolutions. *Science and Education*, 23(4), 955–982.
- Chávez M. (2005). *Manual de prácticas de Química del Estado Sólido*, Facultad de Química, UNAM.



Chemical Heritage Foundation, *Robert Bunsen and Gustav Kirchhoff*, consultada en Diciembre 12, 2015, en la URL <http://www.chemheritage.org/discover/online-resources/chemistry-in-history/themes/the-path-to-the-periodic-table/bunsen-and-kirchhoff.aspx>

Chemical Engineer News. (1942). Origin of "Bakélite" Plastics. 20(24), 1681. <http://doi.org/10.1021/cen-v020n024.p1681>

Colsa, E., Chamizo, J.A. (2009). Heuristic diagrams as a tool to assess experimental work, *ESERA*, Malmo.

Connelly, D. (2014). A history of Aspirin, *Journal of Clinical Pharmacist*, 6(7), DOI: [10.1211/CP.2014.20066661](https://doi.org/10.1211/CP.2014.20066661).

Cooper, M., Kerns, T. (2006). The effect of the laboratory course on student's achievements and perceptions: qualitative and quantitative aspects. *Chemical Education*, 83, 1356.

Crosland, M. (2005). Early Laboratories and the location of experimental science. *Annals of Science*, 62, 233-253.

De Berg, K. (2011). Cap. 11 The Place of the History of Chemistry in the Teaching and Learning of Chemistry. In Matthews, M., (editor.), *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching* (pp.314-333), Springer Science + Business Media.

De la Selva, T. (2012). *De la alquimia a la química*, México, Fondo de cultura económica.

De la Mora, M. (2013). *Diseño y Validación de Material Didáctico para la Enseñanza de la Segunda Revolución Química*. Tesis, México, Universidad Nacional Autónoma de México.

Epstein S. (1998). Using Bad Science To Teach Good Chemistry, *Journal of Chemical Education*, 75 (11), 1399-1404.

Festa, R., Nagel, C. (1981). Sir William Henry Perkin, Pioneer in Color. *Journal of Chemical Education*. 58(4), 305–306.

Freemantle, M. (2003). Chemistry at its most beautiful. *Chemical Engineer News*, 81(34), 27 – 30.

Fredga, A., *The Nobel Prize in Chemistry 1965 awarded to Robert B. Woodward "for his outstanding achievements in the art of organic synthesis"*. Consultada en Noviembre 11, 2015, en la URL

[www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/chemistry/laureates/1965/](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1965/)

French, S. (1950). The Chemical Revolution, the Second Fase. *Journal of Chemical Education*, 27(2), 83–89.

Giunta, C. (2001). Using History to Teach Scientific Method: The Role of Errors. *Journal of Chemical Education*, 78(5), 623-627.

Guerrero, I. (2005). *Manual de Prácticas de Química Organometálica*, practica No. 4, Síntesis de Ferroceno, Facultad de Química, UNAM.

Guzmán, E. (2009). El Ferroceno y su importancia en el desarrollo de la química organometálica moderna. *Analytical Chemistry*. 105(2), 95–102.

Harré, R. (2004). Cap. 7 Los grandes experimentos de la ciencia. En Chamizo, J.A., [compilador] *Antología de la enseñanza experimental*, (pp.109-120), 1ra Ed. México, D.F, UNAM.

Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 47-56, 299-313.

Hofstein, A. (2005). Developing students' ability to ask more and better questions resulting from inquiry-type chemistry laboratories. *Journal of Research in Science teaching*. 42 (7), pp. 791-806.

Hofstein, A., Lunetta, V. (2005) The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century. *Science Education*, 88, pp. 28-54.

Holmes, F. (1989). The complementarity of teaching and research in Liebig's laboratory. *Osiris*, 5,121–164.

Jaffe, B. (1955). Using the history of chemistry in our teaching. *Journal of Chemical Education*, 32(4), 183. <http://doi.org/10.1021/ed032p183>

Jensen, W. B. (1998). One Chemical revolution or Three? *Journal of Chemical Education*, 75(6), 679–687.

Jensen, W.B. (2005). The origin of Bunsen Burner, *Journal of Chemical Education*, 82 (4).

- Jesper, S., Talanquer, V. (2014). Humanizing Chemistry Education: From Simple Contextualization to Multifaceted Problematization. *Journal of Chemical Education*, 91, 1125-1131.
- Johnston, A., Scaggs, J. (2013). A Green Approach to Separate Spinach Pigments by Column Chromatography. *Journal of Chemical Education*, 90, 796–798.
- Kamsar, J. W. (1987). Utilizing a historical perspective in the teaching of chemistry. *Journal of Chemical Education*, 64(11), 931–933.
- Kauffman, G.B., Myers, R. (1975). The resolution of racemic acid. *Journal of Chemical Education*, 52(12), 777–781
- Kauffman G.B. (1987). History of Chemistry. In Phillips A. [ed.], Goals, *Journal of Chemical Education* (64)11, pp. 931-933.
- Kauffman, G.B. (1989). History in the Chemistry Curriculum. *Interchange*, 20(2), 81-94.
- Kerker, M. (1974). Brownian Movement and Molecular Reality Prior to 1900. *Journal of Chemical Education*, 51(12), 764–768. <http://doi.org/10.1038/086105a0>
- Kirchhoff, M. (2001). Topics in Green Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 78(12), pp. 1577.
- Kolb, D. (2000). Glass, Sand + Imagination. *Journal of Chemical Education*, 77(7), 812. <http://doi.org/10.1021/ed077p812>
- Kuhn, T. (2012). *La estructura de las revoluciones científicas*. Fondo de Cultura Económica de México.
- Latorre, A. (2003). *La investigación acción: Conocer y cambiar la práctica educativa*, España, Ed. GRAÓ.
- Layton, D. (1965). The original observations of Brownian motion. *Journal Of Chemical Education*, 42(7), 367–368.
- Lazlo P., Greenberg A. (1991). Falacias acerca de la química, *Educación Química*, 2 (1), 29-35.
- Lehman, C. (2010). Innovation in Chemistry Courses in France in the Mid-Eighteenth Century: Experiments and Affinities. *Ambix*, 57(1), 3–26.

Lindberg, B. *The Nobel Prize in Chemistry 1979 awarded jointly to Herbert C. Brown and Georg Wittig "for their development of the use of boron- and phosphorus-containing compounds, respectively, into important reagents in organic synthesis"*. Consultada en Noviembre 22, 2015, en la URL [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/chemistry/laureates/1979/](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1979/).

Llano, M., Müller, G., Hernández, M. (1998). ¿Se aprende en el laboratorio?. *Educación Química*, 9 (1), 30-33, México.

Lombardi O., Labarca M. (2005). The ontological autonomy of the chemical world. *Foundations of Chemistry*, 7, 125-148.

Lyman, C. (1950). Partition Chromatography and Countercurrent Distribution. *Analytical Chemistry*, 22(11), 1346–1352.

McBride, J. M. (2009). Organic Chemistry, Yale University. Consultada en Diciembre 12, 2015, en la URL <https://webpace.yale.edu/chem125>.

Manfred A. (1993). A simple Demonstration of the Greenhouse Effect. *Journal of Chemical Education*, 70(1), 73–74.

Mark, H. (1987). From Revolution to Evolution. *Journal of Chemical Education* 64(10), 858-861.

Maryanoff, E. (1989). The Wittig Olefination Reaction and Modifications Involving Phosphoryl-Stabilized Carbanions. Stereochemistry, Mechanism, and Selected Synthetic Aspects. *Journal of Chemical Education*, 89 (4), 863-927.

Mehta A. (2005). Aspirin. *Chemical Engineer News Archive*, 83(25), 46–47.

Morsch, L., Meyer, B. (2014). Green Aqueous Wittig Reaction: Teaching Green Chemistry in Organic Teaching Laboratories. *Journal of Chemical Education*, 91(4), 611–614.

Nieto-Galán, A. (2010). La Química del siglo XXI y la recuperación de su historia. En Chamizo J.A., [Coord.], *Historia y Filosofía de la Química, aportes para la enseñanza* [pp.15-38], 1ra Ed., México, D.F, UNAM, Editores Siglo XXI.

Novak, J., Gowin, D. (1984). *Aprendiendo a aprender*. MR Ediciones Martínez Roca. Ed. en español 2002. España.

Nurrenbern, S., Pickering, M. (1987). Concept Learning versus Problem Solving: Is There a Difference? *Journal of Chemical Education*, 64(6), 508-510.

Oesper, R. (1927). Robert Wilhelm Bunsen. *Journal of Chemical Education*, 4(4), 431.

Oesper, R. (1953). Georg Wittig. *Journal of Chemical Education*, 357–358.

Oseen, C. *The Nobel Prize in Physics 1926 awarded to Jean Baptiste Perrin "for his work on the discontinuous structure of matter, and especially for his discovery of sedimentation equilibrium"*. Consultada en Noviembre 22, 2015, en la URL [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/1926/](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1926/).

Pérez C., Chamizo, J. A. (2013). El ABP y el Diagrama Heurístico como Herramientas para Desarrollar la Argumentación Escolar en las Asignaturas de Ciencias. *Ciência & Educação., Bauru*, 19(3), 499–516.

Perrin, E. (1999). *The Chemical Revolution. An international historic chemical landmark*. 1–8. <http://doi.org/10.1016/j.shpsa.2014.11.002>

Quintanilla, M. (2010). La historia de la Química y su contribución a una nueva cultura de la enseñanza de las ciencias. En Chamizo J.A., [Coord.], *Historia y Filosofía de la Química, aportes para la enseñanza* [pp.39-64], 1ra Ed., México, D.F, UNAM, Editores Siglo XXI.

Raber, L. (1999). Revolution in Chemistry. *American Chemical Society News*, 74–75.

Ramos, A. (2015). *Elaboración de una encuesta que muestra la percepción que tienen los alumnos de un curso experimental de química universitaria*. Facultad de Química, UNAM

Rasmussen, S. (2012). How Glass Changed the World. *Spring Briefs in History of Chemistry*, 2, 11–19. <http://doi.org/10.1007/978-3-642-28183-9>

Rasmussen, S. (2007). The History of Science as a Tool of Identify and Confront Pseudoscience. *Journal of Chemical Education*, 84(6), 949-951.

Rausch, M., Vogel, M., Rosenberg, H. (1957). Ferrocene: A novel organometallic compound. *Journal of Chemical Education* 34(6), 268.

Sanmartí, N., Alimenti, G. (2004). La evaluación refleja el modelo didáctico: análisis de actividades de evaluación planeadas en clases de química. *Educación Química*, 15, pp. 120-128

Sella A. (2009). *Classic Kit: Leibig's Kaliapparat*, Royal Society of Chemistry. Consultada en Diciembre 15, 2015, en la URL <http://www.rsc.org/chemistryworld/Issues/2009/September/LiebigsKaliapparat>

Séré, M. (2002). La Enseñanza en el laboratorio. ¿Qué podemos aprender en términos de conocimiento práctico y de actitudes hacia la ciencia? *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (3), pp. 357-368.

Sharma, R., Gulati, S., Mehta, S. (2012). Preparation of gold nanoparticles using tea: A green chemistry experiment. *Journal of Chemical Education*, 89(10), 1316–1318.

Silberman, R. (1981). Problems with Chemistry Problems: Student Perception and Suggestions. *Journal of Chemical Education*, 58, 1036.

Smith, E. (1925). Observations on teaching the history of chemistry. *Journal of Chemical Education*, 2(7), 23.

Sobral, A. (2005). Synthesis of *meso*-Octamethylporphyrinogen: An Undergraduate Laboratory Mini-Scale Experiment in Organic Heterocyclic Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 82(4), 618.

Tamir, P. (1989). Training teachers to teach effectively in the laboratory. *Science Education*, 73, pp. 59-69.

Tamir, P. (1999). Self-assessment: the use of self-report knowledge and opportunity to learn inventories. *International Journal of Science Education*. 21(4), pp. 401-411.

Tiselius A. *The Nobel Prize in Chemistry 1952 awarded jointly to Archer John Porter Martin and Richard Laurence Millington Synge "for their invention of partition chromatography"*. Consultada en Noviembre 22, 2015, en la URL [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/chemistry/laureates/1952/](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1952/)

Warner, J., Anastas, T., Anselme, J. (1985). The Wittig reaction in the undergraduate organic laboratory. *Journal of Chemical Education*., 62(4), 346.

