

José Antonio Chamizo
**INTRODUCCIÓN
EXPERIMENTAL
A LA HISTORIA
de la Química**



SHFQ

Primera edición 2010

D.R. © Universidad Nacional Autónoma de México
Ciudad Universitaria, 04510, México, D.F.
FACULTAD DE QUÍMICA

ISBN 978-607-02-1410-3

Hecho en México



SHFQ

ÍNDICE

Presentación [p.4]

Introducción

El trabajo práctico y la historia de la química **[p.5]**

Capítulos

1. Los metales de la antigüedad. El cobre **[p.13]**
2. La destilación técnica desarrollada por los alquimistas árabes **[p.18]**
3. Los metales se pueden quemar. P. Brun y J. Rey **[p.24]**
4. La combustión para demostrar que el aire es una mezcla. J. Mayow **[p.29]**
5. Del aire deflogisticado de J. Priestley al oxígeno de A. Lavoisier **[p.34]**
6. La descomposición del agua por electrólisis. W. Nicholson **[p.39]**
7. La industria de los colorantes. W. Perkin **[p.43]**
8. El nacimiento de la espectroscopía. R.W. Bunsen **[p.48]**
9. La síntesis de la Aspirina. F. Hoffmann **[p.53]**
10. El nylon y las macromoléculas. W.H. Carothers **[p.58]**

Bibliografía [p.63]

Apéndice

Reglamento para el manejo, tratamiento y minimización de residuos generados en la Facultad de Química de la UNAM. Julio-agosto 2007 (fragmento) **[p.64]**

PRESENTACIÓN

Un experimento más que imitar a cómo trabajan los científicos debe ser un diálogo entre el observador y el mundo natural alrededor del observador

W. De Vos

La idea de este libro surgió en el año 2006 cuando se realizó el primer diplomado sobre Historia, Filosofía y Enseñanza de la Química, en el Instituto de Investigaciones Filosóficas de la UNAM. En las reuniones preparatorias para dicho evento nos quedó claro a los organizadores del mismo que la discusión teórica debía estar acompañada por una de naturaleza práctica. Encargado de tal tarea pronto me di cuenta de que no se contaba con un texto que satisfactoriamente pudiera utilizarse, más allá de ciertas prácticas aisladas publicadas en inglés y que, además, reproducían los vicios comunes relativos a este tipo de enseñanza: la tentación de la receta.

Por ello me di a la tarea de reunir diez experimentos a través de los cuales se pudiera contar la historia de la química. Un asunto semejante, centrado en la estética, ha convocado recientemente a químicos de diversos lugares del mundo como podrá consultarse en la bibliografía. A esta nada fácil tarea había que sumar otra y que consistía en que pudieran llevarse a cabo en laboratorios con un equipamiento mínimo (como los del bachillerato de la UNAM) y en periodos de no más de dos horas. Más aún la discusión y el tradicional reporte debía estar de acuerdo con los recientes resultados de la investigación educativa en este terreno.

Todas las condiciones anteriores parece ser que se cumplen con los experimentos propuestos en el presente texto que para su realización contó con la participación de los alumnos de las generaciones 2009 y 2010 de la asignatura de Historia y Filosofía de la Química que los llevaron exitosamente a cabo en el laboratorio.

Quiero agradecer, además de a esos dos grupos de estudiantes, a Brenda Tovar, a Fabiola Torres y a Yosajandi Pérez por sus comentarios, al Comité Editorial de la Facultad de Química por su evaluación y aprobación, a Yosune por su ayuda en la elaboración de este documento digital y al Programa de Apoyo y Proyectos Institucionales para el Mejoramiento de la Enseñanza EN204206 por su apoyo financiero.

JACG
primavera 2010

INTRODUCCIÓN

El trabajo práctico y la historia de la química

*[Cuando por primera vez recogió oxígeno en un ejercicio de laboratorio...]
rara vez he experimentado un instante de tan pura y profunda felicidad como
cuando introduje una astilla incandescente y su punta se encendió,
iluminando con inusual brillo mi laboratorio sin ventanas.*

J.J. Berzelius 1779-1848

Ante los vertiginosos cambios que enfrentan las sociedades actuales, derivados en gran medida por el impacto que la ciencia y la tecnología tienen en la vida cotidiana de sus integrantes, en los últimos años se ha presentado un intenso debate sobre otras formas de enfrentar los procesos de aprendizaje. La cantidad de conocimiento científico generado es tal que no es suficiente, como se ha hecho hasta ahora, profundizar en el conocimiento específico de la asignatura correspondiente (lo que es imprescindible), es necesario además, incorporar la reflexión sobre la estructura de las ciencias y discutir sus dinámicas de cambio, puesto que lo que queremos conseguir es que los conocimientos de los jóvenes evolucionen hasta hacerlos rigurosos y útiles. Para ello hay que escoger, de entre la enorme cantidad de información generada, aquella que permita desarrollar las competencias requeridas en un mundo cada vez más cambiante y que, por ello, los prepare mejor para un futuro que no está predeterminado. La historia en general y la de las ciencias en particular nos ha enseñando que las que fueron respuestas correctas para preguntas de su tiempo, años después fueron consideradas erróneas. Los héroes se convirtieron en villanos y viceversa. No hay verdades absolutas: las ciencias son más un viaje que un destino.

Este debate se ha extendido hacia el trabajo práctico en todas sus modalidades. Uno de sus más interesantes resultados ha sido el reconocer que el propósito fundamental del mismo es permitir que los alumnos relacionen el complejo mundo real presente con el de los conceptos construidos a lo largo de la historia, como se muestra en la siguiente figura:

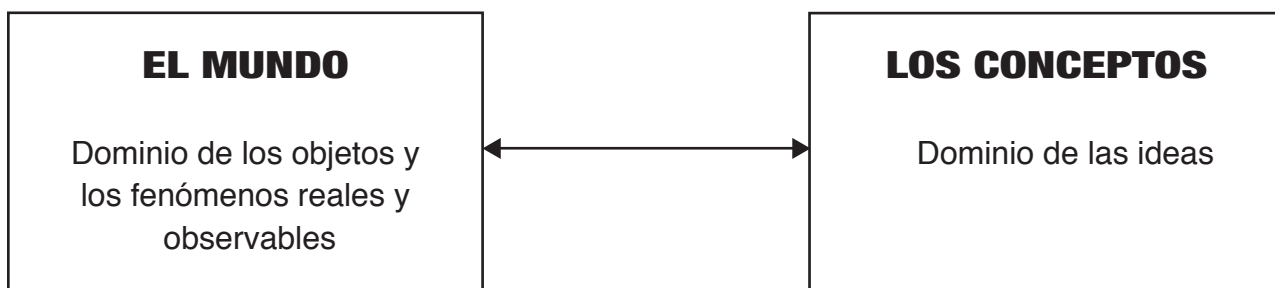


Figura 1. El propósito fundamental del trabajo práctico: permitir que los alumnos establezcan relaciones entre el mundo real y los conceptos.

Este propósito se concreta en tres modalidades diferentes con sus objetivos particulares:

- 1. Ejercicios.** Diseñados para desarrollar técnicas y destrezas específicas.
- 2. Experiencias.** En las que se propone que los alumnos tomen conciencia de determinados fenómenos del mundo, ya sean naturales o artificiales.
- 3. Investigaciones.** En las que los estudiantes tienen que resolver un problema (que valga la redundancia para ser problema debe ser abierto).

Hay que hacer notar que un mismo fenómeno, que inequívocamente debiera esta contextualizado históricamente, puede abordarse desde cualquiera de estas modalidades y por lo tanto cumplir cualquiera de sus objetivos. Así, por ejemplo, la separación de la sal de una disolución de sal en agua puede ser un ejercicio si lo que se busca es aprender una técnica de separación (como filtración, evaporación, etc.); una experiencia si lo que se desea es reconocer que las mezclas homogéneas pueden contener más de un componente; y una investigación si la separación constituye el método para resolver el problema ¿es pura el agua de la llave? cuando no se ha indicado el, o los experimentos que hay que hacer para obtener la respuesta.

Los ejercicios son uno de los aspectos más comunes del trabajo práctico. A pesar de su valor educativo restringido representan para muchos docentes el paradigma de la enseñanza experimental: medir; clasificar plantas, animales, minerales; construir circuitos eléctricos; utilizar pruebas de ensayo para identificar diversos materiales, etc., etc. Aquí hay que colocar también las técnicas necesarias para utilizar instrumentos (microscopios, multímetros, cromatógrafos) o equipos de microescala o los procedimientos para enseñar seguridad o separar los residuos producidos en los laboratorios de enseñanza.

Las experiencias buscan que los estudiantes tomen conciencia de los fenómenos, no que adquieran conocimientos científicos por medio del trabajo práctico. Pueden ser realizadas por el profesor en lo que se conoce como 'experiencias de cátedra' o por los propios alumnos. Algunos ejemplos son: observar las estrellas u organismos vivos, ya sea en el laboratorio o en el campo, o las ondas en una cubeta, quemar magnesio, disolver un metal en un ácido, comparar la dureza o la elasticidad de diversos materiales. Las experiencias son interpretadas por los alumnos y la forma en la que lo hacen, no siempre como quisieran los docentes, dio lugar a una importante corriente de investigación centrada en las ideas previas de los mismos.

El trabajo práctico de investigación, aquel que más se parece a la propia investigación científica ha sido por si mismo motivo también de intensas discusiones. Aquí se pueden distinguir actividades en las que los alumnos únicamente siguen instrucciones hasta aquellas en las que ellos mismos toman decisiones. En esta línea de pensamiento se han precisado los diferentes niveles que puede tener dicho trabajo (Tabla 1) en cuanto a la identificación del problema a resolver, la forma en que se pueden solucionar y finalmente quién lo hace.

Nivel de investigación	Problema	¿Quién proporciona el método de resolución?	Respuesta
0	Profesor / a libro de texto	Profesor / a libro de texto	Profesor / a libro de texto
1	Profesor / a libro de texto	Profesor / a libro de texto	Alumna/ o
2	Profesor / a libro de texto	Alumno/ a	Alumna/ o
3	Alumno/ a	Alumno/ a	Alumna/ o

Tabla 1. Marco de análisis para determinar el nivel de investigación de un trabajo práctico.

Como se puede observar en dicha tabla la inmensa mayoría del trabajo práctico que se realiza en las escuelas y en la propia universidad corresponde, cuando se lleva a cabo una investigación, a los niveles 0 y 1. Los problemas y las formas de resolverlos son ajenas a los estudiantes que se convierten así en meros espectadores de su potencial propio aprendizaje. Lo anterior contrasta con la experiencia obtenida a través de muchos años de investigación educativa de que los estudiantes aprenden mejor si son activos, en lugar de pasivos.

Una herética revisión sobre la historia de la ciencia y la tecnología indica que ésta no se refiere únicamente a una serie de sucesiones, o de reemplazos de una clase de conocimiento por otra; es más una cuestión de acumulación compleja y de variedad simultánea, disputada en un cierto plazo. Compartiendo la postura del historiador de la ciencia inglés J. Pikestone aquí se reconocen tres grandes tipos de formas de conocer:

- La historia natural que se refiere a una primera clasificación de los componentes del mundo. Comprende la variedad de objetos naturales o artificiales, normales o patológicos. Es el espacio de las taxonomías: celestes, geológicas o biológicas y del lugar donde se vuelven públicas, los jardines botánicos, los zoológicos y los grandes museos de ciencias.
- El análisis. Si la variedad y el cambio son identificados por la historia natural, el análisis busca el orden por disección. El análisis aparece cuando los objetos se pueden ver como compuestos de ‘elementos’, o cuando los procesos se pueden ver como el ‘flujo’ de un ‘elemento’ a través de un sistema. Es el espacio de los laboratorios de anatomía, química, física e ingeniería y del lugar donde se vuelven públicos, las escuelas, institutos, politécnicos, hospitales y universidades.
- La síntesis. Si el análisis considera el separar cosas, la síntesis es sobre cómo ponerlas juntas. El análisis especifica la composición de lo ‘conocido’ para posteriormente, poniendo juntos los ‘elementos’, crea nuevos objetos o fenómenos. La experimentación se basa en la síntesis, en la producción sistemática de la novedad. Es el espacio ‘privado’ del control, ya sea por motivos militares o económicos, de los laboratorios de biomedicina y farmacia, de diseño de nuevos materiales o de física nuclear, así como del lugar donde se vuelven públicos, el complejo tecnocientífico industrial.