**ANEXO**  
**PRÁCTICAS EXPERIMENTALES PARA**  
**QUÍMICA EXPERIMENTAL HISTÓRICA.**

## **EXPERIMENTO # 1. LOS METALES EN LA ANTIGÜEDAD.**

### **Preguntas iniciales**

1. ¿Qué es el cobre y cómo se puede identificar?
2. ¿En dónde se han encontrados los primeros utensilios de cobre?
3. ¿Cuál es la composición química de la malaquita?
4. ¿Qué quiere decir la edad de cobre?

### **Materiales y sustancias sugeridos**

Mechero Bunsen	Crisol de porcelana
Soporte Universal	Una pieza de malaquita,
Anillo para soporte	Carbón-vegetal.
Tela de asbesto	

### **Un procedimiento posible.** (Chamizo J.A., 2010)

1. Colocar una pieza de malaquita dentro de un crisol de porcelana, calentar con el mechero Bunsen durante 15 minutos o hasta que la malaquita cambie totalmente a un color negro.
2. Llenar hasta una tercera parte del crisol con carbón vegetal bien pulverizado, asegurando que quede totalmente cubierta la pieza de color negra obtenida en el paso anterior.
3. Tapar el crisol perfectamente para evitar la entrada de aire y volver a calentar por aproximadamente 90 minutos. Dejar enfriar y separar la pieza obtenida del resto de carbón.

### **Preguntas finales.**

1. ¿Qué características tiene ahora la pieza?
2. ¿Cómo sabes que lo que obtuviste es cobre?
3. ¿Qué reacción o reacciones químicas se llevaron a cabo?
4. ¿Cuáles son los usos actuales del cobre?
5. ¿Es posible obtener otros metales con el mismo procedimiento?



## EXPERIMENTO # 2. El vidrio, una pieza invaluable de la química.

### Preguntas Iniciales

1. ¿Qué es el vidrio?
2. ¿Cuáles son los factores que afectan el color en los vidrios?
3. Existen varios tipos de vidrio, menciona al menos 3 y da un ejemplo de su uso.
4. ¿Por qué se dice que el vidrio no es un cristal?
5. ¿Es posible obtener vidrio sin sílice?

### Materiales y sustancias sugeridas.

Balanza	Pinzas para mufla
Vidrios de reloj	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
Espátula	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>
Mortero	MnO <sub>2</sub>
Crisol	NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>
Mufla	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>
Guantes y Lentes de protección	

### Un procedimiento posible. (Chávez, 2005)

1. Pesar las cantidades señaladas en la Tabla 1 para cada tipo de vidrio, moler y mezclar en un mortero.
2. Colocar la mezcla en un crisol. Llevar el crisol a la mufla a 650°C por una hora.
3. Posteriormente elevar la temperatura a 900°C. Cuando la mezcla esté perfectamente fluida sacar el crisol de la mufla y vaciar el líquido viscoso sobre una placa de metal.

Tabla 1. Cantidades y reactivos para hacer vidrio.

Vidrio	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	MnO <sub>2</sub>	
A	0.5	4.67	0.07	
B	1.0	4.67	0.07	
C	1.67	4.67	0.07	
Vidrio	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>
D	1.0	4.67	---	0.03
E	1.0	----	5.33	0.03

\*\* MEDIDAS DE SEGURIDAD: Para efectuar el procedimiento en la mufla se deberá contar con la protección de guantes y lentes adecuados, cubriéndose con la bata de algodón y abrochada en todo momento. Previo a calentar en la mufla se deberá colocar un piso de ladrillo refractario y encima de éste la placa de metal. \*\*

### **Preguntas Finales.**

1. ¿A qué se deben las tonalidades diferentes que presentan los vidrios obtenidos?
2. ¿De qué manera se obtiene vidrio común industrialmente?
3. ¿Cuál es la composición del vidrio Pyrex?, ¿Por qué se utiliza este tipo de vidrio en laboratorios?
4. ¿Cómo se ha utilizado el vidrio a lo largo del tiempo? Menciona al menos tres ejemplos.

## **EXPERIMENTO # 3. LOS METALES SE PUEDEN QUEMAR.**

### **Preguntas iniciales**

1. ¿Qué tipo de reacción se está llevando a cabo?
2. ¿Por qué el oro o la plata no forman calx?
3. ¿Cómo se explicaban las reacciones químicas en la Europa del siglo XVI?
4. ¿Qué relevancia química tuvo el que Lavoisier retomara los trabajos con los calxs?

### **Materiales y sustancias sugeridas.**

Mechero Bunsen	2 cápsulas de cerámica
Balanza	Espátula de metal
Tripié	Lentes de seguridad
Pinzas	Limaduras de hierro
Cerillos	Magnesio en cinta

Un procedimiento posible (Chamizo J.A., 2010)

1. Pesar una cápsula porcelana y anotar su masa.
2. Poner dos cucharillas o espátulas llenas de las limaduras del hierro en la cápsula y volver a pesarla.
3. Colocar la cápsula con las limaduras de hierro en el tripié. Poner la segunda cápsula al revés y encima de la primera cápsula para producir un ambiente más o menos sellado.
4. Usando los lentes de seguridad encender el mechero de Bunsen. Ajustar la llama abriendo el agujero de aire hasta que se esté quemando fuertemente.
5. Calentar las limaduras del hierro en la cápsula por una hora. Después de ese tiempo hay que permitir que se enfríe por 10 minutos
6. Utilizar las pinzas para llevar la cápsula a la balanza y pesarla.
7. Repetir el experimento con el magnesio en cinta. En este caso la reacción es mucho más rápida.

### **Preguntas finales**

1. ¿Cuál es la diferencia en apariencia entre los metales y su calx?
2. ¿Cuál es la diferencia en esta reacción entre los dos metales?
3. ¿Cuál es el incremento (en porcentaje) del peso de la calx con respecto al metal original?
4. Sin considerar la existencia del oxígeno ¿Cómo explicarías el incremento en la masa de la calx?
5. ¿Cuáles son los nombres que les dio Lavoisier a las calxs?

## EXPERIMENTO # 4. LA ELECTRÓLISIS DEL AGUA.

### Preguntas iniciales.

1. ¿Por qué la primera revolución química es también conocida como la revolución química de Lavoisier?
2. ¿Quién fue Alessandro Volta y de que estaba hecha su pila original?
3. ¿Cómo funciona una pila voltaica?
4. ¿Cuál fue la propuesta original de Robert Boyle acerca de los elementos?

### Materiales y sustancias sugeridas

1 pila de 6V.	Astillas de madera
2 cables de aproximadamente 30 cm con los extremos pelados	Lentes de seguridad Guantes
1 recipiente de agua (al menos de 20 cm de lado por 15 de alto)	Agua de la llave Agua destilada
2 tubos de ensayo	Ácido sulfúrico
Cerillos	

### Un Procedimiento posible. (Chamizo J.A., 2010)

1. Llena hasta la mitad el recipiente con agua de la llave y agrégale unas gotas de ácido sulfúrico.
2. Llena completamente los dos tubos de ensayo con esta disolución, para ello acuéstalos y sumérgelos completamente en el recipiente y después levántalos con lentitud asegurándote de que la boca del tubo siempre esté sumergida.
3. Conecta cada uno de los cables a cada uno de los polos de la pila y cerciórate de que el otro extremo esté dentro de cada uno de los tubos.
4. Identifica cada uno de los gases por su reacción con una astilla de madera recién apagada.
5. Repite el experimento con agua destilada

### **Preguntas Finales.**

1. ¿Por qué se usa ácido sulfúrico?
2. ¿La diferencia en el volumen de los gases recogidos permite identificar la fórmula mínima del agua? ¿Cómo?
3. ¿Qué sucedió cuando la electrólisis se hace con agua destilada?
4. ¿Por qué si se agrega sal al agua no se obtiene sodio y cloro?

### **EXPERIMENTO # 5. EL KALIAPPARAT.**

#### **Preguntas iniciales.**

1. ¿Quién fue Justus von Liebig?
2. ¿Qué es la fórmula mínima de un compuesto?
3. ¿Qué dificultades esperaría encontrar al proponer una estructura molecular con base en una fórmula mínima?
4. ¿Quién fue August Kekulé y cómo es recordado?

#### **Materiales y sustancias sugeridas.**

Mechero Bunsen.

1 Vaso de precipitados de 500mL

Algodón.

Matraz Erlenmeyer de 125mL.

1 Matraces bola de 25mL.

1 trampa de humedad.

Un sistema para burbujeo de CO<sub>2</sub>.

Matraz Kitazato de 250mL.

Espátula.

2 Pinzas de tres dedos con nuez.

Soporte universal.

Embudo Büchner.

Papel filtro.

Muestra orgánica.

Recolector.

Carbonato de calcio.

Sulfato de sodio anhidro.

Óxido de cobre (II).

1 Mortero

Mangueras para vacío.

T de destilación.

Teflón.

### Un posible procedimiento

1. Pesar 0.050g de la muestra orgánica en una balanza analítica, anotar el resultado hasta la tercera cifra significativa.
2. Con una espátula tomar 0.500g de óxido de cobre (II). La muestra orgánica y el óxido de cobre (II) se vierten al matraz bola de 25mL *previamente pesado*, cuidando que no se pierda muestra durante este proceso.
3. En un vaso de precipitados de 500mL, preparar aproximadamente 150mL de agua de cal. Filtrar el exceso de carbonato de calcio y transferir el agua de cal a un matraz Kitazato de 250mL.
4. Llenar la trampa de humedad con sulfato de sodio anhidro y taparla con algodones. Se debe de pesar la trampa vacía, la cantidad de sulfato de sodio anhidro y los algodones.
5. El matraz bola de 25mL que contiene la muestra orgánica es adaptado con una T de destilación previamente pesada, se cierra uno de sus extremos con un tapón y se adapta el otro extremo a la trampa de humedad.
6. Al otro extremo de la trampa de humedad se le adapta el recolector. El recolector deberá estar sumergido dentro de la solución de agua de cal, asegurándose que el matraz Kitazato este sellado con un tapón y conectado al vacío.
7. Se enciende el vacío y se prende el mechero Bunsen, se calienta el matraz con la muestra orgánica hasta que no se observe más desprendimiento de dióxido de carbono. (Se deben sellar todas las juntas con teflón en orden de prevenir fugas de CO<sub>2</sub>)
8. Se pesa el remanente dentro del matraz bola para determinar la cantidad de muestra orgánica que reacciona. Se pesa el sulfato de sodio hidratado, los algodones y las juntas que tengan gotas de agua visibles.
9. Se cuantifica la cantidad de precipitado formado en el agua de cal y finalmente se hacen los cálculos correspondientes para determinar la fórmula mínima. (El oxígeno se considera como reactivo en exceso.)

### **Preguntas finales**

1. ¿Qué es el precipitado blanco y cuanto se obtuvo? Proponga una reacción balanceada para su formación
2. ¿Cuál fue la masa final del sulfato de sodio anhidro? ¿A qué se debe el aumento de masa?
3. ¿Cuántos gramos del compuesto orgánico reaccionaron? ¿Por qué se mezcló con óxido de cobre II?
4. Haga los cálculos estequiométricos correspondientes para dar la fórmula mínima del compuesto orgánico. ¿Sería sencillo asignar una estructura a

## **EXPERIMENTO #6. SEPARACIÓN DE LOS ENANTIÓMEROS DEL ÁCIDO TARTÁRICO.**

### **Preguntas iniciales.**

1. ¿Qué es un isómero óptico? Explique
2. ¿Qué es una mezcla racémica?
3. ¿Cómo funciona un polarímetro?
4. ¿Qué diferencia esperarías encontrar en las estructuras cristalinas de un isómero?
5. ¿Qué importancia tuvo el descubrimiento de la isomería en química?

### **Materiales y sustancias sugeridas<sup>21</sup>.**

Carbonato de sodio anhidro

Ácido tartárico

Vados de precipitados de 50mL

Una aguja para coser

Microscopio simple

Parrilla eléctrica

Polarímetro

Agitador magnético

---

<sup>21</sup> De manera complementaria a esta práctica, es recomendable el uso de un polarímetro para identificar cuál de los cristales es el dextrógiro y levógiro. No obstante, la síntesis y caracterización visual de los enantiómeros de la sal de tartrato es totalmente posible aún sin el polarímetro.