Estas tres grandes formas de conocer, que no necesariamente son consecutivas, sirven de marco de referencia en la presentación histórica experimental de la química faltando por indicar como se desarrolla una disciplina y la postura aquí adoptada, de entre varias posibles, es a través de la resolución de problemas.

Aceptando el papel central de los problemas en el avance de la ciencia, el filósofo inglés S. Toulmin avanza en la caracterización de los problemas a través de la expresión:

problemas = ideales explicativos – capacidades corrientes

Así, los problemas se presentan en la “distancia” o “diferencia” que hay entre aquello a lo que una comunidad o un individuo aspira a comprender (lo que se denomina *ideales explicativos*) y la capacidad que tiene esa comunidad o individuo para alcanzarlo; esta distancia se acorta o desaparece cuando emergen nuevos conocimientos. Ahora bien, esa aspiración se concreta generalmente a través de preguntas y las preguntas que concretan los problemas son preguntas de su tiempo. Sobre la combustión, por ejemplo, no se preguntó lo mismo el francés A. Lavoisier hace más de doscientos años (sus preguntas estaban centradas en la existencia e importancia del oxígeno en dicho fenómeno) que el premio Nobel de Química en 1986, de origen chino, Yuan T Lee (cuyas preguntas se centraban en las más de cien sustancias que se encuentran en una llama). Las preguntas y sus respuestas, los modelos (siempre tentativos) y el lenguaje que se emplean para explicarlas generan conocimiento que se aplica y modifica el mundo.

Así, los conceptos que ahora se aprenden en las clases de ciencias son el resultado de muchas preguntas, de problemas resueltos y de aplicaciones más o menos afortunadas que fueron enigmas en su momento. En pocas palabras los conceptos son construcciones históricas. Aquí hay que hacer notar que ante el enorme crecimiento de la información científica que duplica todo lo conocido cada tres o cuatro años, los profesores de ciencia somos, sepámoslo o no, querámoslo o no, profesores de historia de las ciencias.

Los conceptos científicos, cambiantes a lo largo de la historia, integran una complejidad tal, que es necesario distinguir en ellos tres características o dimensiones que, así como permitieron construirlos, van a permitir utilizarlos: el lenguaje, las técnicas de representación y los procedimientos de aplicación de la ciencia. Los dos primeros se refieren a aquellos aspectos simbólicos de la explicación científica –esto es, la actividad científica que llamamos *explicar*–, una de las formas en las que hacemos públicos nuestros pensamientos, una de las formas en las que una generación le transmite a otra el contenido de una ciencia, una «enculturación». Estos solo tienen un uso genuinamente explicativo cuando se aplican en el mundo. Así el tercer aspecto comprende el reconocimiento de situaciones a las que son apropiadas estas actividades simbólicas, el entorno.

De todo lo anterior queda claro que, en lugar de los comunes reportes de práctica de laboratorio buscamos el nivel 2 de investigación de acuerdo a lo enunciado en la Tabla 1. Para ello es posible utilizar diagramas heurísticos, para reconocer el aprendizaje con los trabajos prácticos de investigación (Figura 2). Dichos diagramas pueden ser autoevaluados

según el registro de aprendizaje que se muestra en la Figura 3. Es decir se asume que los diez experimentos que se presentan pueden abordarse como investigaciones cuya profundidad y complejidad dependerá de cada estudiante o grupo de estudiantes. Así, en una sola página, hay que indicar los hechos históricos que se conocían en ese momento (documentándolos) y sobre los cuales se construye una pregunta (Tabla 2). La respuesta a la misma requiere de dos acciones. Por un lado una metodología (sección derecha del diagrama) que inicia por el establecimiento de que hacer para responder a la pregunta, hacerlo y analizar los resultados obtenidos, en este caso a partir de la realización del experimento. Por el otro (sección izquierda del diagrama) utilizar los conceptos que se conocían en la época, es decir las aplicaciones, el lenguaje y los modelos de explicación y los conceptos que se utilizan en la actualidad. Es importante insistir en que en esta parte del diagrama heurístico se evidencian dos tiempos, el del experimento original y el actual, por ello en la autoevaluación hay que considerar el doble de puntos: uno para cada aplicación, pasada y presente; uno para cada conjunto de palabras, pasadas y presentes y finalmente dos para cada modelo, el pasado y el presente. La complejidad requerida sugiere que sólo se enuncien los asuntos más significativos siendo necesario, desde luego, comprenderlos. Utilizando tanto la metodología como los conceptos es posible llegar a una respuesta, o a un resultado. Los alumnos tienen que elegir, en un determinado momento de su propia investigación cual de entre estas dos opciones tomar, una vez que no siempre el experimento resulta exitoso. Como se indica en el registro de aprendizaje de la Figura 3 lo anterior no disminuye la evaluación que los alumnos pueden obtener. En la Figura 4 se muestra un diagrama heurístico sobre el “descubrimiento” del hidrógeno.

- **La necesidad de un contexto.** Toda pregunta debe estar contextualizada, es decir debe contener indicadores explícitos, tanto históricos como geográficos, derivados de los hechos.
- **La necesidad de dar indicios sobre los conceptos implicados.** Es decir dar indicios sobre los modelos, el lenguaje y/o las aplicaciones relacionadas en ese lugar y en esa época
- **La necesidad de dar indicios sobre la metodología.** Mientras que en este libro se sugieren metodologías exclusivamente experimentales y actuales estas pueden ser diferentes. Mas aún las respuestas a muchas preguntas pueden obtenerse a través de otro tipo de metodologías.

Tabla 2. Recomendaciones para formular buenas preguntas.

Puntos	Características
HECHOS	
0	No hay hechos
1	Se identifican hechos
2	Se identifican hechos y algunos conceptos
3	Se identifican hechos, conceptos y algunos aspectos metodológicos
PREGUNTA	
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, que incluye conceptos y que sugiere aspectos metodológicos
METODOLOGÍA	
0	No hay metodología
1	Hay un procedimiento que permite la recolección de datos
2	Los datos son procesados, ya sea a través de tablas y/o gráficas
4	Con los datos procesados se obtiene una conclusión
CONCEPTOS	
0	No hay conceptos
1	Se identifican las aplicaciones
2	Se identifican las aplicaciones y el lenguaje
4	Se identifican las aplicaciones, el lenguaje y el o los modelos capaces de explicar la pregunta
RESPUESTA EN LUGAR DE RESULTADO	
0	No hay respuesta
1	La respuesta es muy semejante a la conclusión de la parte metodológica
2	La respuesta incorpora además de la conclusión de la parte metodológica, los hechos
3	La respuesta incorpora además de la conclusión de la parte metodológica, los hechos y los conceptos (particularmente el modelo)
RESULTADO EN LUGAR DE RESPUESTA	
0	No hay resultado
1	Se identifican los errores
2	Se identifican y se explican los errores
3	Se identifican y se explican los errores y se propone una alternativa razonable de solución
REFERENCIAS	
0	No hay referencias
1	Hay referencias únicamente de los hechos, o de los conceptos o de la metodología
2	Hay referencias de los hechos, y de los conceptos o de la metodología
3	Hay referencias de los hechos, de los conceptos y de la metodología

Figura 3. Registro de aprendizaje para evaluar los diagramas heurísticos.

Diagrama Heurístico sobre: El descubrimiento del hidrógeno		Pts.								
HECHOS <ul style="list-style-type: none"> A mediados del siglo XVIII el escocés J. Black identificó al CO₂ como "aire fijo" demostrando que un gas podía combinarse con un sólido, consolidando el derrumbe del concepto aristotélico de los cuatro elementos Durante el siglo XVIII se utilizó en Europa el modelo del flogisto para explicar la combustión En 1776 el inglés H. Cavendish publicó los resultados de sus experimentos con un nuevo tipo de aire, el "aire inflamable", hoy conocido como hidrógeno 		3 / 3								
PREGUNTA ¿Por qué no es posible decir que con sus experimentos con ácidos y metales, el inglés H. Cavendish, en la segunda mitad del siglo XVIII, descubrió el elemento hidrógeno?		3 / 3								
CONCEPTOS		2 / 2								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>PASADO</th> <th>PRESENTE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> Aplicaciones El hidrógeno no tenía ninguna utilidad al momento de descubrirse. </td> <td> Aplicaciones Actualmente se utiliza principalmente en: el proceso Haber para la síntesis de amoníaco; en la hidrogenación catalítica de aceites insaturados para producir grasas sólidas comestibles; para transformar diferentes óxidos metálicos en metales. </td> </tr> <tr> <td> Lenguaje De la época: Elemento, Flogisto. "aire inflamable" </td> <td> Lenguaje Actual: Elemento, Hidrógeno </td> </tr> <tr> <td> Modelo En aquella época se empleaba el modelo del flogisto para explicar la combustión, que es lo que sucedía cuando se acercaba una llama al "aire inflamable". Cavendish lo confundió en un determinado momento con el mismo flogisto. </td> <td> Modelo Actualmente se reconoce al hidrógeno como el más ligero de los noventa elementos que existen naturalmente. </td> </tr> </tbody> </table>		PASADO	PRESENTE	Aplicaciones El hidrógeno no tenía ninguna utilidad al momento de descubrirse.	Aplicaciones Actualmente se utiliza principalmente en: el proceso Haber para la síntesis de amoníaco; en la hidrogenación catalítica de aceites insaturados para producir grasas sólidas comestibles; para transformar diferentes óxidos metálicos en metales.	Lenguaje De la época: Elemento, Flogisto. "aire inflamable"	Lenguaje Actual: Elemento, Hidrógeno	Modelo En aquella época se empleaba el modelo del flogisto para explicar la combustión, que es lo que sucedía cuando se acercaba una llama al "aire inflamable". Cavendish lo confundió en un determinado momento con el mismo flogisto.	Modelo Actualmente se reconoce al hidrógeno como el más ligero de los noventa elementos que existen naturalmente.	
PASADO	PRESENTE									
Aplicaciones El hidrógeno no tenía ninguna utilidad al momento de descubrirse.	Aplicaciones Actualmente se utiliza principalmente en: el proceso Haber para la síntesis de amoníaco; en la hidrogenación catalítica de aceites insaturados para producir grasas sólidas comestibles; para transformar diferentes óxidos metálicos en metales.									
Lenguaje De la época: Elemento, Flogisto. "aire inflamable"	Lenguaje Actual: Elemento, Hidrógeno									
Modelo En aquella época se empleaba el modelo del flogisto para explicar la combustión, que es lo que sucedía cuando se acercaba una llama al "aire inflamable". Cavendish lo confundió en un determinado momento con el mismo flogisto.	Modelo Actualmente se reconoce al hidrógeno como el más ligero de los noventa elementos que existen naturalmente.									
METODOLOGÍA										
Procedimiento para la obtención de datos Se monta el equipo para realizar el experimento. En un matraz se coloca el zinc y se coloca la manguera por la que saldrá el gas en el tubo lateral. Se tapa el matraz con un tapón que tiene un embudo de separación con ácido sulfúrico. El otro extremo de la manguera se coloca dentro de un tubo de vidrio lleno de agua invertido en una cubeta, también con agua. Se deja caer el ácido sobre el zinc, aparecen burbujas y el agua del tubo de ensaye es desplazada por el gas producido. Se llenan dos tubos de ensaye con el "aire inflamable". Se destapa uno por uno cada tubo acercándoles un cerillo.		1 / 1								
Procesamiento de los datos para obtener un resultado <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tubo</th> <th>Intensidad de explosión</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Pequña</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Mediana</td> </tr> </tbody> </table>		Tubo	Intensidad de explosión	1	Pequña	2	Mediana	2 / 2		
Tubo	Intensidad de explosión									
1	Pequña									
2	Mediana									
Análisis y/o conclusión derivado de los datos Se produce un gas que explota cuando se le acerca una flama. Que la segunda explosión sea más fuerte que la primera puede deberse a que en el primer tubo hay aire "común" que fue desplazado por el nuevo y diferente "aire inflamable"		1 / 1								
RESPUESTA O RESULTADO A pesar de que se atribuye a Cavendish el descubrimiento del hidrógeno por la obtención del "aire inflamable" en realidad él nunca pensó que éste era un elemento nuevo sino más bien flogisto, o parte del mismo. Cavendish antes y mejor que nadie describió la síntesis y las propiedades del "aire inflamable", no del hidrógeno		4 / 4								
REFERENCIAS De los hechos: Leicester H.M. (1967) <i>Panorama histórico de la química</i> , Alambra, Madrid De los conceptos: Química Nuffield (1971) <i>Colección de experimentos</i> , Reverte, Barcelona De la metodología: Trifonov D.N. (1980) <i>Cómo fueron descubiertos los elementos químicos</i> , Mir, Moscú		2 / 2								
Autoevaluación (total de puntos)		3 / 3								
Autoevaluación (total de puntos)		24 / 24								

Figura 4. Diagrama heurístico sobre el descubrimiento del hidrógeno.