### **Un procedimiento posible. (Kauffman, 1975)**

1. Disolver 3.00g (0.020mol) de una mezcla racémica de ácido tartárico en un vaso de precipitados de 50ml con 10mL de agua hirviendo.
2. Despacio y con agitación constante adicionar 1.06g (0.010mol) de carbonato de sodio anhidro. Si se observa algún precipitado blanco, calentar hasta que se disuelva.
3. Una vez que pare la efervescencia añadir lentamente y con agitación constante aproximadamente 1.5g de carbonato de amonio en pequeñas porciones. Hay que esperar a que no haya efervescencia para agregar cada porción. Si se observa un precipitado blanco hay que calentar y agitar hasta que se disuelva. Si huele fuertemente a amoníaco se debe a que el calentamiento ha sido muy fuerte y parte del amonio se ha perdido, por lo que en este caso será necesario agregar un poco más de carbonato de amonio.
4. Al terminar la última efervescencia la disolución se decanta en otro vaso de precipitado de 50mL, removiendo cualquier sólido que pudiera causar una cristalización prematura. Dejar enfriar a temperatura ambiente hasta que los cristales se formen.
5. Tan pronto los cristales se empiecen a formar se deben ir separando por decantación para impedir que ambos isómeros crezcan juntos. Se deja evaporar la disolución y se repite el procedimiento varias veces.
6. Con ayuda de una aguja y un microscopio se separan las estructuras cristalinas con diferente geometría.

### **Preguntas finales.**

1. ¿Qué forma tienen los cristales de ambos isómeros?
2. ¿Por qué no se debe inducir la cristalización?
3. ¿Qué importancia tienen la isomería en química orgánica?
4. ¿Por qué esta técnica no se utiliza en la actualidad?, ¿qué técnicas actuales conoces para identificar isómeros?

## EXPERIMENTO # 7. EL NACIMIENTO DE LA ESPECTROSCOPIA.

1. ¿Cómo funciona el mechero bunsen?
2. ¿Por qué algunas sustancias al calentarse emiten luz y otras se queman o se funden?
3. ¿Por qué la luz que emiten las sales metálicas al calentarse es específica de los elementos que las componen?
4. ¿Qué es un espectroscopio? ¿Cómo funciona?

### Materiales y sustancias sugeridas

Mechero de Bunsen	Sales de metales (nitratos o cloruros):
Alambre de platino o nicromio	sodio, potasio, calcio, bario, litio, cobre,
Vidrios de reloj	estroncio
Vidrio de cobalto	Ácido clorhídrico concentrado.

### Un procedimiento posible. (Chamizo J.A., 2010)

1. Mezclar un poco de una de las sales de con HCl en el vidrio de reloj.
2. Humedecer un extremo del alambre de platino en la disolución y colocarla en la llama del mechero Bunsen.
3. Observar el color a simple vista y filtrado con un vidrio de cobalto.
4. Repetir con otra sal después de limpiar el alambre de platino introduciéndolo en HCl.
5. Con la información obtenida podrás completar la siguiente tabla.

Nombre de la sustancia	Formula	Color de la llama	Metal que produce el color	Longitud de onda del color

### Preguntas finales

1. ¿Qué es la luz?
2. ¿Cómo funciona la espectroscopia visible, ultravioleta e infrarroja?
3. ¿Cómo se puede saber la composición química de un planeta y de las estrellas?
4. ¿Cómo, quien y cuando se descubrió el helio?

## **EXPERIMENTO # 8. LA INDUSTRIA DE LOS COLORANTES**

### **Preguntas iniciales**

1. ¿Cómo fue la vida de W. Perkin?
2. ¿Qué es una serendipia?
3. Menciona al menos cinco colorantes de origen animal o vegetal.

### **Materiales y sustancias sugeridas**

Un vaso de precipitados de 500 mL	Toallas de papel o papel absorbente
Dos matraces Erlenmeyer de 250 mL	Papel filtro
Un embudo	Sulfato de anilina (sulfato de fenilamonio)
Un pequeño trozo de seda o tela	Dicromato del potasio
Un tubo de ensayo con capacidad superior a 25 mL	25 mL de etanol
Una varilla de vidrio	

### **Un procedimiento posible.** (Chamizo J.A., 2010)

1. Disolver aproximadamente una pequeña cucharada del sulfato de anilina en 100 mL de agua, después agregar unos cuantos cristales de dicromato de potasio y calentar la disolución hasta que aparezca un precipitado color negro.
2. Filtrar el precipitado negro y lavarlo con agua caliente, pasar el precipitado al tubo de ensayo que contiene los 25 mL de etanol.
3. Introducir el tubo de ensayo al vaso de precipitados y calentar a baño María con agua y raspar las paredes del tubo con ayuda de la varilla de vidrio, agitando muy bien.
4. Filtrar en un matraz Erlenmeyer de nuevo, pero en este momento, la solución filtrada debe tener un color morado oscuro. Se agregan las piezas de tela, incluyendo la seda, a la solución del colorante, se calienta la solución en baño María durante varios minutos. Se retirar la tela, se lava y se dejar secar

### **Preguntas finales**

1. ¿Qué estructuras químicas son las que producen color en la malva de perkin?
2. El descubrimiento de Perkin fue muy importante porque el tinte no se decolora. ¿Qué deberías hacer para comprobarlo?
3. La industria de los colorantes hoy sigue siendo muy importante ¿Quién es el principal productor de colorantes? ¿Cuánto se produce?
4. ¿Por qué el color de un colorante puede cambiar en diferentes tejidos?
5. ¿Qué colorantes de origen natural se siguen utilizando? ¿Qué valor tienen en el mercado?

## EXPERIMENTO # 9. SÍNTESIS DE ASPIRINA.

### Preguntas iniciales

1. ¿Cuál es la estructura química de la aspirina?
2. ¿Quién fue Félix Hoffman y cuál fue su propuesta de síntesis?
3. ¿En cuál de los disolventes que se mencionan a continuación esperaría que el ácido acetilsalicílico fuera insoluble? ¿por qué?
4. ¿En qué consiste una recristalización y para qué sirve?
5. ¿En qué año se sintetizó por primera vez la aspirina y por qué no se podía hacer antes?

### Material y sustancias sugeridas.

Espátula	Vidrio de reloj
Agitador de vidrio	Ácido salicílico
Embudo Büchner	Anhídrido acético
Embudo de vidrio	Ácido clorhídrico (50% m)
Matraz Kitasato	Acetato de etilo
2 Pinzas de tres dedos	Hidróxido de sodio
Probeta de 10mL	Carbonato de sodio
Recipiente para baño maría	Hexano
2 Vaso de precipitados de 50mL	

### Un procedimiento posible. (Chamizo J.A., 2010)

1. En un vaso de precipitados de 50 mL coloque 0.56 g de ácido salicílico y 1.2 mL de anhídrido acético.
2. Con una varilla de vidrio mezcle bien los dos reactivos. Una vez que se obtenga una mezcla homogénea, adicione 0.5g de NaOH ó 2.4 g de carbonato de sodio.
3. Agitar por 10 minutos y al terminar adicione lentamente 10 mL de agua destilada y ácido clorhídrico al 50% hasta que el pH de la disolución sea de
4. Se enfría en un baño de hielo y cuando se observe el precipitado blanco se filtra al vacío. Saque el punto de fusión y calcule rendimiento

NOTA: Los cristales del ácido acetilsalicílico pueden disolverse en agua, asegúrese de que el agua este bien fría. De ser necesario recristalice el producto haciendo uso de la menor cantidad posible de acetato de etilo y hexano.

### **Preguntas finales**

1. ¿Cómo sabe que lo que obtuvo en verdad es ácido acetilsalicílico? Mencione al menos dos pruebas que podrían sustentar sus observaciones adecuándose a los tiempos de Félix Hoffman.
2. ¿Por qué se requiere la adición de una base y posterior de ácido hasta un pH de 3?
3. ¿Por qué la aspirina es el medicamento más consumido en el mundo?

## EXPERIMENTO # 10. LA BAQUELITA, EL PRIMER PLÁSTICO SINTÉTICO

### Preguntas iniciales.

1. Mencione al menos cuatro productos comerciales a base de bakelita
2. ¿Quién fue Leo Hendrick Baekeland?
3. ¿Cuál es la reacción química que explica la formación de bakelita?
4. ¿Cuál fue la importancia social y económica de la producción de este plástico?

### Materiales y sustancias sugeridas.

Un vaso de precipitados de 250mL	Espátula
Agitador magnético	Pipeta Pasteur
Parrilla de calentamiento	Fenol
Probeta de 20mL	Formaldehido
Agitador de vidrio	Ácido acético glacial
	Ácido clorhídrico concentrado

### Procedimiento Sugerido.

1. En un vaso de precipitado de 250mL y con agitación constante agregar 15g de formaldehido y 10g de fenol
2. Una vez que la mezcla sea homogénea se adicionan 25mL del ácido acético glacial y se calienta a 70-80°C
3. Lentamente con una pipeta Pasteur se adicionan 10-12 mL de ácido clorhídrico concentrado, la mezcla rápidamente se pondrá de color rosado.
4. Raspar con la espátula las paredes del vaso de precipitados y recuperar toda la baquelita formada.

### Preguntas finales

1. ¿Por qué se le agrega ácido a la mezcla de reacción?
2. El producto obtenido no es lo suficientemente duro como la bakelita comercial, ¿qué se le tiene que agregar para tener un plástico más duro?

3. ¿Qué otros plásticos se pueden fabricar con base en reacciones de polimerización? Mencione al menos dos.
4. ¿Se podría obtener otro polímero si se cambiara de aldehído? ¿Cuál podría funcionar?

## **EXPERIMENTO # 11. EL MOVIMIENTO BROWNIANO.**

### **Preguntas iniciales.**

1. ¿Quién fue Robert Brown?
2. ¿En que consistieron los experimentos realizados por Robert Brown?
3. ¿Por qué se consideran revolucionarias las observaciones realizadas por Robert Brown?
4. ¿Cuál fue la teoría científica que logro explicar este fenómeno satisfactoriamente y en qué año?

### **Material y sustancias sugeridas**

Polen de flores o polvo fino de origen vegetal	Parrilla eléctrica o mechero bunsen.
Microscopio y porta objetos	1 mortero
Vaso de precipitados de 10mL	Sal inorgánica
Agua destilada.	Hielo.
	Recipiente para baño de hielo

### **Un procedimiento posible.**

1. En un vaso de precipitados de 10mL con agua destilada agregue un poco de polen o del polvo fino de canela. (Puedes usar cualquier otro tipo de polvo de tu elección, siempre y cuando sea de origen vegetal, y se encuentre molido muy finamente)
2. Trata de observar, sin usar el microscopio algún tipo de movimiento.
3. Calienta un poco de agua con el mechero bunsen, y agrega un poco de tu muestra vegetal. Observa sin uso del microscopio. Realiza este mismo procedimiento con agua fría.



4. Posteriormente, con ayuda del microscopio y un portaobjetos, pon una gota de agua que tenga muestra vegetal y observa. Repite este procedimiento con agua fría y caliente.

Anota todas tus observaciones, los cuatro puntos anteriores, pero ahora con una muestra de alguna sal que este muy bien molida. (Se recomienda usar un mortero para moler la sal de tu elección)

Anota tus observaciones.

### **Preguntas Finales**

1. Sin considerar la presencia de los átomos y moléculas; proponga una explicación a lo que observó.
2. Robert Brown observó el mismo comportamiento con sales minerales, ¿Cuáles fueron sus teorías con las que concluyo su trabajo?
3. ¿Quién fue Jean Perrin?

## **EXPERIMENTO # 12. CROMATOGRAFÍA DE PARTICIÓN, SEPARACIÓN DE LOS PIGMENTOS DE LA ESPINACA.**

### **Material sugerido.**

Un manojo de hojas de espinaca.	Placas para cromatografía en
1 matraz Erlenmeyer de 500mL.	capa fina.
15 matraces Erlenmeyer de	Sílice gel.
125mL.	Hexano.
Una columna de cromatografía	Acetona.
pequeña.	Agua.

### **Preguntas iniciales.**

1. ¿Quién fue que Michael Tsvett y cuál fue su trabajo?
2. ¿Cuál fue la innovación propuesta por J.P. Martin y Richard Synge que revolucionó la técnica de cromatografía?
3. ¿Qué es la cromatografía de partición y en qué consiste?
4. ¿Qué condiciones del sistema hay que considerar para llevar a cabo una buena cromatografía? Mencione al menos tres

### **Un procedimiento posible.** (Johnston, 2013)

1. Tome unas cuantas hojas de espinaca secas y póngalas en el matraz Erlenmeyer de 500mL, agregue acetona para extraer todos los pigmentos contenidos en las hojas. (Debe dejar las hojas en remojuándose en acetona por aproximadamente 45 min.)
2. Una vez que son extraídos los pigmentos de las hojas de espinaca, se pasa una muestra de esta mezcla color verde a la columna de cromatografía previamente empacada con sílice gel.
3. Se usarán diferentes fases móviles para la extracción de pigmentos, la primera consiste en hexano al 100% hasta que el primer pigmento de color amarillo-anaranjado haya sido aislado.
4. A continuación se aumenta la polaridad del eluyente agregando acetona. Se recolecta el segundo pigmento de color amarillo.

5. Finalmente se vuelve a aumentar la polaridad del eluyente y se aísla el último pigmento de color azul-verdoso.

Nota: Para determinar la relación en cantidad de hexano y acetona para extraer los pigmentos, es necesario probar antes en las placas cromatográficas.

## **EXPERIMENTO # 13. SÍNTESIS DE UN PORFIRINÓGENO. QUÍMICA ORGÁNICA SINTÉTICA.**

### **Material sugerido**

1 Matraz redondo de fondo plano de 25 mL de dos bocas	1 Termómetro de 10 a 400 <sup>a</sup> C
2 Vaso de precipitados de 100 mL	1 Espátula de acero inoxidable
1 Refrigerante de agua (con junta esmerilada) con mangueras	Pinza de 3 dedos con nuez
1 Barra de agitación magnética	1 Matraz Kitazato de 50 mL con manguera
1 Varilla de vidrio	1 Soporte Universal
Parrilla con agitación magnética	1 Embudo Büchner con alargadera. Aparato Fisher para punto de fusión.

### **Preguntas iniciales**

1. ¿Quién fue Robert Woodward?
2. ¿Qué es la química macromolecular?
3. ¿Qué es química orgánica heterocíclica? ¿cuál es su importancia?
4. ¿Qué es una porfirina y en donde se encuentran de manera natural? De al menos tres ejemplos

### **Procedimiento sugerido.** (Sobral, 2005)

1. En el matraz de fondo redondo colocar 1 mL de pirrol, 5 mL de acetona y un agitador magnético.
2. Se enfría la mezcla de reacción en un baño de hielo durante 10 minutos, esto es importante porque la reacción es exotérmica y se favorecería la polimerización.

3. Una vez que la mezcla de reacción se ha enfriado por 10 minutos, adicionar 0.5 mL de ácido clorhídrico concentrado poco a poco por las paredes del matraz y bajo agitación.
4. Se obtiene una disolución café que muestra efervescencia y precipita un sólido. La mezcla de reacción se agita 4 ó 5 minutos más y se filtra el sólido obtenido.
5. El sólido se lava con etanol frío (15-20 mL) obteniéndose un sólido blanco, se seca a 40°C por 30 minutos, se calcula el rendimiento y se determina su punto de fusión (reportado 296°C con descomposición).

**Preguntas finales.**

1. ¿Qué otra prueba de caracterización podría realizar para asegurarse de que si obtuvo el producto deseado?
2. Investigue la estructura de la vitamina B12, ¿Qué instrumentos necesitó R. Woodward para corroborar la estructura de esta macromolécula?
3. Mencione al menos 5 sustancias químicas que pueden ser obtenidos gracias a la química orgánica heterocíclica y para qué sirven.

## EXPERIMENTO #14. SÍNTESIS DE FERROCENO. QUÍMICA ORGANOMETÁLICA MODERNA.

### Material y sustancias sugeridas

1 matraz de bola de dos bocas de 100 mL	2 Agujas de acero inoxidable
1 espátula	1 agitador de vidrio
1 agitador magnéticos	2 tapones de hule reversible
1 vaso de precipitado de 100 mL	1 cánula de acero inoxidable
1 llave de paso esmerilada	1 pipeta de 10 mL
1 mortero con pistilo	1 matraz Schlenk de 100 mL
1 Soporte universal	2 vidrios de reloj
2 Parrilla con agitación magnética.	50 mL de biciclopentadieno
1 Kitazato de 100 mL	4.5 g de KOH molido
2 Pinzas de tres dedos con nuez	1.3 g de $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
1 filtro Büchner	15 mL de HCl 6M
1 Jeringa de 25 mL	Papel filtro
1 Jeringas de 1mL	20 g de hielo
1 Probeta de 10 mL	10 mL de dimetilsulfóxido (DMSO)
	15 mL de tetrahidrofurano

### Preguntas iniciales

1. ¿Qué es la química organometálica?
2. ¿Qué compuestos organometálicos ya se conocían antes del Ferroceno?
3. ¿Cómo se logró sintetizar por primera vez el Ferroceno?
4. ¿Por qué el Ferroceno abrió el campo de estudio en química organometálica si ya se conocían otros compuestos con anterioridad?

### Un procedimiento posible. (Guerrero Itzel, 2005, Práctica # 4)

1. Muele 4.5 g de KOH lo más rápido posible y transfiere el sólido a un matraz de 100 mL de dos bocas, una debe tener una llave de paso esmerilada y un agitador magnético.
2. Tapa una de las bocas con un tapón de hule reversible y purga el sistema por triplicado.

3. Bajo nitrógeno agrega 15 mL de THF mediante una jeringa e inicia la agitación, utilizando una jeringa agrega a la mezcla anterior 1 mL de ciclopentadieno recién destilado y agita vigorosamente. Deja la suspensión en agitación por 30 minutos o hasta que la coloración permanezca constante.
4. En atmósfera de nitrógeno prepara una disolución de 1.3 g de  $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  en 10 mL de DMSO. Transfiere lentamente (aproximadamente 10 minutos) la solución de  $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  a la mezcla de reacción bajo nitrógeno utilizando una jeringa.
5. Deja la reacción en agitación por 30 minutos.
6. Suspende la agitación y vierte la mezcla de reacción en un vaso de precipitado de 100 mL que contenga 15 mL de HCl 6M y 20 g de hielo. Agita manualmente que todo precipite.
7. Filtra al vacío el precipitado obtenido y lava con 2 porciones de 5mL de agua, seca el producto y pésalo para obtener el rendimiento.

### **Preguntas finales**

1. ¿Qué reacción se está llevando a cabo?
2. ¿Por qué se debe preparar la solución bajo atmósfera inerte?
3. ¿A qué se debe la coloración en la solución obtenida?
4. ¿Qué aplicaciones tiene la química organometálica en tecnología, medicina y síntesis orgánica?

## EXPERIMENTO # 15. MODIFICACIÓN A LA REACCIÓN DE WITTIG. QUÍMICA SUSTENTABLE

### Material y sustancias sugeridas

Un matraz bola de 50mL	Matraz Kitazato de 100mL.
Agitador magnético.	Embudo Büchner.
Parrilla eléctrica.	Papel filtro.
Espátula.	Placas para cromatografía en capa fina.
Pinza de tres dedos con nuez.	Hidróxido de sodio granular.
Soporte universal.	Benzaldehído
Vaso de precipitados de 50mL	
Bromuro-de-benciltrifenilfosfonio	

### Preguntas iniciales

1. ¿Quién fue George Wittig y en que consiste la reacción que lleva su nombre?
2. ¿Qué es la química sustentable?
3. ¿Qué importancia tienen los alquenos en química orgánica?
4. ¿Cómo se lleva a cabo la reacción de Wittig de manera convencional y cuáles son sus riesgos?

### Un procedimiento posible. (Morsch, 2014)

1. Se toman 0.250g del bromuro de benciltrifenilfosfonio y se colocan dentro del matraz bola de 50mL junto con 0.114g de benzaldehído
2. Se añaden 25mL de una disolución de sosa 10 N y se deja en agitación y con calentamiento moderado por 45 minutos, al término del tiempo se filtra el precipitado y se lava con agua hasta eliminar las condiciones alcalinas.
3. Se debe ir siguiendo la reacción mediante una cromatografía en capa fina, la placa se debe eluir en una mezcla 8:2 hexano/acetona

### Preguntas finales

1. ¿Cuál es el producto que se obtuvo?
2. ¿Qué características debe tener el aldehído para que se pueda llevar a cabo esta reacción en condiciones sustentables?

3. ¿Qué ventajas presenta la síntesis de Wittig en comparación con otros métodos para preparar alquenos?
4. ¿Qué estudios podría realizar para corroborar que obtuvo el producto deseado?



**ANEXO**  
**PRÁCTICAS ALTERNATIVAS PARA LA**  
**QUINTA REVOLUCIÓN QUÍMICA.**

## **EXPERIMENTO # 16. SÍNTESIS DE UN PRECURSOR CATALÍTICO DE PALADIO (II). QUÍMICA ORGANOMETÁLICA MODERNA.**

Debido a la importancia que tiene la química organometálica en el avance de la química en todas sus áreas, una propuesta experimental que haga énfasis en este hecho debe ser considerada para formar parte de éste primer manual de experimentos. Actualmente, los complejos organometálicos son muy utilizados como catalizadores en una gran cantidad de reacciones orgánicas, las cuales, antes del surgimiento de la química organometálica resultaban muy complejas o hasta imposibles. Algunas de las reacciones que suelen ser catalizadas por complejos organometálicos son: la hidrogenación de olefinas, isomerización y acoplamiento carbono-carbono. (Guerrero Itzel, 2005)

### **Material y sustancias sugeridas.**

1 Matraz de 2 bocas (14/23) de 25 mL	1 Pipeta Pasteur con bulbo
1 Barra de agitación magnética	1 Embudo de tallo largo
2 pinzas de tres dedos con nuez	1 Aguja de acero inoxidable
1 refrigerante (14/23) con mangueras	0.5mL de bromuro de alilo
1 soporte universal	10mL de CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>
2 pipetas de 5mL	MgSO <sub>4</sub>
1 Espátula	100mg de PdCl <sub>2</sub>
1 Vidrio de reloj	3mL de ácido acético glacial
1 Propipeta	3 mL de agua destilada
Papel filtro	
1 jeringa de 1.0mL	
1 Tapón de hule reversible	
1 baño de arena	
1 probeta de 10mL	
Recipiente de baño María	
Termómetro	
1 Parrilla de agitación y calentamiento	
1 embudo de separación de 125mL	
1 Matraz Erlenmeyer de 25mL	

## Preguntas Iniciales

1. ¿Qué es un catalizador?
2. ¿Qué es el número de coordinación de un metal?
3. ¿Qué significa la palabra “organometálica”?
4. ¿Cuál fue el primer compuesto organometálico sintetizado?

## Procedimiento sugerido. (Guerrero Itzel, (2005), Práctica # 9)

1. En un matraz de dos bocas de 25mL con agitador, coloca los 100mg de cloruro de paladio. Añade 3mL de ácido acético glacial y 3 mL de agua destilada.
2. Colocar el refrigerante en posición de reflujo y conectado al agua. Iniciar el calentamiento con agitación en baño de arena. La mezcla se debe calentar lentamente y sin sobrepasar los 100°C por 15 minutos.
3. Pasado este tiempo, deja que la mezcla se enfríe hasta 60°C. y agregar 0.5mL de alilo utilizando una jeringa.
4. Calentar en baño María y no dejar que sobrepase los 60°C durante 1 hora. Pasado el tiempo dejar que se enfríe a temperatura ambiente.
5. A temperatura ambiente, y en el embudo de separación, agrega 3mL de diclorometano, agita y separa la fase orgánica con una pipeta Pasteur. (Realizar este paso por triplicado) Todas las extracciones deben juntarse en el matraz Erlenmeyer.
6. La fase orgánica se seca con MgSO<sub>4</sub> anhidro, y mediante una filtración de gravedad se separan los sólidos de la fase orgánica. Se evapora el exceso de disolvente de preferencia en un rotavapor, y se recolecta el producto y se saca punto de fusión.

## Preguntas Finales

- 1 ¿En lugar de paladio, que otro metal propondrías cómo centro metálico? ¿por qué?
- 2 ¿Por qué debe cuidar la temperatura durante los calentamientos?
- 3 Que otro compuesto organometálico crees que sirva como catalizar de reacciones.