1 LOS METALES EN LA ANTIGÜEDAD

EL Cobre

Fecha a.C.	Acontecimientos políticos, artísticos y filosóficos	Acontecimientos químicos	Acontecimientos científicos y técnicos
7000	Comienza la agricultura y crianza de animales.	Se cultiva algodón en lo que hoy es México. Se descubre el Cu.	Los mayas construyen observatorios.
4000	La civilización mas antigua: Mesopotamia. Los sumerios inventan la escritura cuneiforme. Cultura minóica en Creta.	Se comienzan a descubrir diversos elementos químicos como C, Au, Fe, Pb, Hg, Ag, S, Sn Edad del Bronce. Aparece la cerámica.	Se utilizan vehículos con ruedas y barcos en Mesopotamia. Velas y espejos se fabrican en Egipto y se utiliza el papiro para escribir sobre él.
3000	Unificación de Egipto. Sargón de Akkad funda el primer imperio.	En Creta se inicia el proceso de teñido de telas. En China se inicia la crianza del gusano de seda. Los anticonceptivos se introducen en Egipto.	Se construye la pirámide de Keops en Egipto. Se construye el primer emplazamiento de Stonehenge en lo que hoy es Inglaterra.
2000	Se inicia el comercio en el mundo. Inicio del Budismo. Cultura Olmeca. Código de Hammurabi. Inicia el Judaísmo.	Se inicia la fabricación de vidrio en Egipto, de acero en la India y de papel en China.	El uso del hierro permitió elaborar herramientas. Se extiende en la zona del Mediterráneo el uso de armas y herramientas de hierro.
1000	La Ilíada. La Odisea. Confucio. Inician las olimpiadas. Roma: comienzo de la república.	Los fenicios tiñen con extractos de moluscos.	Eclipse de sol anunciado por Tales. Se utiliza gas natural en China.
500	Tregua de treinta años entre Esparta y Atenas. Comienza la guerra de Peloponeso. Aristófanés y Lisias.	Se establece en Grecia la idea de los cuatro elementos. Leucipo y Demócrito introducen la idea del átomo.	Metón: reforma el calendario. Los chinos desarrollan la fumigación para evitar plagas. Hipócrates.
400	Los griegos derrotan a los persas en la batalla de Maraton. Aristóteles Alejandro Magno.	Se fabrica acero en la India.	Catapulta. Primeros mapas y acueductos romanos.
300	Los romanos conquistan Siracusa.		Los mayas inventan el cero. Se inicia la construcción de la muralla china y del faro de Alejandría.

Contexto

Son pocos los metales que no forman parte de un compuesto y se les encuentra en forma de “pepitas” como el oro y la plata. Se cree que el oro empezó a trabajarse hace 7 000 años. Fue y es altamente estimado a causa de su belleza y rareza. Constituye la recompensa universal en todos los países, culturas y épocas. Amarillo, brillante, maleable, inalterable, ha sido para muchos el símbolo de la perfección. Los egipcios decían que “el oro poseía los extremos poderes del Sol encerrados en su cuerpo”. Así los metales libres son muy raros; baste decir que la palabra “metal” proviene de un vocablo griego que significa “buscar, procurar”

Los utensilios más antiguos de cobre nativo encontrados en lo que hoy conocemos como Medio Oriente cuentan con más de 7 000 años de edad. Estos primeros artículos de cobre, no tenían todavía utilidad práctica como metales en sí y se empleaban al igual que las piedras. La metalurgia del cobre surgió cuando empezó a obtenerse éste de sus minerales, usando el fuego para fundirlo y carbón vegetal para reducirlo. El primer mineral utilizado para este fin pudo haber sido la malaquita.

La malaquita es un mineral ya conocido por aquellos tiempos, de color verde vistoso, razón por la cual era empleado en la joyería o para fabricar algún tipo de maquillaje. Uno puede imaginar que la obtención del cobre ocurrió accidentalmente, cuando algunos pobladores arrojaron las hermosas piedras verdes de malaquita al fuego producido por el carbón vegetal y al extinguirse el fuego, hallaron un reluciente metal.

Otros metales fueron aislados posteriormente en el “Viejo Mundo” (oro, plata, cobre, estaño, mercurio, plomo y hierro) y con los utensilios que se fabricaron con ellos se transformo el mundo. En mesoamérica también se conocieron estos metales (Tabla 1). Se ha insistido que los americanos sólo trabajaban los metales nativos, o sea que nunca alcanzaron la edad de hierro, ya que este metal lo encontraron únicamente en meteoritos. Sin embargo, un hacha hallada en Monte Albán, con 18% de hierro, prueba lo contrario.

Metal	Símbolo	Aplicaciones
Oro	Au	Los mexicanos llamaban a este elemento <i>teocuitlat</i> (excremento de los dioses). Por su color y belleza era considerado el símbolo del Sol. Se extraía, por ejemplo, de los ríos de Oaxaca y Veracruz.
Plata	Ag	Fue utilizada para ser adornos, tanto sagrados como para los nobles. Se la encontraba en estado nativo en las arenas de los ríos. No obstante, se explotaba en yacimientos de Pachuca, Taxco y Zumpango. Los objetos de plata abundaban en el mercado de la gran Tenochtitlan.
Cobre	Cu	Tuvo múltiples usos. Los zapotecas lo incluían en monedas y hachas. Los mayas en cascabeles, como ornamento dedicado al dios de la muerte. Se han hallado palas de cobre de los agricultores aztecas.
Estaño	Sn	Se obtenía y trabajaba en Taxco y se vendía en el mercado de Tenochtitlan. Del cenote sagrado de Chichén Itzá se extrajeron objetos de este metal.
Mercurio	Hg	Varios gramos de mercurio nativo se hallaron en una tumba maya de Copán (Honduras). Este metal fue conocido por los indígenas de Chilapa y, tal vez, por los de Temascaltepec (Estado de México).
Plomo	Pb	A pesar de su poco uso, se le ha encontrado como parte de aleaciones. Se vendió en Tenochtitlan con el nombre de <i>tenetztlí</i> (piedra de Luna).
Hierro	Fe	Lo conocieron por formar parte de meteoritos, y aparentemente no se utilizaba.

Tabla 1. Los metales en el México antiguo.

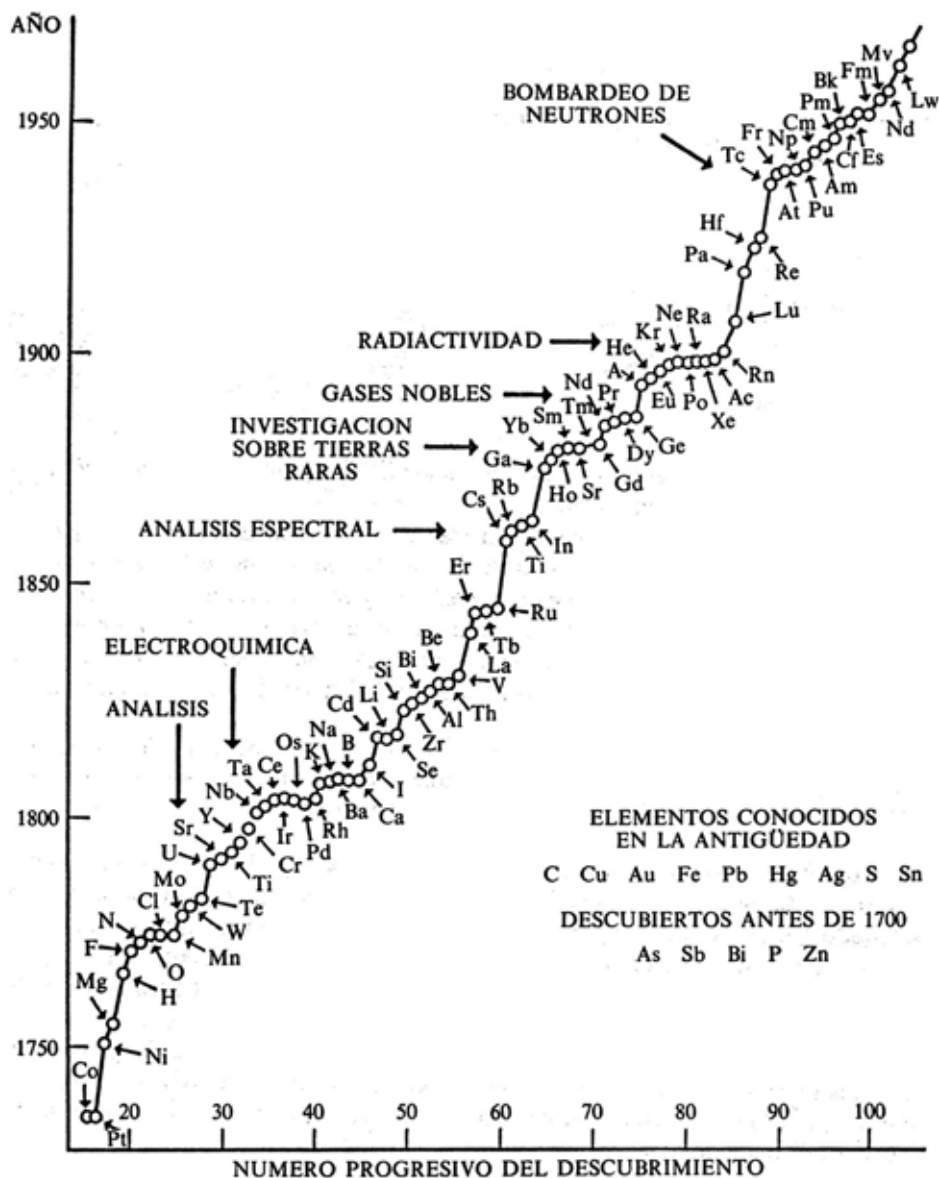


Figura 1. Diagrama cronológico del descubrimiento de los elementos.

Preguntas iniciales

1. ¿Qué es el bronce?
2. ¿En dónde se encontraron los utensilios más antiguos de cobre?
3. ¿Por qué algunos metales se encuentran libres en la naturaleza y otros no?
4. Cuando se clasifica la historia en diferentes edades y una de ellas es la edad del cobre ¿qué se quiere decir?
5. ¿Cuál es la composición química de la malaquita?
6. Indica cinco acontecimientos relevantes con este experimento.