## **EXPERIMENTO # 17. SÍNTESIS DE NANOPARTÍCULAS DE ORO UTILIZANDO TÉ VERDE. QUÍMICA SUSTENTABLE. (Sharma R., 2012)**

Durante los últimos veinte años la química medio ambiental y la nanoquímica han surgido como interdisciplinas de un alto interés en el desarrollo científico, pues los intereses actuales de las sociedades en todo el mundo, se encuentran enfocados en aspectos de la conservación del medio ambiente y un desarrollo tecnológico cada vez más avanzado y específico. Esta situación obliga a que gran parte de las investigaciones realizadas por empresas y universidades busquen satisfacer tales necesidades.

El surgimiento de la química medio ambiental puede situarse en 1974, cuando Sherwood Rowland y Mario Molina publicaron sus investigaciones acerca del efecto de los clorofluorocarbonos en la capa de ozono.

Por otra parte, el surgimiento de la nanoquímica podría situarse con el descubrimiento del fulleren (C<sub>60</sub>) en 1984 por Robert F. Curl, Harold W. Kroto y Richard E. Smalley y las posteriores síntesis de nanotubos de carbono (Chamizo J.A., 2011).

### **Preguntas iniciales.**

1. ¿En qué escala opera la magnitud nano? De algunos ejemplos
2. ¿Cuáles son los principios de la química sustentable?
3. ¿Por qué ciertas características físicas, como el color, varían a nivel nano?
4. ¿Qué es un agente reductor?

### **Material y sustancias sugeridas.**

2 matraz Erlenmeyer de 125 mL	Espectrofotómetro de UV- visible
4 matraces Erlenmeyer de 50mL	1 Celdas para el espectrofotómetro
Agitador magnético	1 Pipeta Pasteur
1 Pipeta graduada de 0.1mL	Parrilla de agitación
1 Bolsas de té verde	Papel Filtro
0.1 M de ácido de tetracloruro de oro	1 Embudo de filtración por gravedad
(III)	
Agua destilada	
1 Agitador magnético	

### **Procedimiento sugerido.** (Sharma R., 2012)

1. En un matraz Erlenmeyer preparar una disolución acuosa de ácido de tetracloruro de oro (III) 0.1M
2. En otro matraz Erlenmeyer de 50mL agregan 200mg de hojas de té, agregar 12 mL de agua y agitar por 15 minutos. Se filtra y se separan las hojas de la disolución. La disolución se agrega a los cuatro matraces Erlenmeyer de 50 mL cambiando la concentración del té (10%, 5% y 1 %)
3. Con ayuda de una pipeta graduada, agregar aproximadamente 0.1mL de la disolución ácida de oro (III) a las disoluciones de té, gota a gota y en agitación constante. Se agitan por 5 minutos.
4. Si alguna disolución se pone de color morado, las nanopartículas han comenzado a formarse.
5. Se caracteriza mediante Uv-Visible<sup>22</sup> la presencia de las nanopartículas de oro, las cuales deben absorber a un valor de lambda de 530-a 560nm dependiendo de cada concentración añadida de té.

### **Preguntas Finales**

1. ¿Cuál es la fórmula química del ácido de tetracloruro de oro (III)?
2. ¿Qué aplicaciones tienen las nanopartículas de oro?
3. ¿Qué es lo que causa una diferente coloración en las disoluciones?
4. ¿Cuál es el papel de las hojas de té en la síntesis de nanopartículas de oro?

---

<sup>22</sup> Para mayor información acerca de la caracterización de las nanopartículas de oro mediante la espectrofotometría de UV-visible, revisar el material complementario en *Sharma R., 2012*

## **ANEXO**

# **DIAGRAMAS HEURÍSTICOS SOBRE: QUÍMICA EXPERIMENTAL HISTÓRICA.**

Diagrama heurístico sobre: Movimiento Browniano		pts.												
<b>HECHOS RELEVANTES</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>El movimiento browniano, llamado así en honor del biólogo Robert Brown quien en 1827, mientras observaba en el microscopio granos de polen suspendidos en agua.</li> <li>Movimiento browniano es el movimiento aleatorio que se observa en algunas partículas microscópicas que se hallan en un medio fluido.</li> <li>Para comprobar este fenómeno se coloca una muestra de partículas pequeñas, por ejemplo polen en un medio fluido, como agua y se observa al microscopio el movimiento aleatorio de éstas, variando la temperatura del fluido.</li> <li>Einstein a partir del movimiento browniano pudo aproximar el tamaño y la masa de los átomos y moléculas.</li> </ul>		3												
<b>PREGUNTA</b> ¿Si se quiere observar el movimiento Browniano que partículas lo representan mejor?		3												
<b>CONCEPTOS</b> <b>Aplicaciones</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Al fenómeno de la osmosis por gradiente de concentraciones.</li> <li>Fenómeno de difusión de partículas en un medio fluido.</li> <li>Movimiento de las partículas coloidales, las cuales presentan un movimiento aleatorio por el empuje del fluido.</li> </ul>	<b>METODOLOGÍA</b> <b>Procedimiento para la obtención de datos</b> En un vidrio de reloj se colocó un poco de agua, se agregaron unas cuantas partículas de polen y se observó al microscopio, esto se repitió utilizando agua caliente y agua fría, además de repetir este procedimiento utilizando un poco de óxido de hierro III previamente pulverizado en un mortero. Se analizó la parte teórica de movimiento browniano de las fuentes citadas al final.	1												
<b>Lenguaje</b> Movimiento browniano, partículas, aleatorio, fluido, moléculas, coloide, modelo, átomo.	<b>Procesamiento de los datos para obtener un resultado</b> <table border="1"> <tr> <td>Partícula</td> <td>Agua 22°C</td> <td>Agua Fría 10°C</td> <td>Agua 50°C</td> </tr> <tr> <td>Polen</td> <td>No</td> <td>No</td> <td>Poco</td> </tr> <tr> <td>Óxido de hierro III</td> <td>Poco</td> <td>No</td> <td>Poco</td> </tr> </table>	Partícula	Agua 22°C	Agua Fría 10°C	Agua 50°C	Polen	No	No	Poco	Óxido de hierro III	Poco	No	Poco	2
Partícula	Agua 22°C	Agua Fría 10°C	Agua 50°C											
Polen	No	No	Poco											
Óxido de hierro III	Poco	No	Poco											
<b>Modelo</b> Movimiento aleatorio observado en pequeñas partículas en suspensión en un fluido.	<b>Análisis y/o conclusión derivado de los datos</b> Con base en las observaciones realizadas con las distintas partículas, se presume que la mejor partícula para representar el movimiento browniano es el óxido de hierro III ya que tiene menor tamaño que el polen, además de que se concluye que la energía aportada por el agua caliente aumenta la probabilidad de que ocurra el movimiento.	1												
<b>RESULTADO</b> Para observar el movimiento Browniano en agua, resultó que el polen se aglomera, impidiendo observar movimiento alguno. Sería viable utilizar algún otro material de origen orgánico, como el polvo fino de canela o café para visualizar el movimiento Browniano.		3												
<b>REFERENCIAS</b> De los hechos: Valenzuela, Calahorro Cristóbal. Química general Introducción a la química teórica. Ediciones Universidad Salamanca. Madrid, 1995. PP. 337 De los conceptos: De la Peña, Luis Ignacio. Diccionario esencial de química. Larousse. México, 2013. De la metodología.: Ciencia en Acción. ¿Cómo observar movimiento browniano? <a href="http://www.cienciaenaccion.org/es/2014/experimento-105/como-observar-el-movimiento-browniano.html">http://www.cienciaenaccion.org/es/2014/experimento-105/como-observar-el-movimiento-browniano.html</a>		3												
Autoevaluación (total de puntos entre los posibles). Se tienen que sumar todos los puntos obtenidos		<b>20</b>												
Integrantes: Morelos López, Abad Cepeda														

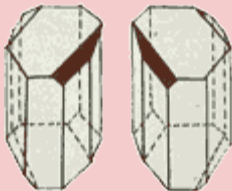
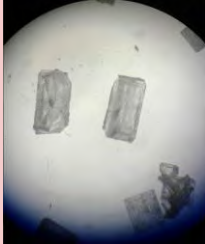
Diagrama heurístico sobre: Isómeros ópticos		pts.						
<b>HECHOS RELEVANTES</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>En 1848 Luis Pasteur separó por primera vez cristales de enantiómeros de ácido tartárico, lo cual conllevó al descubrimiento de “disimetría molecular”</li> <li>La separación mecánica de estos enantiómeros y la observación de la polarización de la luz se realiza de forma simple con material disponible en la mayoría de los laboratorios académicos modernos.</li> <li>Los cristales de enantiómeros de tartratos son los únicos que cristalizan a esa magnitud de tamaño, por lo que pueden ser separados por métodos mecánicos, para después ver cómo difractan la luz en el polarímetro.</li> </ul>		3						
<b>PREGUNTA</b> Si se quiere reproducir el experimento de separación de los cristales formados por el ácido tartárico de Luis Pasteur en el ámbito académico, ¿Qué métodos y técnicas podemos dar a quien pretende realizar esta práctica?		3						
<b>CONCEPTOS</b>		1						
Aplicaciones Se puede realizar una guía a anexar a esta práctica para quien pretenda realizarla con fines académicos.	<b>METODOLOGÍA</b> Procedimiento para la obtención de datos: Se realizó la práctica de separación de cristales de enantiómeros del ácido tartárico, una vez terminada se identificaron los procesos que dificultaron la práctica, y se enlistaron las técnicas o conceptos que ayudaron a resolver estos problemas para realizar la práctica con éxito.	1						
Lenguaje Cristalización, enantiómeros, estructura cristalina, mezcla racémica, quiralidad, polarización de la luz, métodos mecánicos, disimetría molecular, sistemáticamente, pinzas de disección, quiralidad supramolecular.	Procesamiento de los datos para obtener un resultado <table border="1"> <thead> <tr> <th>Proceso</th> <th>Solución</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Identificar los cristales de tartrato</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>Se hizo un barrido de todos los cristales bajo el microscopio, procurando formar una capa de cristales lo más fina posible con respecto al portaobjetos.</li> <li>Se removieron sistemáticamente las formaciones cristalinas de tamaño excesivo así como los pedazos rotos de cristal.</li> <li>Se seleccionaron entre los cristales los que mejor conservaban su estructura.</li> </ul> </td> </tr> <tr> <td>Hacer una comparación de cristales de los diferentes enantiómeros bajo el microscopio.</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>La imagen obtenida por el microscopio es bidimensional, para comparar los cristales es necesario <i>manipularlos</i> para mostrar su carácter quiral al tiempo que se ven con la ayuda del microscopio.</li> </ul> </td> </tr> </tbody> </table>	Proceso	Solución	Identificar los cristales de tartrato	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se hizo un barrido de todos los cristales bajo el microscopio, procurando formar una capa de cristales lo más fina posible con respecto al portaobjetos.</li> <li>Se removieron sistemáticamente las formaciones cristalinas de tamaño excesivo así como los pedazos rotos de cristal.</li> <li>Se seleccionaron entre los cristales los que mejor conservaban su estructura.</li> </ul>	Hacer una comparación de cristales de los diferentes enantiómeros bajo el microscopio.	<ul style="list-style-type: none"> <li>La imagen obtenida por el microscopio es bidimensional, para comparar los cristales es necesario <i>manipularlos</i> para mostrar su carácter quiral al tiempo que se ven con la ayuda del microscopio.</li> </ul>	1
Proceso	Solución							
Identificar los cristales de tartrato	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se hizo un barrido de todos los cristales bajo el microscopio, procurando formar una capa de cristales lo más fina posible con respecto al portaobjetos.</li> <li>Se removieron sistemáticamente las formaciones cristalinas de tamaño excesivo así como los pedazos rotos de cristal.</li> <li>Se seleccionaron entre los cristales los que mejor conservaban su estructura.</li> </ul>							
Hacer una comparación de cristales de los diferentes enantiómeros bajo el microscopio.	<ul style="list-style-type: none"> <li>La imagen obtenida por el microscopio es bidimensional, para comparar los cristales es necesario <i>manipularlos</i> para mostrar su carácter quiral al tiempo que se ven con la ayuda del microscopio.</li> </ul>							
Modelo  	Análisis y/o conclusión derivado de los datos Los procesos más problemáticos en la práctica son: la identificación de cristales de tartrato y la comparación de sus estructuras cristalinas quirales.	2						
<b>RESPUESTA:</b> Se aconseja seleccionar sistemáticamente aquellos cristales que mejor conserven su estructura cristalina y separarlos. Se aconseja que quien realice esta práctica manipule los cristales bajo el microscopio a la ayuda de pinzas de disección para hacer evidente su carácter quiral.		2						
<b>REFERENCIAS</b> De los hechos: Louis Pasteur, language, and molecular chirality. I. Background and Dissymmetry. Joseph Gal. 2010 Wiley-Liss, Inc. De los conceptos: <a href="http://walba.colorado.edu/research.html">http://walba.colorado.edu/research.html</a> De la metodología: The resolution of racemic acid: A classic stereochemical experiment for the undergraduate laboratory. George B. Kauffman, Robin D. Myers 1975.		3						
Autoevaluación (total de puntos entre los posibles). Se tienen que sumar todos los puntos obtenidos		20						
Integrantes: López García      Penella Suárez								



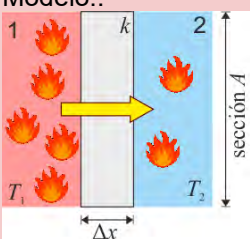
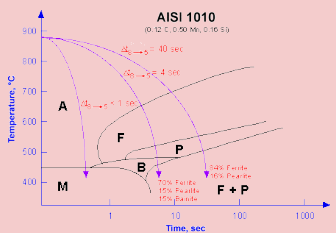
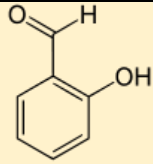
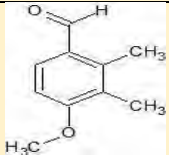
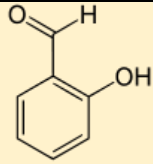
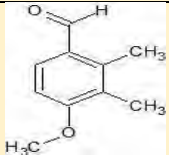
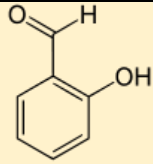
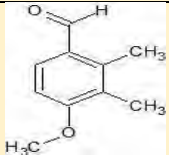

Diagrama heurístico sobre: El vidrio																						
<b>HECHOS RELEVANTES</b> <b>De los conceptos:</b> La transferencia de energía por conducción depende de varios factores, entre ellos el coeficiente de conductividad térmica $k$ (modelo 1), único para cada material. Teniendo coeficientes diferentes la velocidad de transferencia de calor hacia el ambiente es distinta. <b>De la metodología:</b> El vidrio se fabrica solidificando las sales que se llevaron previamente al estado líquido, vaciado del material fundido dentro de un molde donde se enfría y solidifica. <b>De la pregunta:</b> En una estructura cristalina (ej. Metales) la velocidad de enfriamiento es muy importante para sus propiedades, tan así que hay diagramas que indican la estructura resultante a cierta velocidad. De ser así en los sólidos cristalinos, podría haber algún factor similar en sólidos amorfos y cerámicos, es decir, vidrio.		3																				
<b>PREGUNTA</b> ¿La velocidad de enfriamiento afecta a la morfología del vidrio?		3																				
<b>CONCEPTOS</b>	<b>METODOLOGÍA</b>	1																				
<b>Aplicaciones:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Espejos</li> <li>• Ventanas</li> <li>• Gafas</li> <li>• Termómetros</li> <li>• Material de Laboratorio</li> <li>• Recipientes de vidrio (vasos, platos, etc.)</li> <li>• Acuarios</li> <li>• Mobiliario</li> <li>• Suelos, escaleras, puertas, mamparas de baño/ducha.</li> </ul>	<b>Procedimiento para la obtención de datos:</b> Se consultó el procedimiento para hacer el vidrio proporcionado por el Profesor Antonio Chamizo, posteriormente se hizo una búsqueda web y bibliotecaria sobre el vidrio obteniendo los conceptos y datos necesarios citados en las referencias. Se hicieron dos tipos de vidrio usando sales en las proporciones mostrados en la Tabla 1. Se molieron e introdujeron a una mufla a 900°C hasta que se fundió, posteriormente se sacó el líquido y se dejó solidificar una parte en un molde de metal y otra en un molde de cerámico.	1																				
<b>Lenguaje:</b> Vidrio, molde, transferencia de calor, fundición, estructura cristalina.	<b>Procesamiento de los datos para obtener un resultado:</b> <b>Tabla 1:</b> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="5" style="background-color: #f4a460;">Cantidades y reactivos para hacer vidrio.</th> </tr> <tr> <th>Vidrio</th> <th>Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub></th> <th>H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub></th> <th>NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub></th> <th>K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D</td> <td>1.0</td> <td>4.67</td> <td>-</td> <td>0.03</td> </tr> <tr> <td>E</td> <td>2.0</td> <td>-</td> <td>10.66</td> <td>0.06</td> </tr> </tbody> </table>	Cantidades y reactivos para hacer vidrio.					Vidrio	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	D	1.0	4.67	-	0.03	E	2.0	-	10.66	0.06	1
Cantidades y reactivos para hacer vidrio.																						
Vidrio	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>																		
D	1.0	4.67	-	0.03																		
E	2.0	-	10.66	0.06																		
<b>Modelo:</b>  	<b>Análisis y/o conclusión derivado de los datos:</b> Se compararon ambas piezas de vidrio obtenidas de cada tipo observándolas detalladamente en búsqueda de diferencias y después se hizo una prueba cualitativa de dureza rayándolas con un filo. Por la limitación del equipo de laboratorio solo pudimos hacer pruebas cualitativas en las cuales no se alcanzó a apreciar ninguna diferencia perceptible.	2																				
<b>RESPUESTA</b> Debido a la falta de equipo adecuado no se observó diferencia morfológica en el vidrio causada por la velocidad de transferencia de calor a través del medio por lo que se concluye que ésta no afecta. Se debería tratar de repetir el procedimiento en un laboratorio donde se disponga de un durómetro u otra herramienta que mida cuantitativamente la dureza del vidrio.		2																				
<b>REFERENCIAS</b> <b>De los hechos:</b> Gaskell, D. R., Introduction to Transport Phenomena in Materials Engineering, Mc Graw-Hill, 1992. <b>De los conceptos:</b> <a href="http://es.saint-gobain-glass.com/application/1289/aplicaciones-de-vidrio">http://es.saint-gobain-glass.com/application/1289/aplicaciones-de-vidrio</a> Consultada 19/Oct/2015. <b>De la metodología:</b> Calleja, Elizabeth Nieto; Chamizo Guerrero, J. A. (coord.), La Enseñanza Experimental de la Química. Las Experiencias de la UNAM, 1ª ed., UNAM, DF		3																				
Autoevaluación (total de puntos entre los posibles). Se tienen que sumar todos los puntos obtenidos		20																				
Integrantes: Alcántara Acevedo																						

Diagrama heurístico sobre: <b>Reacción de Wittig</b>		pts												
<p><b>HECHOS RELEVANTES</b></p> <p><u>Hecho relevante relacionado con los conceptos:</u> La reacción de Wittig permite formar alquenos a partir de aldehídos o cetonas mediante un ataque nucleofílico...</p> <p><u>Hecho relevante relacionado con la metodología:</u> Existe una variante de la reacción de Wittig que permite sustituir al n-butil litio por NaOH concentrado y al dietil éter por agua. Se considera que el uso de NaOH en medio acuoso vuelve “verde” a la reacción.</p> <p><u>Hecho relevante relacionado con la pregunta:</u> Es posible llevar a cabo la reacción de Wittig en su variante “verde” solamente con aldehídos. Estos deben ser aromáticos y tener sustituyentes que estabilicen la carga para formar el intermediario betaína.</p>		3												
<p><b>PREGUNTA</b></p> <p>¿Qué características debe tener el aldehído utilizado para dar un mejor rendimiento en una reacción de Wittig?</p>		2												
<p><b>CONCEPTOS</b></p> <p><b>Aplicaciones</b> Síntesis de alquenos para uso variado</p>		1												
<p><b>METODOLOGÍA</b></p> <p><b>Procedimiento para la obtención de datos</b> Se realizó la reacción de Wittig en medio básico, para la síntesis de 2 alquenos (partiendo de 2 aldehídos con estructura conocida) que se compararon en cuanto a su rendimiento.</p>		1												
<p><b>Lenguaje</b> Aldehído, reacción de Wittig, alquenos, Química Verde, aromaticidad, impedimento estérico, intermediario betaína.</p>		1												
<p><b>Procesamiento de los datos para obtener un resultado</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Compuesto</th> <th>Estructura</th> <th>Rendimiento cualitativo</th> <th>Aspecto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Salicilaldehído</td> <td></td> <td>Menor</td> <td>Compuesto de color blanco amarillento</td> </tr> <tr> <td>2, 3-dimetil-4-metoxibenzaldehído</td> <td></td> <td>Mayor</td> <td>Compuesto de color naranja intenso</td> </tr> </tbody> </table>		Compuesto	Estructura	Rendimiento cualitativo	Aspecto	Salicilaldehído		Menor	Compuesto de color blanco amarillento	2, 3-dimetil-4-metoxibenzaldehído		Mayor	Compuesto de color naranja intenso	1
Compuesto	Estructura	Rendimiento cualitativo	Aspecto											
Salicilaldehído		Menor	Compuesto de color blanco amarillento											
2, 3-dimetil-4-metoxibenzaldehído		Mayor	Compuesto de color naranja intenso											
<p><b>Modelo</b></p> 		1												
<p><b>Análisis y/o conclusión derivado de los datos</b> Según la reacción realizada en el laboratorio, se puede inferir que el aldehído con menor sustitución puede dar un mayor rendimiento. Los aldehídos hidroxilados al utilizarse en la síntesis de alquenos, pueden dar como resultado compuestos coloridos. El impedimento estérico del 2, 3-dimetil-4-metoxibenzaldehído puede ser la causa del rendimiento obtenido.</p>		1												
<p><b>RESPUESTA</b> Para la reacción de Wittig “verde”, el salicilaldehído fue el compuesto utilizado con el que se obtuvo un mayor rendimiento. Las características del compuesto que permiten que esto suceda pueden ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sustituciones que tiene la molécula,</li> <li>- Menor impedimento estérico (permite que se forme el intermediario betaína con mayor facilidad que el otro aldehído).</li> </ul>		2												
<p><b>REFERENCIAS</b> De los hechos: <a href="http://www.organic-chemistry.org/namedreactions/wittig-reaction.shtm">http://www.organic-chemistry.org/namedreactions/wittig-reaction.shtm</a> Consultado el 19/10/15 Layne A. Morsch et al. <i>Green Aqueous Wittig Reaction: Teaching Green Chemistry in Organic Teaching Laboratories</i>, J. Chem. Educ. 2014, 91, 611-614 De los conceptos: Doria S, Ma. Del C., <i>Química verde, un nuevo enfoque para el cuidado del medio ambiente</i>, Revista Educación Química, octubre de 2009, 412-420 de los hechos De la metodología: Protocolo de la práctica proporcionado por el profesor.</p>		3												
<p><b>Autoevaluación</b> (total de puntos entre los posibles).</p>		16												
<p><b>Integrantes:</b> Cadena Martín, Valenzuela López Jazmín Yuritzí</p>														