Materiales y sustancias sugeridos

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

Un procedimiento posible

1. Colocar la pieza de malaquita en el crisol de porcelana. Calentar la misma durante 15 minutos o hasta que cambie totalmente a color negro. Esperar a que se enfríe un poco.
2. Llenar hasta la tercera parte del crisol con carbón vegetal bien pulverizado, tener la precaución de 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. Calentar por aproximadamente 90 minutos. Dejar enfriar bien y separar la pieza del carbón. ¿Qué características tiene ahora la pieza?

Preguntas finales

1. ¿Cómo sabes que lo que obtuviste es cobre?
2. ¿Qué reacción o reacciones químicas se llevaron a cabo?
3. ¿Cuáles son los usos actuales del cobre?
4. ¿Es posible obtener otros metales con el mismo procedimiento?
Explica tu respuesta
5. ¿Quién es el principal productor de cobre en el mundo? ¿cuánto se produce?
6. Identifica y explica si el experimento ejemplifica a la Historia Natural, al Análisis o a la Síntesis.
7. Explica el resultado del experimento utilizando los modelos actuales.

Diagrama Heurístico sobre:		Pts.
HECHOS		/3
PREGUNTA		/3
CONCEPTOS	METODOLOGÍA	/2
PASADO	PRESENTE	
Aplicaciones		/1
Lenguaje		/2
Modelo		/4
Procedimiento para la obtención de datos		/1
Procesamiento de los datos para obtener un resultado		/1
Análisis y/o conclusión derivado de los datos		/2
RESPUESTA O RESULTADO		/3
REFERENCIAS		/3
De los hechos:		
De los conceptos:		
De la metodología:		
Autoevaluación (total de puntos)		/24

2 LA DESTILACIÓN TÉCNICA DESARROLLADA POR LOS ALQUIMISTAS ÁRABES

Fecha a.C. - d.C.	Acontecimientos políticos, artísticos y filosóficos	Acontecimientos químicos	Acontecimientos científicos y técnicos
200	Los romanos conquistan Grecia. Panecio dirige la escuela estoica.	Se empieza a construir con concreto en el Imperio Romano.	Construcción de canales en China. Crisis del Museo de Alejandría.
100	Dictadura de César. Toma de Alejandría y anexión de Egipto. Virgilio.	En Alejandría se enseñan las operaciones químicas básicas: filtración, destilación y sublimación. Se inicia la alquimia.	Ptolomeo escribe el <i>Almagesto</i> .
0	Jesús de Nazaret es crucificado.		Plinio el viejo.
100	Columna de Trajano.	Los chinos desarrollan la porcelana.	Se inventa en China el primer sismógrafo.
200	Fin de la Dinastía Han.		Cúpula del Panteón (Roma).
300	Fundación de Constantinopla.	En México se comienza a utilizar un tinte púrpura rojizo obtenido de la cochinilla.	
400	Caída del Imperio Romano de Occidente. Cultura Maya.	Los árabes descubren las sales de arsénico, azufre y mercurio. La palabra química se usa por primera vez en Alejandría.	Se dan diversas explicaciones del origen y actividad de los volcanes.
500	Mahoma.	El tratado hindú "Arthasastra" da detalles de procesos médicos, metalúrgicos y pirotécnicos, además de la producción de venenos, licores fermentados y azúcar.	Se introduce el papel de baño y los cerillos en China.
600	Comienzos del canto gregoriano. Redacción del Corán.		Se utiliza la notación decimal en la India.
700	Los musulmanes conquistan España.	Los muchos autores árabes que escribieron con el sobrenombre de Jabir indican diversas sales de As, S y Hg así como la manera de reconocer el Cu por su color a la flama.	Arabia: difusión del papel. España: introducción del arroz y el algodón.
800	Huída de Quetzalcóatl de Tula.	Invencción de la pólvora en China.	Difusión de: silla de montar moderna; riendas, estribos, herraduras sujetas con clavos.
900	Los vikingos llegan a Groenlandia.	En la zona de influencia árabe destaca Avicena, se comenzó la destilación del alcohol partiendo del vino y se perfeccionan los alambiques.	En China se empieza a utilizar papel impreso como moneda.

Contexto

La destilación fue una técnica inventada por los alquimistas alejandrinos, hace poco más de 2000 años, quienes emplearon gran cantidad de aparatos diseñados para evaporar sustancias volátiles y tratar los metales con ellas. Parece que, ocasionalmente, se realizaba una especie de destilación de líquidos. Por ejemplo, se calentaba agua de mar en calderos cubiertos y se sacudían las gotas condensadas en las tapaderas, con el fin de usarlas como agua para beber. El mercurio se obtenía al calentar el cinabrio (mineral de sulfuro de mercurio) sobre un plato de hierro, colocado dentro de una olla cubierta con un puchero o “ambix”, en el que se condensaba el vapor de mercurio. Posteriormente, ese término se usó para denominar al aparato completo de la destilación, en árabe al anbiq, de donde procede la palabra alambique. Los alquimistas alejandrinos, en el siglo primero de nuestra era, inventaron el alambique para destilar sustancias. Un alambique o destilador está compuesto de tres partes: una vasija en la que se calienta el material que se va a destilar, una parte fría para condensar el vapor producido y un recipiente para recogerlo. La destilación se inventó como un medio para obtener un líquido capaz de atacar o colorear los metales. Ciertamente, no se conoce el uso de alambiques para propósitos no alquímicos hasta alrededor de 700 años después de su primer empleo en la alquimia, cuando los encontramos en libros de recetas árabes.

En el año mil la ciudad más espléndida y culta de Europa era Córdoba, la capital de al-Andalus en España. Allí los árabes tradujeron a los antiguos griegos, persas e hindúes y desarrollaron nuevas técnicas experimentales entre ellas la destilación. Debe comprenderse que la falta de instrumentos (termómetros, por ejemplo) y el hecho de que no se conocieran disolventes ni ácidos más fuertes que el vinagre, representaba una limitación del campo de estudio. Los antiguos químicos trabajaban principalmente sobre alambiques primitivos, lo que les impedía recuperar los compuestos de bajo punto de ebullición. De aquí que no se descubrieran productos químicos como el alcohol hasta la época de los árabes, aunque desde muchos siglos atrás se conocían bebidas alcohólicas como el vino y la cerveza. Los abstemios árabes que fueron los primeros en destilar el vino no utilizaron el alcohol como bebida sino más bien como medicamento y la técnica les permitió preparar nuevos perfumes.

La destilación por arrastre de vapor es de gran utilidad para separar aceites esenciales de tejidos vegetales, tales como, menta, eucalipto, alcanfor, naranjo, etc. Los aceites esenciales son generalmente mezclas complejas de hidrocarburos, alcoholes, compuestos carbonílicos, aldehídos aromáticos y fenoles, los cuales son los que proporcionan el aroma característico. Estos aceites esenciales son usualmente aislados del tejido de las plantas por destilación por arrastre de vapor, sin embargo existen otros métodos de aislamiento como es la extracción por medio de disolventes orgánicos.

Existen diferentes métodos de extracción:

1. Extracción directa. Consiste en un sistema de reflujo, utilizando como agente extrayente un disolvente orgánico, el cual se evapora y condensa, obteniéndose al final una solución del aceite esencial.

2. Extracción continua. Ésta se lleva a cabo en un equipo Soxhlet en el cual el disolvente hierve en el matraz y sus vapores ascienden hasta la cámara de extracción, donde se encuentra el material a extraer, en el momento en que se llena la cámara de disolvente, éste cae por diferencia de gravedad al matraz de destilación. El proceso se repite por un tiempo definido hasta que la extracción es completa, obteniéndose al final una solución saturada del aceite esencial.

En ambos casos el exceso de disolvente se elimina mediante destilación hasta obtener el aceite esencial deseado.



Figura 2. Equipamiento para destilar utilizado alrededor del año mil de nuestra era. El alcohol en diversas concentraciones obtenido por este método de separación no fue utilizado como bebida en las comunidades islámicas.

Preguntas iniciales

1. ¿Qué es el ambix?
2. ¿Cuál es el principio fisicoquímico de la destilación?
3. ¿Cuál es la diferencia entre un alambique y un equipo de destilación actual?
4. ¿En que consiste la destilación por arrastre de vapor?
5. ¿En qué consiste un equipo Soxhlet?
6. Indica cinco acontecimientos relevantes con este experimento.

Materiales y sustancias sugeridos

- 2 matraces Erlenmeyer 1 litro
- 2 matraces Erlenmeyer 50 mL

- 1 probeta graduada 25 mL
- 1 tubo de vidrio de 30 cm que se doblará
- 3 pinzas de 3 dedos con nuez
- 1 tapón de hule monohoradado para matraz de pera
- 1 refrigerante para agua con manguera
- 2 telas de alambre
- 1 colector
- 1 mechero con manguera
- 1 espátula
- 2 anillos metálicos
- 1 recipiente para baño María
- 2 tapones de hule para matraz de 250 mL (bihoradado)
- Cloroformo
- Sulfato de sodio anhidro
- Acetato de etilo
- Yodo
- Gel sílice para c.c.f.

Dentro de los productos naturales que se pueden utilizar para la extracción podemos recomendar: té limón, clavo, pimienta, pétalos de rosa, cáscara de naranja, etcétera.

Un procedimiento posible

Extracción directa a reflujo

- 1 matraz redondo de 500 mL 24/40
- 1 refrigerante para agua 24/40 con mangueras
- 2 pinzas de 3 dedos con nuez
- 1 canasta de calentamiento de 500 mL
- 1 reóstato

Procedimiento

Extracción directa a reflujo

1. Monta el equipo.
2. En el matraz redondo de 500 mL coloca 65 g de té limón cortado en trozos pequeños y agrega 300 mL de cloroformo.
3. Calienta a reflujo durante 30 minutos para extraer el aceite esencial.

4. Desmonta el equipo y decanta o filtra el extracto obtenido. Sécalo con sulfato de sodio anhidro y decántalo en un vial.
5. Destila el exceso de disolvente en un equipo de destilación simple o en el rotavapor.
6. Deja 5 mL aproximadamente de residuo o cola de la destilación, obteniéndose así un extracto más concentrado. Colócalo en otro vial.

Preguntas finales

1. ¿Bajo qué criterio se puede decir que Córdoba era la ciudad más culta de Europa en el año mil de nuestra era?
2. ¿Quién es el principal productor de perfumes del mundo? ¿A qué fracción del Producto Interno Bruto (PIB) corresponde?
3. En los perfumes comerciales además del aroma principal, que generalmente es una mezcla de varios aromas, se emplean sustancias con otros fines ¿cuáles son?
4. Hay un modelo que explica el olor a partir de siete olores fundamentales ¿cuáles son estos? ¿en que consiste éste modelo?
5. ¿Por qué en el libro *El perfume* (1985) de Patrick Süskind, Grenouille, su protagonista, no pudo destilar la porcelana?
6. Identifica y explica si el experimento ejemplifica a la Historia Natural, al Análisis o a la Síntesis.
7. Explica el resultado del experimento utilizando los modelos actuales.