**ANEXO**  
**DIAGRAMAS HEURÍSTICOS SOBRE:**  
**QUÍMICA ORGÁNICA I.**  
**PRIMERA SESIÓN**

Aislamiento de un producto natural/Aceite esencial, por arrastre de vapor		Pts
<ul style="list-style-type: none"> <li>Los egipcios fueron algunos de las primeras personas en usar aceites esenciales aromáticos ampliamente en la práctica médica, tratamientos de belleza, preparación de alimentos y en ceremonias religiosas.</li> <li>El vapor de agua extraerá el aceite esencial del material este es arrastrado por el vapor de agua en un proceso de codestilación.<sup>1</sup></li> <li>Los aceites esenciales son las fracciones líquidas volátiles, generalmente destilables por arrastre con vapor de agua, que contienen las sustancias responsables del aroma de las plantas.</li> </ul>		3
<b>PREGUNTA</b> ¿Qué característica física o química presenta el aceite esencial para su aislamiento por medio de la técnica arrastre de vapor?		2
<b>CONCEPTOS</b>	<b>METODOLOGÍA</b>	2
<b>Aplicaciones</b> Uso en la terapia alternativa denominada aromaterapia. Uso principal e los aceites esenciales en la perfumería. Utilizado como conservadores para alimentos. <sup>1</sup>	<b>Procedimiento para la obtención de datos</b> Se realizó la práctica de extracción como lo indica el manual de prácticas de la facultad de química en la página 48, práctica 9. Se consultó el libro Mayo D.,Dike R.,ForbesD., Microscale Organic Laboratory: with multistep and Multiscale Syntheses.5ed, USA, wiley.	
<b>Lenguaje</b> Ley de las presiones de Dalton, calentamiento, mezcla, presión, destilación, temperatura, solubilidad, punto de ebullición, presión de vapor, extracción, aceites esenciales.	<b>Procesamiento de los datos para obtener un resultado</b> Con una cantidad de 50g de canela triturada en el matraz, bajo el procedimiento de destilación por arrastre de vapor de obtuvo una cantidad de 2.1g de aceite final. Lo cual nos indica un rendimiento de 4.2%.	1
		1
<b>Modelo</b> La canela muestra una fórmula molecular C <sub>9</sub> H <sub>8</sub> O encuentra presente en la naturaleza como trans-cinamaldehído), y está compuesto por un aldehído insaturado unido a un grupo fenilo; por ello, tiene aromaticidad. <sup>2</sup>	<b>Análisis y/o conclusión derivado de los datos</b> La materia prima se calienta lentamente por el calor latente cedido por el vapor de agua y va liberando el aceite esencial contenido y éste, a su vez, debido a su alta volatilidad se va evaporando. El aceite esencial es arrastrado por el vapor de agua, debido a su casi inmiscibilidad en el agua y a la diferencia de densidad y viscosidad con el agua. <sup>3</sup>	3
		1
<b>Respuesta:</b> Cuanto mayor es el número de dobles enlaces más inestable es el aceite y presentan un mayor empaquetamiento y sus puntos de fusión son más elevados. El compuesto de la canela presenta enlaces dobles el cual nos permite decir que como aceite esencial con puntos de ebullición mayor a 100°C, por lo cual, el vapor lo arrastra, a pesar de que este tenga un punto de ebullición más alto que el agua. El vapor y el aceite esencial son condensados y separados bajo los fundamentos de presión parcial ejercido en el sistema		3
<b>Referencias</b> Barluenga, M.J. (1987). <i>Manual de química organica</i> . Versión española de la 19ª edición alemana. Editorial Reverté. Barcelona, España. Cerutti, M.; F. Neumayer. (2004). <i>Introducción a la obtención de aceite esencial de limón</i> . Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal. UAEM. Argentina. Vol. 7. No 022, pp. 149-155. Ocampo C.R.; L.A. Ríos V.; L.A Vetancur J.; D.M. Ocampo S. (2008) <i>Curso práctico de química orgánica: enfocado a biología y alimentos</i> . Editorial universidad de caldas		
Autoevaluación (total de puntos entre los posibles). Se tienen que sumar todos los puntos obtenidos		<b>20</b>
Integrantes: Guerrero Rubio, Guerrero Estrella, Jáuregui Segura.		

Diagrama heurístico sobre: Cristalización por par de disolventes		Pts																												
<b>HECHOS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>La cristalización es una técnica para separar un sólido de un sólido o un sólido de un líquido y se basa en la solubilidad de los componentes en un disolvente.</li> <li>La cristalización es la formación de cristales a partir de una disolución sobresaturada.</li> <li>La estructura del agua y la acetona tienen la posibilidad de formar puentes de hidrógeno al tener oxígeno en su estructura.</li> </ul>		3																												
<b>PREGUNTA</b> ¿Cómo se puede elegir correctamente el par de disolventes adecuado?		3																												
<b>CONCEPTOS</b>	<b>METODOLOGÍA</b>	1																												
Aplicaciones <ul style="list-style-type: none"> <li>Cristalización de la sacarosa en la industria azucarera</li> <li>Obtención de aspirina</li> <li>Separación de ceras en la refinación de aceites (winterización)</li> </ul>	Procedimiento para la obtención de datos La práctica Cristalización por par de disolventes se realizó siguiendo las instrucciones obtenidas en el manual de prácticas para laboratorio de química orgánica I de la facultad de química en las páginas 14-17, registrando los datos obtenidos en dicho protocolo.	1																												
Lenguaje Purificación, cristalización, solubilidad, fuerzas intermoleculares, polaridad, disolvente, soluto, miscibilidad	Procesamiento de los datos para obtener un resultado Muestra- 1 g de benzoato de fenilo; Punto de fusión teórico: 68-70°C Tabla 1. Solubilidad en disolventes orgánicos <table border="1" data-bbox="535 745 1315 976"> <thead> <tr> <th>Disolventes</th> <th>Hexano</th> <th>Acetato de etilo</th> <th>Acetona</th> <th>Etanol</th> <th>Metanol</th> <th>Agua</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Soluble en frío</td> <td>No</td> <td>Si</td> <td>Si</td> <td>No</td> <td>Si</td> <td>No</td> </tr> <tr> <td>Soluble en caliente</td> <td>Si</td> <td>Si</td> <td>Si</td> <td>Si</td> <td>Si</td> <td>No</td> </tr> <tr> <td>Formación de cristales</td> <td>Si</td> <td>No</td> <td>Si</td> <td>No</td> <td>No</td> <td>No</td> </tr> </tbody> </table>	Disolventes	Hexano	Acetato de etilo	Acetona	Etanol	Metanol	Agua	Soluble en frío	No	Si	Si	No	Si	No	Soluble en caliente	Si	Si	Si	Si	Si	No	Formación de cristales	Si	No	Si	No	No	No	1
Disolventes	Hexano	Acetato de etilo	Acetona	Etanol	Metanol	Agua																								
Soluble en frío	No	Si	Si	No	Si	No																								
Soluble en caliente	Si	Si	Si	Si	Si	No																								
Formación de cristales	Si	No	Si	No	No	No																								
Modelo La solubilidad de los compuestos orgánicos depende de la polaridad del disolvente y del soluto. Las fuerzas que se deben vencer para que exista la disolución son las fuerzas intermoleculares. Si dichas fuerzas de la estructura molecular del disolvente y de soluto son semejantes el soluto se logrará disolver en el disolvente.	Análisis y/o conclusión derivado de los datos El par de disolventes Acetona- agua cumple con las características de un disolvente ideal. Obteniendo intervalos pequeños en el punto de fusión en las dos cosechas lo que significa que los cristales formados se encontraban en su forma más pura. El rendimiento calculado demuestra que la mezcla inicial de benzoato de fenilo no contenía muchas impurezas por lo que se pudo obtener una buena cantidad de benzoato de fenilo puro.	2																												
<b>RESPUESTA</b>	Para que se lleve a cabo una buena cristalización se debe de elegir un disolvente que sea muy afín al sólido a cristalizar (acetona); mientras que el otro debe de tener poca afinidad por el sólido a cristalizar. Esto se logra haciendo pruebas de solubilidad en frío en caliente; así se elige el un par de disolventes en función de esta propiedad, que a su vez depende de factores como las fuerzas intermoleculares del soluto y del disolvente. El par de disolvente ideal será aquel que uno en el soluto sea soluble en frío y otro donde no sea soluble. Así mismo se deben de considerar otros factores como el costo de dichos disolventes.	2																												
<b>REFERENCIAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><a href="http://www.cneq.unam.mx/cursos_diplomados/diplomados/medio_superior/dgire2006-2007/11_porta/mezclas/anali_cientifico/cristalizacion.html">http://www.cneq.unam.mx/cursos_diplomados/diplomados/medio_superior/dgire2006-2007/11_porta/mezclas/anali_cientifico/cristalizacion.html</a></li> <li>Pedersen S. F., Myers A. M., Understanding the Principles of Organic Chemistry: A Laboratory Course, Brooks and Cole, USA, 2011. Visitada por última vez el 08/05/2015</li> <li>L.G Wade, Organic Chemistry, 6ta Ed. Pearson International, 2005</li> <li>K.P.C. Vollhardt, Organic Chemistry, 4a Ed, Freeman 2003.</li> </ul>	3																												
Autoevaluación		19																												
Integrantes: : Ibáñez Vara, González Ramírez																														

Diagrama heurístico sobre: Extracción con disolventes orgánicos y activos.		Pts											
<b>HECHOS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Varios tipos de cromatografía son posibles, dependiendo de la naturaleza de las dos fases involucradas: sólido líquido (capa fina, papel o columna), líquido líquido y gases-líquido ( fase vapor ).<sup>5</sup></li> <li>La cromatografía en capa fina usa los principios de adsorción. La propiedad de retención y la polaridad</li> <li>Un método físico de separación.<sup>7</sup></li> <li>Partición de componentes de una mezcla (solutos) entre dos fases: Fase estacionaria: No se mueve y Fase móvil: Se mueve.<sup>7</sup></li> </ul>		2											
<b>PREGUNTA:</b> ¿Qué característica química de una sustancia nos ayuda a llevar a cabo su identificación por su polaridad utilizando la cromatografía en capa fina?		3											
<b>CONCEPTOS</b>	<b>METODOLOGÍA</b>	1											
<b>Aplicaciones</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Análisis de fármacos identificando las sustancias activas.<sup>4</sup></li> <li>Determinar la composición de proteínas identificando los aminoácidos que la componen.<sup>3</sup></li> <li>Investigación y detección de micotoxinas en alimentos.<sup>2</sup></li> </ul>	<b>Procedimiento para la obtención de datos</b> Se realizó la práctica de cromatografía en capa fina como se indica en el manual de prácticas de la facultad de química. (pagina 32). <sup>1</sup> Se utilizó artículo pdf para obtener valores de polaridad de disolventes. <sup>6</sup>	1											
<b>Lenguaje</b>  Adsorbente, fase estacionaria, disolvente, eluyente, fase móvil, interacciones intermoleculares, polaridad, eluyente, retención, elución, disolvente.	<b>Procesamiento de los datos para obtener un resultado</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Solución</th> <th>Distancia de solución con metanol como eluyente (cm)</th> <th>Distancia de solución con acetato de etilo como eluyente (cm)</th> <th>Distancia de solución con hexano como eluyente (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>2</td> <td>0.6</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>3.4</td> <td>3.8</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>		Solución	Distancia de solución con metanol como eluyente (cm)	Distancia de solución con acetato de etilo como eluyente (cm)	Distancia de solución con hexano como eluyente (cm)	2	2	0.6	0	3	3.4	3.8
Solución	Distancia de solución con metanol como eluyente (cm)	Distancia de solución con acetato de etilo como eluyente (cm)	Distancia de solución con hexano como eluyente (cm)										
2	2	0.6	0										
3	3.4	3.8	0										
<b>Modelo</b> La polaridad del compuesto, determinada por el número y naturaleza de los grupos funcionales presentes. Los solutos más polares quedarán más retenidos puesto que se adsorben más en la fase estacionaria (gel de sílice) tomando en cuenta que esta tiene una polaridad alta por los grupos silano que presenta (SiOH) mientras que los no polares se eluirán con mayor facilidad	<b>Análisis y/o conclusión derivado de los datos:</b> De acuerdo con los resultados como se pudo observar el orden de elución se incrementa al aumentar la polaridad de eluyente o fase móvil, dando como resultado que el menos polar que fue el hexano no fue capaz de mover a la solución del lugar de aplicación, con el acetato de etilo que fue de polaridad media se observó una gran diferencia entre la distancia que se movió la solución 2 y 3 y por último con respecto del metanol que es la sustancia más polar de las 3.	2											
<b>RESPUESTA:</b> De acuerdo a la polaridad de la sustancia problema se puede llevar a cabo una identificación de esta siempre y cuando se tenga la sustancia que se desea identificar de forma pura utilizándola como referencia o control, al ser polar la muestra se utilizó un disolvente polar para que no se quedara en la fase estacionaria y vencer las interacciones que hay entre la fase estacionaria y la muestra siendo esta desplazada por la fase móvil teniendo una mejor elución.		3											
<b>Referencias</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>J.M. Solario del Castillo, Micotoxinas de bacterias, Madrid España, 2007, Ed. Díaz de Santos.</li> <li><a href="http://depa.fquim.unam.mx/proteinas/estructura/ChrTLC.html">http://depa.fquim.unam.mx/proteinas/estructura/ChrTLC.html</a> (fecha de acceso 5/mayo/2015)</li> <li><a href="https://www.uam.es/docencia/jppid/documentos/practicas/actuales/quion-p6.pdf">https://www.uam.es/docencia/jppid/documentos/practicas/actuales/quion-p6.pdf</a> (Acceso 5/mayo/2015)</li> </ol>		3											
<b>Autoevaluación (total de puntos entre los posibles).</b> Se tienen que sumar todos los puntos obtenidos		<b>18</b>											
Integrantes: Cerón López, García Carranza													