Diagrama Heurístico sobre:		Pts.
HECHOS		/3
PREGUNTA		/3
CONCEPTOS	METODOLOGÍA	/2
PASADO	PRESENTE	
Aplicaciones		/1
Lenguaje		/2
Modelo		/4
Procedimiento para la obtención de datos		/1
Procesamiento de los datos para obtener un resultado		/1
Análisis y/o conclusión derivado de los datos		/2
RESPUESTA O RESULTADO		/3
REFERENCIAS		/3
De los hechos:		
De los conceptos:		
De la metodología:		
Autoevaluación (total de puntos)		/24

3 LOS METALES SE PUEDEN QUEMAR

P. Brun y J. Rey

Fecha d.C.	Acontecimientos políticos, artísticos y filosóficos	Acontecimientos químicos	Acontecimientos científicos y técnicos
1000	Se inicia la dominación normanda en Inglaterra y Sicilia.	Los pegamentos, el papel, el tequesquite, los colorantes y las bebidas alcohólicas son algunos de los productos químicos usados en las diferentes culturas del México prehispánico. Se aplica la química en la medicina.	Imprenta con caracteres móviles (China). El sistema decimal es introducido en Europa a través de España por los árabes.
1100	El Cantar del Mio Cid. Catedral de Notre Dame. Universidad de Oxford.	Descubrimiento de los ácidos sulfúrico y nítrico.	Telar de pedales. Los chinos desarrollan los primeros cohetes.
1200	Dante Alighieri.	R. Bacon en Inglaterra insiste en la importancia de la química en la medicina y del trabajo experimental sobre el teórico.	Difusión de la brújula. Difusión de los anteojos. Reloj de pesas y de ruedas.
1300	Amsterdam es declarada ciudad. Fundación de Tenochtitlan. Primer reloj público en Francia (Caen).	Muere R. Lull el descubridor del amoniaco El papa Juan XXII prohíbe la practica de la alquimia.	Cañón disparado mediante pólvora. Inglaterra comienza la industria del algodón.
1400	Los turcos capturan Constantinopla.	<i>De rerum natura</i> de Lucrecio es traducido al latín lo que permite que los europeos conozcan las ideas atómicas de Demócrito.	Gutenberg imprime la Biblia. Cristóbal Colón viaja a América.
1500	Miguel Angel: <i>David y Capilla Sixtina</i> . da Vinci: <i>La Gioconda</i> Maquiavelo: <i>El Príncipe</i> . Lope de Vega. Primeros esclavos negros en América. Cortés conquista el imperio Azteca. Magallanes: primera circunnavegación de la Tierra. Pizarro conquista el imperio Inca. Inglaterra: María de Estuardo es decapitada.	Agrícola publica <i>De Re Metallica</i> el famoso libro de metalurgia. Bartolomé de Medina inventa en la Nueva España el método de beneficio de la plata en frío. Paracelso desarrolla la latroquímica. Liberavius escribe el primer libro de texto de química <i>Alchemia</i> .	Henlein: reloj de bolsillo Copérnico explicó el movimiento de la Tierra y de los demás planetas alrededor del Sol. Tartaglia: estudios de balística. Reforma del calendario (Gregorio XIII). Galileo inventa el telescopio. Napier inventa los logaritmos. Kepler inicia sus investigaciones astronómicas.
1600	Shakespeare: <i>Romeo y Julieta</i> . Cervantes: <i>Don Quijote</i> . Rembrandt: <i>Clase de anatomía</i> . Descartes: <i>El discurso del método</i> .	Rey "quema" metales y da explicaciones sobre su aumento de peso. Boyle publica <i>El Químico Escéptico</i> . Mayow: experimentos sobre respiración y combustión.	Harvey: circulación sanguínea. Torricelli: barómetro de mercurio. Newton explica las leyes de la mecánica e inventa el telescopio reflector.

Contexto

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- podrían volverse ceniza o polvo si eran calentados fuertemente. El nombre que le dieron a la ceniza o al polvo era calx, y muchos asumieron que era más ligero que el metal de donde provenía. Sin embargo, cuando Pierre Brun maestro apotecario - una versión cercana en nuestros farmacéuticos- en Bergerac, Francia. hizo un descubrimiento sorprendente la situación empezó a cambiar.

Un día en 1630, después de calentar 2 libras 6 onzas de estaño en un horno, él encontró que habían quedado 2 libras 13 onzas de cal. En lugar de que la masa de cal fuera menos que la del metal original, como él había asumido, era realmente mayor. Deslumbrado por este aumento en masa, Brun envió sus resultados a Jean Rey, médico en la ciudad de Montpellier.

Rey miró el problema de Brun y sugirió una solución, o lo que es lo mismo construyó un modelo que permitiera explicar los resultados experimentales. Sugirió que la única explicación posible era que el aire en el horno tenía un “adhesivo” que cuando se calentaba se “pegaba” al estaño para formar la cal. La conclusión de Rey, aunque no era totalmente correcta, era revolucionaria para su tiempo. Desafortunadamente, no muchos que oyeron hablar de ella creyeron su explicación.



Figura 3. Laboratorio del siglo XVI.
Destacan los diversos hornos y equipos para destilar.

Preguntas iniciales

1. ¿Qué materiales y sustancias utilizó Pierre Brun en su experimento?
2. ¿Cómo era el trabajo cotidiano de un apotecario?
3. ¿Cómo se explicaban las reacciones químicas en la Europa del siglo XVI?
4. ¿Por qué será que la mayoría de los alumnos de química actuales no son capaces de explicar correctamente esta reacción?

5. ¿Por qué el oro no forma una calx?
6. Indica cinco acontecimientos relevantes con este experimento.

Materiales y sustancias sugeridos

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

Un procedimiento posible

1. Pesar la cápsula porcelana.
2. Poner dos cucharillas o espátulas llenas de las limaduras del hierro en la cápsula y pesarla.
3. Colocar la cápsula con el metal 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. Poner el mechero de Bunsen debajo de las cápsulas.
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. Después de una hora apagar el mechero de Bunsen. Permitir que las cápsulas de evaporación se enfríen por 10 minutos.
7. Utilizar las pinzas para llevar la cápsula a la balanza y pesarla.
8. 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? Justifica tu respuesta.
3. ¿Cuál es el incremento (en porcentaje) del peso de la calx con respecto al metal original?
4. Sin considerar, como lo sabes hoy, la existencia del oxígeno ¿Cómo explicarías el incremento en la masa de la calx?
5. ¿En la calx persiste el metal?
6. ¿Qué nombres se utilizaban en esa época para las calx?
7. Identifica y explica si el experimento ejemplifica a la Historia Natural, al Análisis o a la Síntesis.
8. Explica el resultado del experimento utilizando los modelos actuales.

Diagrama Heurístico sobre:		Pts.
HECHOS		/3
PREGUNTA		/3
CONCEPTOS	METODOLOGÍA	/2
PASADO	PRESENTE	
Aplicaciones		/1
Lenguaje		/2
Modelo		/4
		/2
RESPUESTA O RESULTADO		/3
REFERENCIAS		/3
De los hechos:		
De los conceptos:		
De la metodología:		
Autoevaluación (total de puntos)		/24

4 LA COMBUSTIÓN PARA DEMOSTRAR QUE EL AIRE ES UNA MEZCLA

J. Mayow

Fecha d.C.	Acontecimientos políticos, artísticos y filosóficos	Acontecimientos químicos	Acontecimientos científicos y técnicos
1600	<p>El ganado vacuno se distribuyó en América a partir de su introducción y alta producción en México.</p> <p>Shakespeare: <i>Romeo y Julieta</i></p> <p>Cervantes: <i>Don Quijote</i></p> <p>Guerra de los treinta años.</p> <p>Bacon: <i>Novum Organum</i>.</p> <p>Rembrandt: <i>La ronda nocturna</i></p> <p>Velázquez: <i>La rendición de Breda</i></p> <p>Molière: <i>El enfermo imaginario</i>.</p> <p>Descartes: <i>El discurso del método</i></p> <p>Paz de Westfalia.</p>	<p>Silvio es el primer médico que abandona el modelo de que las enfermedades son causadas por un desequilibrio entre los cuatro elementos y lo sustituye por un desequilibrio entre ácidos y álcalis.</p> <p>Van Helmont acuña el término gas para describir sustancias que son 'como el aire'.</p> <p>Glauber descubre la sal (sulfato de sodio) que lleva su nombre.</p> <p>Van Helmont demuestra con su famoso experimento del crecimiento de un árbol, que la masa de éste no proviene del suelo.</p> <p>Gassendi recupera la idea de Epicuro de que la materia esta hecha de átomos</p> <p>Rey "quemar" metales y da explicaciones sobre su aumento de peso.</p>	<p>Gilbert: <i>De magnete</i>.</p> <p>Kepler: <i>Armonía del mundo</i></p> <p>Harvey: circulación sanguínea</p> <p>Galileo demuestra que las ideas de Aristóteles sobre el movimiento estaban equivocadas.</p> <p>Galileo descubre las cuatro lunas de Júpiter.</p> <p>Toricelli: barómetro de mercurio.</p> <p>Huygens: reloj de péndulo.</p> <p>Magalotti: termómetro de alcohol</p> <p>Pascal: máquina de sumar.</p>
1650	<p>Paz de los Pirineos entre Francia y España.</p> <p>Se funda la Royal Society en Londres.</p> <p>Spinoza: <i>Ética</i>.</p> <p>Se funda la Academia Real de Ciencias en París.</p> <p>Viena es sitiada por los turcos.</p> <p>Locke: <i>Ensayo sobre el entendimiento humano</i>.</p> <p>Leibnitz: <i>Discurso de metafísica</i>.</p>	<p>Boyle: <i>El Químico Escéptico</i>.</p> <p>Becher retomando ideas y experimentos alquímicos explica la combustión a partir de la 'terra pinguis' que posteriormente se reinterpretaría como flogisto.</p> <p>Mayow: experimentos sobre respiración y combustión.</p> <p>Lemery divide las sustancias en minerales, vegetales y animales.</p> <p>Kunckel describe la disolución acuosa de amoníaco.</p> <p>Stahl explica la combustión a partir de su modelo del flogisto.</p>	<p>Von Guericke inventa la bomba de aire y consigue producir el vacío.</p> <p>Malpighi: descubre los vasos capilares a través del microscopio.</p> <p>Leibnitz desarrolla el cálculo infinitesimal.</p> <p>Huygens formula el modelo de la propagación de las ondas de la luz.</p> <p>Newton explicó las leyes de la mecánica e inventó el telescopio reflector.</p> <p>Van Leeuwenhoek fue el primero en observar bacterias, con el microscopio que él mismo construyó.</p>

Contexto

La palabra materia proviene de mater, palabra latina que significa ‘madre’ y que se aplica tanto a los humanos como a las plantas y los animales. Materia indica así los componentes específicos de que están hechas las cosas en general. Nos remite al mundo que nos rodea el cual ha sido explicado de formas diferentes por las también diversas sociedades humanas que se han constituido a lo largo del tiempo. Para entender todo lo que hay a nuestro alrededor se han inventado desde fantasmas hasta dioses. La magia, los ritos, las limpias y las plegarias han sido una forma de refugiarse ante la inmensidad de lo desconocido.

En Egipto, Mesopotamia, China, la India y en el México prehispánico, los hombres y las mujeres trataron de darle sentido a la inmensa diversidad de objetos, animales y fenómenos que había en su entorno. Fue, sin embargo, en la Grecia antigua, hace más de 2000 años, donde a la par de hacerse preguntas y no contentarse con la primera respuesta que surgieron dos modelos sobre la constitución de la materia: el de los cuatro elementos y el atomista. Así hasta hace poco menos de 300 años, la mayoría de las personas instruidas todavía creían las enseñanzas del antiguo filósofo griego Aristóteles, quien dijo que el mundo estaba hecho de “los cuatro elementos” - la tierra, el aire, el fuego y el agua. El aire, decía, era una sola sustancia que no se podía dividir en ninguna otra sustancia

John Mayow (1641-1679) fue uno de los primeros en cambiar esta idea. Mayow estaba fascinado con el papel jugado por el aire en la combustión y la respiración y reconoció que sólo una parte del mismo estaba involucrada activamente en estos fenómenos. ¿Cómo sabía esto? Él quemó una vela en un envase sellado de aire y notó que el volumen del aire disminuía. También realizó el experimento con un ratón vivo, colocando el ratón en un envase sellado conteniendo aire y obtuvo los mismos resultados (es decir el ratón se sofocó). Mayow dijo que la parte del aire necesitado para quemarse o respirar consistía en las partículas nitro-aereus espíritus o partículas nitro-aéreas. Tomó otros 100 años antes de que el químico francés Antoine Lavoisier (1743-1794) demostrara que las partículas nitro-aéreas de Mayow eran de hecho el gas que ahora llamamos oxígeno



Figura 4. Calcinación del antimonio utilizando “fuego celestial”. Este diagrama proviene de un texto de N. Le Fevre de 1670, donde demuestra que las cenizas obtenidas de dicho experimento pesan más que el metal original.

Preguntas iniciales

1. ¿Cómo fue la vida de J. Mayow?
2. ¿Cuáles fueron los materiales originales que utilizó en sus experimentos?
3. ¿Por qué el modelo de los cuatro elementos predominó en la cultura occidental por cerca de dos mil años y no el atomista si ambos fueron construidos casi simultáneamente?
4. ¿Qué otras explicaciones hay sobre la diversidad del mundo material?
5. ¿Qué significa la palabra gas?
6. Indica cinco acontecimientos relevantes con este experimento.

Materiales sugeridos

- Una vela de 6 a 10 cm
- Un plato para sopa
- Vaso de vidrio mayor que la vela
- Cerillos
- Plastilina
- Agua

Un procedimiento posible

1. Prende la vela y vierte un poco de cera derretida sobre el plato para fijar la vela en el mismo
2. Utiliza la plastilina para sujetar el vaso que cubra la vela sin que éste toque el fondo del plato
3. Coloca cuidadosamente agua en el plato hasta un poco más de la mitad de su capacidad
4. Prende la vela
5. Tapa la vela con el vaso y observa que sucede
6. Repite el experimento utilizando diferentes cantidades de agua y compara los resultados

Preguntas finales

1. ¿Qué le sucedió a la llama de la vela después de que la cubrieras con el vaso?
2. ¿Qué le sucedió al nivel del agua tanto en el interior como en el exterior del vaso?

3. ¿Cómo se podría explicar lo sucedido en esa época si el aire era un elemento?
4. ¿Qué sucederá si con mucho cuidado en lugar de utilizar agua usas aceite?
5. ¿Por qué muchos de estos experimentos se realizaron en Europa y no en América?
6. Identifica y explica si el experimento ejemplifica a la Historia Natural, al Análisis o a la Síntesis.
7. Explica el resultado del experimento utilizando los modelos actuales.

Diagrama Heurístico sobre:		Pts.
HECHOS		/3
PREGUNTA		/3
CONCEPTOS	METODOLOGÍA	/2
PASADO	PRESENTE	Procedimiento para la obtención de datos
Aplicaciones		
Lenguaje		Procesamiento de los datos para obtener un resultado
Modelo		Análisis y/o conclusión derivado de los datos
RESPUESTA O RESULTADO		/3
REFERENCIAS		/3
De los hechos:		
De los conceptos:		
De la metodología:		
Autoevaluación (total de puntos)		/24

5 DEL AIRE DEFLOGISTICADO DE J. PRIESTLEY AL OXÍGENO DE A. LAVOISIER

Fecha d.C.	Acontecimientos políticos, artísticos y filosóficos	Acontecimientos químicos	Acontecimientos científicos y técnicos
1700	Se funda la Academia de Ciencias de Berlín. Los ingleses ocupan Gibraltar. Defoe: <i>Robinson Crusoe</i> . Bach: <i>Conciertos de Brandenburgo</i> . Vivaldi: <i>Las cuatro estaciones</i> . Swift: <i>Los viajes de Gulliver</i> . Hume: <i>Tratado de la Naturaleza humana</i> .	Homberg descubre al ácido bórico. Boerhave: <i>Elementos de Química</i> , donde se indica que el calor es un fluido. Hales: <i>Ensayos estadísticos sobre la nutrición de las plantas y su fisiología</i> . Brandt descubre el Co. Se inventa el proceso de las cámaras de plomo para preparar el ácido sulfúrico.	Fahrenheit construye el primer termómetro de mercurio. Bernoulli: cinética de los gases. Euler demuestra que el número e es irracional. Celsius construye su escala de temperatura. Nollet descubre y explica la presión osmótica. Buffon describe lo que es una especie biológica. Linneo: <i>Systema naturae</i> . Franklin: el pararrayos.
1750	Museo Británico. Diderot y d' Alambert: <i>Enciclopedia</i> Un terremoto destruye una buena parte de Lisboa. Independencia de Estados Unidos. Kant: <i>Critica de la razón pura</i> . Mozart: <i>Don Giovanni</i> . Revolución Francesa.	Lomonosov: <i>Discurso sobre la utilidad de la química</i> . Black aisla el dióxido de carbono al que llamó 'aire fijo'. Cavendish aisla el H. Macquer: <i>Diccionario de Química</i> . Rutherford aisla el N. Priestley aisla el O. Bergman: <i>Ensayo sobre las atracciones eléctricas</i> . Los hermanos Elhuyar descubren el W. Scheele descubre la glicerina Lavoisier: <i>Tratado elemental de química</i> . Richter establece los fundamentos de la estequiometría. La primera sociedad de química del mundo se funda en Filadelfia.	Se abre la primera institución mental en Inglaterra. Hunter: <i>Historia natural de la dentadura humana</i> Bassi establece el modelo sobre el origen de las infecciones. Ley de Coulomb. Ley de Charles. Watt: máquina de vapor. Laplace desarrolla el modelo del surgimiento de los planetas. Galvani realiza experimentos con electricidad en animales. Se propone en Francia el sistema de medidas en base 10. Bramah inventa la prensa hidráulica. Jenner realiza la primera vacuna. Humboldt inicia su viaje de exploración a América.

Contexto

En 1774 Joseph Priestley hizo un descubrimiento famoso. Él ya había demostrado que calentando mercurio podría convertirse en un sólido rojo (que ahora llamamos óxido de mercurio). En 1774 encontró que calentando el sólido rojo se convertía de nuevo en mercurio plateado y líquido. Como resultado de estos experimentos anunció la existencia de un gas con características inusuales, el aire “deflogisticado”. Priestley, como la mayoría de los químicos de su tiempo aceptaba el modelo del flogisto, ésta era una sustancia que nunca se había aislado, es decir, separado en su forma pura. El modelo del flogisto explicaba la combustión indicando que cuando una sustancia se quemaba se liberaba flogisto que iba a parar al aire que de esa manera se volvía aire flogisticado, es decir lleno de flogisto. Así pues, cuando Priestley descubrió un gas en el cual las sustancias se quemaban fácilmente, concluyó que el gas debía estar libre de flogisto es decir, “deflogisticado”. De acuerdo con Priestley el aire “deflogisticado” empuja al flogisto de las sustancias razón por la que estas se queman. Los resultados de Priestley pronto fueron desafiados por el químico francés Antoine Lavoisier (1743-1794) que indicó que el modelo del flogisto era absurdo y que el aire “deflogisticado” era, de hecho, oxígeno.

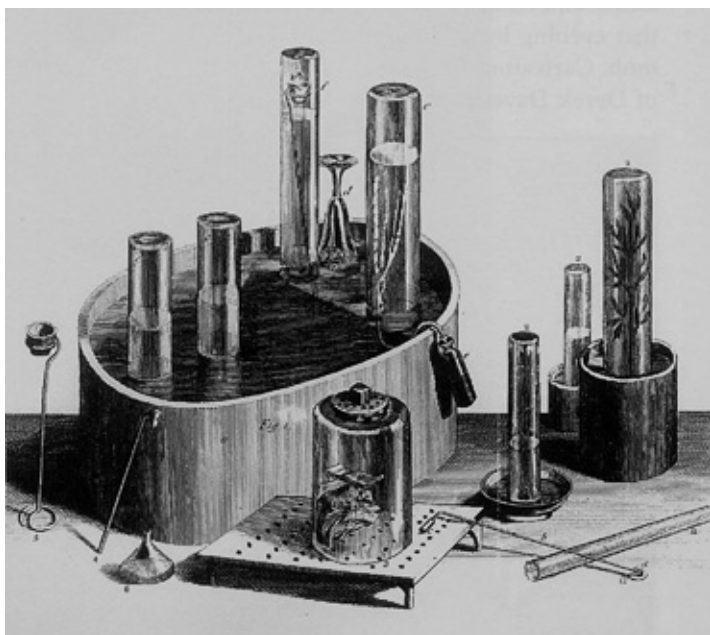


Figura 5. Equipo de laboratorio empleado por J. Priestley.

Preguntas iniciales

1. ¿Cómo fue la vida de J. Priestley?
2. ¿Cuáles fueron los materiales originales que utilizó Priestley en su experimento?
3. El descubrimiento del oxígeno tiene varios protagonistas. Además de J. Priestley y A. Lavoisier se considera también al sueco K.W Scheele ¿por qué no se puede asignar a una persona el descubrimiento de este elemento?

4. El modelo del flogisto fue muy utilizado en Europa para explicar la combustión hasta que fue sustituido por el modelo del oxígeno ¿cómo se explicaba la calcinación de los metales de acuerdo con el modelo del flogisto?
5. Una manera de explicar el cambio a lo largo de la historia de la ciencia ha sido incorporando el concepto de paradigma. Un paradigma es la constelación de creencias, valores, técnicas etc. que tienen en común los miembros de una comunidad dada. Un paradigma es lo que comparten los miembros de una comunidad científica y a la inversa, una comunidad científica consiste en personas que comparten un paradigma. Los episodios extraordinarios en que una comunidad cambia de paradigma se llaman revoluciones científicas ¿Por qué el descubrimiento del aire “deflogisticado” no es una revolución científica?
6. Indica cinco acontecimientos relevantes con este experimento.

Materiales y sustancias sugeridos

- Mechero de Bunsen
- Tubos de ensayo
- Tubo de vidrio (aproximadamente de 25 cm de largo que se doblará)
- Gradilla
- Cuba neumática (o un recipiente de plástico)
- Tapones de hule para el tubo de ensayo con el orificio en el centro
- Tapones de hule sin orificios, para los tubos de ensayo
- Soportes metálicos con pinzas
- Astillas de madera
- Fósforos
- Espátula
- Lentes de seguridad
- Óxido de mercurio

Un procedimiento posible

1. Coloca un poco de óxido de mercurio en un tubo de ensayo y tápalo con uno de los tapones horadados colocando en el agujero el tubo de vidrio. Sujétalo con una de las pinzas de uno de los soportes.
2. Llena la cuba neumática con agua y otro tubo de ensayo. Sostenlo con la pinzas de manera invertida de manera que el agua no se salga.

3. Inserta en la parte inferior del tubo lleno de agua el otro extremo del tubo de vidrio que esta conectado a su vez al tubo de ensaye con óxido de mercurio.
4. Ponte los lentes de seguridad y enciende el mechero calentando el tubo con el óxido de mercurio.
5. Colecta el gas que desplaza al agua y tapa el tubo. Si puedes llenar varios tubos, °hazlo!
6. Las astillas sirven para reconocer que el gas obtenido aviva la combustión. °demuéstralo!

Preguntas finales

1. ¿Qué sucedió cuando una astilla que brillaba intensamente fue insertada en uno de los tubos llenos con aire “deflogisticado”?
2. ¿El aire “deflogisticado se disuelve en el agua?
3. Lavoisier publico un famosísimo libro llamado *Tratado Elemental de Química* que se considera el que propició la primera gran revolución científica de la química. ¿Por qué el trabajo de Lavoisier es revolucionario y el de Priestley no?
4. ¿Cómo se obtiene industrialmente el oxígeno?
5. ¿Para qué se utiliza el oxígeno?
6. Identifica y explica si el experimento ejemplifica a la Historia Natural, al Análisis o a la Síntesis.
7. Explica el resultado del experimento utilizando los modelos actuales.