**ANEXO**  
**DIAGRAMAS HEURÍSTICOS SOBRE:**  
**QUÍMICA ORGÁNICA I.**  
**SEGUNDA SESIÓN**













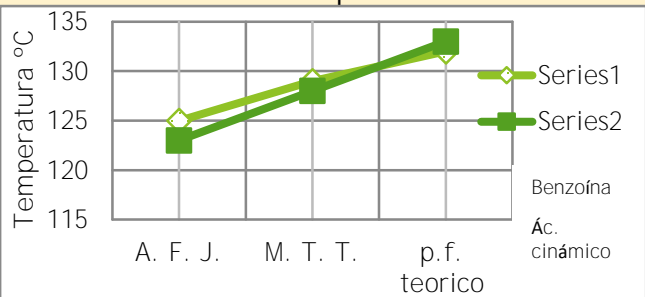
Diagrama heurístico sobre: <b>Cromatografía en capa fina (CCF)</b>		Pts										
<b>HECHOS</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La idea y los fundamentos de utilizar un adsorbente cromatogáfico como una delgada capa sobre un soporte inerte rígido son atribuidos a Izmailov y Shaiber en 1938.<sup>1</sup></li> <li>2. Consiste en la separación de una mezcla de dos o más compuestos por distribución entre dos fases inmiscibles: una fase móvil (activa) y una fase estacionaria (adsorbente).<sup>5</sup></li> <li>3. La elección del eluyente y del adsorbente son relevantes para poder realizar una cromatografía en capa fina exitosa<sup>6</sup></li> </ol>		3										
<b>PREGUNTA</b> ¿Qué efecto químico tiene la fase estacionaria seleccionada en una cromatografía en capa fina sobre el la fase móvil?		3										
<b>CONCEPTOS</b>	<b>METODOLOGÍA</b>	1										
<b>Aplicaciones</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Separación de compuestos para purificar e identificar muy eficiente y barato.<sup>2</sup></li> <li>• Es una técnica cuantitativa<sup>1</sup></li> </ul>	Procedimiento para la obtención de datos Se realizó la práctica de cromatografía en capa fina como lo indica el manual de prácticas de la facultad de química en la página 31. <sup>3</sup> Se analizó la parte teórica de cromatografía en capa fina en el libro de Química Orgánica Experimental, G. Goke. página 79-89 <sup>6</sup>	1										
<b>Lenguaje</b> Adsorbente, eluyente, polaridad, reveladores, fase estacionaria, fase móvil, identificación, pureza, retención, adsorción, cromatoplasmas, portaobjetos, capilares, cámaras de elución, relación de frente.	Procesamiento de los datos para obtener un resultado <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th>Criterio</th> <th>C</th> <th>P</th> <th>Pu</th> <th>I</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>Resultado</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> C: Concentración Pu: Pureza P: Polaridad I: Identificación	Criterio	C	P	Pu	I	<b>Resultado</b>					1
Criterio	C	P	Pu	I								
<b>Resultado</b>												
<b>Modelo</b> La fuerza con la que es adsorbido un componente depende de la polaridad de este, de la actividad del adsorbente y la polaridad de la fase móvil, cuanto más polar es un compuesto más fácil será adsorbido <sup>4</sup> las interacciones implicadas son del tipo fuerza de Van der Waals <sup>4</sup> .	Análisis y/o conclusión derivado de los datos Con base en los datos obtenidos, la muestra de paracetamol, para mayor concentración, era más grande, para la polaridad, el acetato de etilo utilizado como eluyente es el más adecuado pues muestra mejor separación del compuesto, el paracetamol contiene cafeína y ácido acetilsalicílico, determinado por la pureza y criterio parcial de identificación	2										
<b>RESPUESTA</b> Cuanto más polar sea el compuesto a separar, más firmemente se unirá a la fase estacionaria, inversamente, cuanto menos polar sea el compuesto a separar, más fuertemente se unirá a la fase móvil, debido a las atracciones moleculares semejantes. Por consiguiente el acetato de etilo es buen eluyente ya que desplaza el compuesto polar de la superficie estacionaria y no reacciona con ella.		3										
<b>Referencias:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Chamizo J.A</b>, "INTRODUCCIÓN EXPERIMENTAL A LA HISTORIA DE LA QUIMICA", primera edición, Ed. Elizcom, Colombia.</li> <li>2. Pasto D. J., Johnson C. R., Miller M. J., Experiments and Techniques in Organic Chemistry, 3.</li> <li>3. <a href="http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Manual_2015-2_29719.pdf">http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Manual_2015-2_29719.pdf</a> Visitada por última vez el día 05/08/2015.</li> </ol>		3										
<b>Autoevaluación</b>		20										
<b>Integrantes:</b> Calixto - López Alarcón.												



Diagrama heurístico sobre: Cristalización por par de disolventes		Pts																													
<b>HECHOS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>La cristalización por par de disolventes implica la utilización de dos disolventes miscibles entre si.</li> <li>Los disolventes pueden ser clasificados como próticos (forman puentes de hidrógeno) o apróticos (no forman puentes de hidrógeno).</li> <li>En el año mil aún no se tenía conocimiento de disolventes más fuertes que el vinagre.</li> </ul>		3																													
<b>PREGUNTA</b> ¿Por qué es necesario utilizar disolventes con diferentes afinidades por una mezcla sólida para la cristalización por par de disolventes?		3																													
<b>CONCEPTOS</b>		1																													
<b>Aplicaciones</b> Purificación de sólidos solubles en un solvente y poco soluble o insoluble en otro. Purificación de hidrocarburos.																															
<b>Metodología</b>		1																													
<b>Procedimiento para la obtención de datos</b> Se llevó a cabo la práctica de "cristalización por par de disolventes" siguiendo el procedimiento que indica el manual de prácticas de química orgánica I de la Facultad de Química, páginas 15 y 16. Se analizó el fundamento teórico de los disolventes orgánicos a través del artículo de la revista Ambientum, Edición abril 2004 – Suelos y residuos.																															
<b>Lenguaje</b> Miscible, disolvente, solubilidad, polaridad, cristalización, filtración, punto de fusión, impurezas, carbón activado, celita, cuerpo de ebullición, interacciones intermoleculares, volatilidad, disolvente ideal.		2																													
<b>Procesamiento de los datos para obtener un resultado</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Disolventes</th> <th>C<sub>6</sub>H<sub>14</sub></th> <th>AcOEt</th> <th>C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O</th> <th>CH<sub>4</sub> O</th> <th>H<sub>2</sub> O</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Soluble en frío</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>Soluble en caliente</td> <td>X</td> <td>✓</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>Formación de cristales</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>Insolubles</td> <td>✓</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>✓</td> </tr> </tbody> </table>			Disolventes	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	AcOEt	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	CH <sub>4</sub> O	H <sub>2</sub> O	Soluble en frío	X	X	✓	✓	X	Soluble en caliente	X	✓	X	X	X	Formación de cristales	X	X	X	X	X	Insolubles	✓	X	X	X
Disolventes	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	AcOEt	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	CH <sub>4</sub> O	H <sub>2</sub> O																										
Soluble en frío	X	X	✓	✓	X																										
Soluble en caliente	X	✓	X	X	X																										
Formación de cristales	X	X	X	X	X																										
Insolubles	✓	X	X	X	✓																										
<b>Modelo</b> El modelo que explica esa práctica es, las fuerzas intermoleculares, fuerzas que actúan sobre distintas moléculas o iones y que hacen que se atraigan o se repelen. Estas fuerzas son las responsables de las propiedades físicas de las sustancias, por ejemplo el punto de fusión y de ebullición, la solubilidad, etc. Entre las fuerzas intermoleculares encontramos, las fuerzas de Van Der Waals, puentes de hidrogeno y fuerzas coulombianas.		1																													
<b>Análisis y/o conclusión derivado de los datos</b> Basándonos en los datos obtenidos, se tomaron como par de disolventes la acetona y el agua, siendo el primero el disolvente soluble con un $p_e(^{\circ}\text{C}) = 56.5$ y el segundo el disolvente insoluble con un $p_e(^{\circ}\text{C}) = 92$ en la Ciudad de México. Cabe mencionar que el hexano también fue un posible disolvente insoluble, pero por cuestiones prácticas, se eligió al agua.		2																													
<b>RESPUESTA</b> El par de disolventes a utilizar, debe considerar que uno de ellos disuelva a la muestra en caliente, y el segundo no la disuelva en frío ni en caliente.		2																													
<b>Referencias:</b> <b>De los hechos:</b> <a href="http://depa.fquim.unam.mx/SHFQ/docs/IntrExpHistQuim_JAC.pdf">http://depa.fquim.unam.mx/SHFQ/docs/IntrExpHistQuim_JAC.pdf</a> <b>De los conceptos:</b> <a href="https://books.google.com.mx/books/cristalización+por+par+de+disolventes.pdf">https://books.google.com.mx/books/cristalización+por+par+de+disolventes.pdf</a> <b>De la metodología:</b> <a href="http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Manual_2015-2_29719.pdf">http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Manual_2015-2_29719.pdf</a>		3																													
Autoevaluación (total de puntos entre los posibles). Se tienen que sumar todos los puntos obtenidos		18																													
<b>Integrantes:</b> González Aldaco; Hernández Vaca; Portilla Domínguez.																															

Diagrama heurístico sobre: <b>Determinación de punto de fusión de compuestos orgánicos</b>		Pts
<b>HECHOS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>La pureza de una sustancia orgánica se puede determinar experimentalmente mediante el punto de fusión.</li> <li>El punto de fusión de un compuesto es la temperatura a la cual su forma sólida se convierte a líquida, normalmente es un intervalo corto de temperatura.</li> </ul>		2
<b>PREGUNTA</b> ¿Con base a que interacción química se explica que un compuesto tenga mayor punto de fusión respecto a otro?		2
<b>CONCEPTOS</b>	<b>METODOLOGÍA</b>	1
Aplicaciones <ul style="list-style-type: none"> <li>Determinar la pureza de algún compuesto.</li> <li>Identificación de compuestos</li> </ul>	Procedimiento para la obtención de datos Se realizó la práctica empleando del aparato de Fisher, primero calibrándolo. Otra manera de determinar el punto de fusión utilizando el tubo de Thiele. Como lo indica el manual de prácticas de la facultad de química pág. 8 <sup>3</sup>	1
Lenguaje Punto de fusión, pureza, identificación de compuestos, temperatura, sólido, interacciones intermoleculares,	<b>Procesamiento de los datos para obtener un resultado</b>  <p>A.F.J. Aparato de Fisher-Johns  M.T.T Método del Tubo de Thiele  p.f. punto de fusión</p>	2
<b>Modelo</b> El punto de fusión está influido por la clase de empaquetamiento, es decir, el ordenamiento que incluye la cercanía y la compactación de las moléculas en la red cristalina; mientras más estrecho sea el ajuste, se requerirá mayor energía para romper la red. <sup>2</sup>	<b>Análisis y/o conclusión derivado de los datos</b> A partir de la gráfica obtenida se observó que el ácido cinámico es el reactivo con el p.f. más bajo, con A.F.J: 123°C, con el M.T.T la temperatura fue de 128°C (teniendo en cuenta que el p.f. teórico es 133°C); para la benzoína el p.f. teórico era de 132°C, con el M.T.T: 129°C, con el A.F.J se obtuvo una temperatura de 125°C.	1
<b>RESPUESTA</b>		2
El ácido cinámico presenta un punto de fusión menor que la benzoína, por ello podemos mencionar que las moléculas de este compuesto son menos compactas, y por ende se requiere de menor energía para romper la red cristalina		
<b>Referencias</b> 1. Fieser, Louis F. et. al. "Experimentos de química orgánica" edit. Reverté. Madrid, España. 2004. Pp. 32-34. 2. Yurkains Bruice, Paula "Química Orgánica", 5ta edición, edit. Pearson Educación; México. 2008. Pp. 94-98. 3. <a href="http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Manual_2015-2_29719.pdf">http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Manual_2015-2_29719.pdf</a> Visitada por última vez el día 02/03/2015		3
Autoevaluación (total de puntos entre los posibles). Se tienen que sumar todos los puntos obtenidos		16
Integrantes: Montaña Cruz Yuliet; Loreto Bernal; Gonzáles Martínez		