Diagrama Heurístico sobre:		Pts.
HECHOS		/3
PREGUNTA		/3
CONCEPTOS	METODOLOGÍA	/2
PASADO	PRESENTE	
Aplicaciones		/1
Lenguaje		/2
Modelo		/4
Procedimiento para la obtención de datos		/1
Procesamiento de los datos para obtener un resultado		/1
Análisis y/o conclusión derivado de los datos		/2
RESPUESTA O RESULTADO		/3
REFERENCIAS		/3
De los hechos:		
De los conceptos:		
De la metodología:		
Autoevaluación (total de puntos)		/24

6 LA DESCOMPOSICIÓN DEL AGUA POR ELECTRÓLISIS

W. Nicholson

Fecha d.C.	Acontecimientos políticos, artísticos y filosóficos	Acontecimientos químicos	Acontecimientos científicos y técnicos
1800-1840	<p>La revolución industrial favoreció la concentración de personas y la producción a gran escala a partir de este año.</p> <p>Se estrena la primera sinfonía de Beethoven.</p> <p>La esperanza de vida en Alemania es de 28 años para mujeres y hombres.</p> <p>Napoleón.</p> <p>Estados Unidos compra Louisiana.</p> <p>Independencia de México, Chile, Argentina, Colombia, Perú y Brasil.</p> <p>El Vaticano acepta que se enseñe a Copérnico</p> <p>Shelly: <i>Frankenstein</i></p> <p>Hegel: <i>Fenomenología del espíritu</i></p> <p>Schopenhauer: <i>El mundo como voluntad y representación.</i></p> <p>Independencia de Bélgica.</p>	<p>Nicholson realiza la electrólisis del agua.</p> <p>Se utiliza el Cl para purificar agua en Inglaterra.</p> <p>Del Rio descubre el eritronio en México (posteriormente reconocido como el V).</p> <p>Dalton publica su teoría atómica.</p> <p>Proust indica que todos los elementos están formados de H.</p> <p>Dulong y Petit anuncian la ley sobre los pesos atómicos que lleva su nombre.</p> <p>Davy descubre la acción catalítica del Pt.</p> <p>Wöhler: síntesis de la urea.</p> <p>Berzelius: teoría electronegativa del enlace químico y tabla de pesos atómicos.</p> <p>Berthelot sintetiza compuestos orgánicos que no se habían descubierto previamente en la naturaleza.</p> <p>Faraday: electrólisis.</p> <p>Graham enuncia la ley sobre la difusión de los gases que lleva su nombre.</p> <p>Se acepta el sistema de Berzelius para nombrar a los elementos empleando la abreviatura de su nombre en latín.</p> <p>Daniell: inventa su pila.</p> <p>Dumas: metanol.</p> <p>Goodyear: vulcanización del hule</p> <p>Dumas: modelo de los tipos para explicar la estructura de las moléculas orgánicas.</p> <p>Hess anuncia la ley sobre el calor de las reacciones químicas que lleva su nombre.</p>	<p>Stephenson: locomotora de vapor</p> <p>Lamarck propuso la teoría sobre la evolución de las especies por adaptación al medio.</p> <p>Ley de Ohm.</p> <p>Oersted descubre accidentalmente el electromagnetismo.</p> <p>Brown descubre el movimiento de partículas muy pequeñas llamado desde entonces movimiento browniano.</p> <p>Sturgeon inventa el electroimán.</p> <p>Primera locomotora de vapor.</p> <p>Lyell: <i>Principios de Geología</i></p> <p>Se utilizan las amalgamas en odontología.</p> <p>Lobachevski y Gauss conciben la geometría no-euclideana</p> <p>Babbage concibe las bases de la computadora.</p> <p>Daguerre: daguerrotipos</p> <p>Henry: motor eléctrico</p> <p>Colt: revólver</p> <p>Morse: telégrafo.</p>

Contexto

A principios del siglo XIX el italiano Alessandro Volta construyó un aparato que podía producir, por primera vez, una corriente eléctrica; la pila voltaica. Cuando las noticias de los experimentos de Volta llegaron a Londres, el profesor de anatomía A. Carlisle, fabricó su propia pila voltaica con su amigo W. Nicholson. Impresionado por la pila, Nicholson comenzó sus propias investigaciones. En una de éstas unió alambres de platino a los extremos opuestos de la pila. Cuando los otros extremos de los alambres fueron sumergidos en un plato que contenía agua y algunas gotas del ácido sulfúrico, burbujas de gas eran producidas en los extremos de los alambres. Nicholson recogió estos gases y los examinó. El alambre conectado con el polo positivo de la pila produjo oxígeno; el alambre conectado con el polo negativo produjo hidrógeno. La cantidad del hidrógeno producido fue dos veces más que la del oxígeno, sugiriendo que el agua estaba compuesta de dos porciones de hidrógeno y una porción de oxígeno. Por primera vez la electricidad- en vez del calor- había sido utilizada para la descomposición de una sustancia.

Preguntas iniciales

1. ¿Cómo fue la vida de W. Nicholson ?
2. ¿De qué estaba hecha la pila original de Volta?
3. ¿Cómo funciona la pila voltaica?
4. ¿Para qué se usaba el ácido sulfúrico?
5. ¿Qué otras sustancias fueron sometidas a procesos de electrólisis a principios del siglo XIX?
6. Indica cinco acontecimientos relevantes con este experimento.

Materiales y sustancias sugeridos

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



Figura 6. Pila de Volta. Discos de cobre y de zinc apilados y separados entre sí por cartones mojados con agua salada.

Un procedimiento posible

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 cerciérate 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. ¿La diferencia en el volumen de los gases recogidos permite identificar la fórmula mínima del agua? ¿Cómo?
2. Las reacciones tradicionales para identificar hidrógeno y oxígeno con una astilla de madera ¿podrían deberse a la reacción con otras sustancias? ¿cuáles?
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?
5. ¿Cuáles fueron las aportaciones de M. Faraday a la comprensión de la electrólisis?
6. Identifica y explica si el experimento ejemplifica a la Historia Natural, al Análisis o a la Síntesis.
7. Explica el resultado del experimento utilizando los modelos actuales.

Diagrama Heurístico sobre:		Pts.
HECHOS		/3
PREGUNTA		/3
CONCEPTOS	METODOLOGÍA	/2
PASADO	PRESENTE	
Aplicaciones		/1
Lenguaje		/2
Modelo		/4
Procedimiento para la obtención de datos		/1
Procesamiento de los datos para obtener un resultado		/1
Análisis y/o conclusión derivado de los datos		/2
RESPUESTA O RESULTADO		/3
REFERENCIAS		/3
De los hechos:		
De los conceptos:		
De la metodología:		
Autoevaluación (total de puntos)		/24

7 LA INDUSTRIA DE LOS COLORANTES

W. Perkin

Fecha d.C.	Acontecimientos políticos, artísticos y filosóficos	Acontecimientos químicos	Acontecimientos científicos y técnicos
1840-1860	<p>Comte: <i>Curso de filosofía positiva</i>.</p> <p>Guerra del opio en China.</p> <p>La guerra entre México y Estados Unidos termina con la pérdida de la mitad del país.</p> <p>Rossini: <i>El barbero de Sevilla</i>.</p> <p>Marx y Engels: <i>Manifiesto comunista</i>.</p> <p>Melville: <i>Moby Dick</i></p> <p>Wagner: <i>Tannhauser</i>.</p> <p>Primera exposición mundial en Londres.</p> <p>Luis Napoleón se declara emperador en Francia.</p> <p>Verdi: <i>Traviata</i>.</p> <p>Japón inicia relaciones comerciales con países occidentales.</p> <p>Guerras de independencia italianas.</p> <p>Flaubert: <i>Madame Bovary</i>.</p> <p>Guerra de Crimea.</p> <p>Exposición Mundial en París.</p>	<p>Bennett: superfosfatos como fertilizantes.</p> <p>Liebig inicia en Alemania la enseñanza de la química experimental.</p> <p>Schönbein: ozono.</p> <p>Kolbe sintetiza ácido acético a partir de compuestos inorgánicos.</p> <p>Remsen introduce los métodos experimentales de enseñanza, desarrollados en Alemania y en los Estados Unidos.</p> <p>Sobrero: nitroglicerina</p> <p>Morton: cirugía usando éter como anestésico.</p> <p>Pasteur al separar dos cristales diferentes del ácido tartárico establece la estereoquímica.</p> <p>Graham descubre la diálisis y establece la química coloidal.</p> <p>Frankland introduce el concepto de valencia.</p> <p>Gibbs publica su regla de las fases.</p> <p>Bunsen inventa el mechero que lleva su nombre.</p> <p>Würtz desarrolla el tipo de reacciones orgánicas que llevan su nombre.</p> <p>Perkin descubre el color malva.</p> <p>Cannizzaro siguiendo las ideas de Avogadro clarifica el concepto de molécula.</p> <p>Couper introduce el concepto de enlace.</p> <p>Kekulé resuelve el problema de la estructura del benceno e indica la tetravalencia del C.</p>	<p>Semmelweis descubre que la principal causa de muerte puerperal son las infecciones causadas por los médicos que no se lavaban las manos.</p> <p>Joule: equivalente mecánico del calor.</p> <p>Von Helmholtz: principio de conservación de la energía.</p> <p>Virchow establece su modelo celular que establece que todas las células provienen de células.</p> <p>El primer bombardeo aéreo desde un globo se lleva a cabo sobre Venecia.</p> <p>Foucault demuestra la rotación de la tierra con un péndulo.</p> <p>Kelvin: cero absoluto de temperatura.</p> <p>Se instala un telégrafo eléctrico entre Paris y Londres.</p> <p>Snow: transmisión del cólera a través de agua contaminada.</p> <p>Bessemer desarrolla un proceso para la producción barata de acero.</p> <p>Crookes: tubos de rayos catódicos.</p> <p>Se inicia la producción de telescopios de reflexión usando espejos.</p> <p>Darwin publicó su teoría de la evolución por selección natural.</p>

Contexto

Los colores tienen, entre las diversas sociedades humanas, una gran importancia simbólica. Por ejemplo, para los mayas, cada uno de los cuatro puntos cardinales se asociaba a un color: el norte era negro; el sur, amarillo; el rojo se vinculaba con el oriente y el blanco con el poniente. Los colores de las ropas reflejaban también parte de esta cosmovisión.

La grana cochinilla es un insecto que produce un colorante rojo ampliamente utilizado en el México prehispánico y posteriormente en todo el mundo, ya que fue durante muchos años el único colorante natural capaz de teñir las telas de rojo escarlata. Esto cambió en el siglo XIX cuando W. Perkin descubrió los colorantes sintéticos.

La técnica de producción del colorante, transmitida de padres a hijos en los pueblos indígenas, consiste primero en plantar los nopales sobre los cuales se establece la colonia de insectos que han de alimentarse de aquéllos. La cosecha se logra al seleccionar los insectos hembras fecundados, pues son los únicos que producen el tinte, y colocarlos por capas en una vasija honda y angosta, en donde se dejan durante veinticuatro horas, tiempo suficiente para que el calor natural de los insectos los sofoque y los mate. La cochinilla muerta, seca y molida queda así lista para el consumo.

El costo elevado del colorante se explica por lo lento y complicado del proceso, además de que, para producir un kilo del mismo se necesitaban 200 000 insectos. Para la Nueva España, la grana cochinilla fue durante varios años, después del oro y la plata el principal producto de exportación y su producción se sujetó desde 1758 a un estricto control para evitar adulteraciones.

Como se indica en la Tabla 2, en diversos lugares del mundo se utilizaban colorantes naturales que generalmente eran caros y/o poco variados. Todo esto cambió a partir de 1856 cuando el joven inglés W. Perkin descubrió accidentalmente el color malva en sus intentos de sintetizar la quinina. Desde ese momento el desarrollo de los tintes sintéticos marcó el inicio de la industria química moderna.

Colorante	Origen
Púrpura de Tiro	Fue utilizado hace más de 2 500 años en el Mediterráneo, particularmente por los fenicios. Es una secreción de una glándula de un caracol marino. Para producir un gramo se necesitaban cerca de 10000 caracoles lo que hacía que su precio fuera alcanzable por muy pocos.
Indigo	De una planta proveniente de la India. En 1867 fue sintetizado por los alemanes y su precio disminuyó enormemente. En la actualidad todo el indigo que se utiliza en jeans es sintético.
Alizarina	De las raíces de una planta del género <i>Rubia</i> . Se usó tradicionalmente para teñir de color rojo, pero dependiendo de las condiciones podían obtenerse tejidos anaranjados o púrpuras.
Grana cochinilla	Proveniente de un insecto da lugar a un intenso color rojo escarlata. Fue ampliamente utilizada en el México prehispánico y hasta 1954 la guardia real inglesa la usaba para teñir sus uniformes.
Palo de Campeche	Proveniente de México y Centroamérica es uno de los pocos colorantes naturales que todavía tiene importancia comercial. Se usa para teñir de color negro al nylon y el algodón.

Tabla 2. Colorantes naturales.

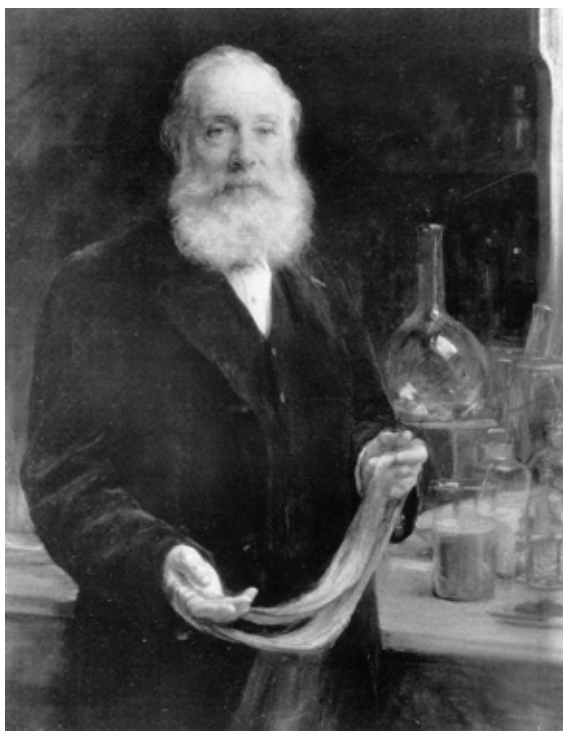


Figura 7. Cuadro que celebra el cincuenta aniversario del descubrimiento de los colorantes artificiales. Allí el ya caballero de la reina, es decir Sir W.H. Perkin se encuentra sosteniendo un tejido teñido de color malva.

Preguntas iniciales

1. ¿Cómo fue la vida de W. Perkin?
2. ¿Cuáles fueron los materiales originales que utilizó?
3. ¿A qué se le llama serendipia?
4. ¿Por qué si Perkin era inglés la industria de los colorantes fue fundamentalmente alemana?
5. Perkin fue alumno del famoso químico A. Hofmann ¿por qué este último es famoso?
6. Indica cinco acontecimientos relevantes con este experimento.

Materiales y sustancias sugeridas

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

Un procedimiento posible

1. Disolver aproximadamente una pequeña cucharada del sulfato de anilina en 100 mL de agua, después agregar unos cuantos cristales de dicromato de potasio.
2. Calentar la disolución hasta que aparezca un precipitado color negro.
3. Filtrar el precipitado negro y lavarlo con agua caliente.
4. Pasar el precipitado al tubo de ensayo que contiene los 25 mL de etanol.
5. 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.
No calentar con una flama ya que se van a producir vapores de etanol
6. Filtrar en un matraz Erlenmeyer de nuevo, pero en este momento, la solución filtrada debe tener un color morado oscuro.
7. Agregar piezas de tela, incluyendo la seda, a la solución del colorante. Calentar la solución en el baño María durante varios minutos, retirar la tela, lavarla y dejar secar.

Preguntas finales

1. Hoy se pueden diseñar en el laboratorio sustancias prácticamente de cualquier color ¿cuántos colores, químicamente diferentes hay? ¿qué estructuras químicas son las que producen color?
2. El descubrimiento de Perkin fue muy importante porque el tinte no se decolora. ¿Qué deberías hacer para comprobarlo?
3. El color malva fue hecho a partir de la anilina y en 1856 la anilina fue producida a partir del carbón de hulla, así que el color malva fue el primer tinte hecho a partir del carbón de hulla. ¿Cuál es la fuente principal de los productos químicos para la síntesis de colorantes, medicamentos y plásticos en nuestros días? ¿Cuál es la fórmula de la malva?
4. La industria de los colorantes hoy sigue siendo muy importante ¿Quién es el principal productor de colorantes? ¿cuánto se produce?
5. ¿Por qué el color de un colorante puede cambiar en diferentes tejidos?
6. Identifica y explica si el experimento ejemplifica a la Historia Natural, al Análisis o a la Síntesis.
7. Explica el resultado del experimento utilizando los modelos actuales.

Diagrama Heurístico sobre:		Pts.
HECHOS		/3
PREGUNTA		/3
CONCEPTOS	METODOLOGÍA	/2
PASADO	PRESENTE	Procedimiento para la obtención de datos
Aplicaciones		
Lenguaje		Procesamiento de los datos para obtener un resultado
Modelo		Análisis y/o conclusión derivado de los datos
RESPUESTA O RESULTADO		/3
REFERENCIAS		/3
De los hechos:		
De los conceptos:		
De la metodología:		
Autoevaluación (total de puntos)		/24

8 EL NACIMIENTO DE LA ESPECTROSCOPIA

R.W. Bunsen

Fecha d.C.	Acontecimientos políticos, artísticos y filosóficos	Acontecimientos químicos	Acontecimientos científicos y técnicos
1860-1880	<p>Italia es unificada bajo Victor Emanuel.</p> <p>Guerra civil en los Estados Unidos.</p> <p>El ejército francés ocupa México.</p> <p>Verne: <i>Viaje al centro de la Tierra</i>.</p> <p>Gabino Barreda crea la Escuela Nacional Preparatoria en México.</p> <p>Carroll: <i>Alicia en el país de las maravillas</i>.</p> <p>Inicia el Porfiriato</p> <p>Se inaugura el Canal de Suez.</p> <p>Livingstone recorre África central.</p> <p>Dostoyeski: <i>Crimen y castigo</i>.</p> <p>Se constituye el Imperio Alemán.</p> <p>Monet inicia el impresionismo en la pintura.</p> <p>Los primeros grandes almacenes se inauguran en Filadelfia.</p> <p>Inicia sus operaciones la primera fábrica eléctrica en Londres.</p> <p>Schliemann descubre la tumba de Agamenón en Micenas.</p> <p>Sautuola descubre las cuevas de Altamira en España.</p>	<p>El primer congreso científico de toda la historia, el Primer Congreso Internacional de Química se lleva a cabo en Karlsruhe, Alemania.</p> <p>Kirchhoff y Bunsen establecen el análisis espectroscópico y descubren el Rb.</p> <p>Solvay desarrolla el proceso industrial para la producción de bicarbonato de sodio.</p> <p>Baeyer produce los barbitúricos.</p> <p>Guldberg y Waage publican la ley sobre el equilibrio químico que lleva su nombre.</p> <p>Janssen descubre el He en el sol, utilizando el análisis espectroscópico.</p> <p>Mendeleiev: tabla periódica de los elementos.</p> <p>Meyer demuestra que las moléculas diatómicas de bromo y yodo se separan en sus átomos al calentarse.</p> <p>Nobel: patenta la dinamita.</p> <p>Bodenstein desarrolla el concepto de reacciones en cadena.</p> <p>Van 't Hoff y Le Bel demuestran que los cuatro enlaces del átomo de carbono forman un tetraedro.</p> <p>Bernigaud patenta el rayón.</p> <p>Fahlberg: sacarina.</p> <p>Markovnikov sintetiza los primeros anillos de cuatro átomos de C.</p>	<p>Otis patenta el elevador.</p> <p>Maxwell y Boltzmann desarrollan la mecánica estadística.</p> <p>Los astrónomos coinciden en que la distancia de la Tierra al Sol es de 150 millones de kilómetros.</p> <p>Mendel: leyes de la herencia.</p> <p>Lister esteriliza los instrumentos quirúrgicos y los vendajes.</p> <p>Se inventa la bicicleta.</p> <p>Kelvin propone su modelo atómico de los vórtices.</p> <p>Se publica el primer número de la revista <i>Nature</i>.</p> <p>Cantor: teoría de conjuntos.</p> <p>Van der Waals: modelo de gases.</p> <p>Siemens: dinámo</p> <p>Von Linde: refrigerador.</p> <p>Bell: patente del teléfono.</p> <p>Koch: bacilo de la tuberculosis</p> <p>Edison: fonógrafo y lámpara incandescente.</p> <p>Pasteur: principio de la vacuna.</p>

Contexto

Se supone que el alquimista persa Jabir Ibn Hayyan nació en el año 721 en Irán y murió casi cien años después en lo que hoy es Irak. El cristiano mundo occidental lo conoció con el nombre latino de Geber y lo identificó como uno de los más importantes alquimistas-químicos de la historia por su inclinación a la experimentación. Se le atribuye la siguiente frase que caracteriza su propia vida: “La primera cosa esencial en química, es que se deben llevar a cabo trabajos aplicados y experimentos, ya que aquél que no los realiza jamás alcanzará los más altos grados del conocimiento”. Se le atribuyeron durante muchos años la autoría de decenas de libros hasta que se descubrió que los habían escrito sus muchos discípulos conservando en ellos su nombre. En ellos se describen por primera vez un gran número de instrumentos de laboratorio, procedimientos como la destilación o la identificación a la llama del cobre, así como diversas sustancias químicas, como el ácido clorhídrico y el ácido nítrico.

Jabir nació hacia 721 en Tus, provincia del Khorassan. Hijo de un farmacéutico de la tribu Azd que fue ejecutado por participar en una conspiración contra el califato Omeya. Fue enviado a Arabia donde estudió matemáticas y fue discípulo del imam shiita Jafar as-Sadiq. Tras este período vivió casi la totalidad de su vida en Kufa, Irak. A pesar de sus inclinaciones al misticismo (fue apodado al-Sufa) y a la superstición, reconocía claramente la importancia de la experimentación: Sus trabajos constituyeron avances significativos para la química, tanto en el plano teórico, como en el de la experimentación. Sus libros influyeron notablemente en los alquimistas europeos.

La tradición alquímica árabe es la base de la química actual y seguramente sin saberlo mil años después el alemán Bunsen usó su recién inventado mechero para calentar intensamente sales metálicas y repetir lo que había hecho Jabir: identificar a los elementos por el color de la luz que emiten al ser calentados y dar origen a la espectroscopía.

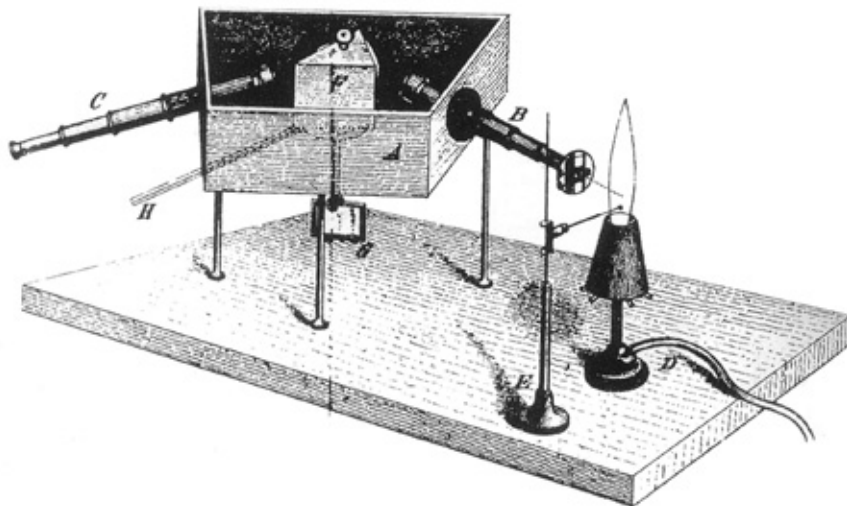


Figura 8. Diagrama publicado en 1860 donde se muestra el espectroscopio de Bunsen-Kirchoff y el mechero Bunsen.

Preguntas iniciales

1. ¿Cómo fue la vida de R.W. Bunsen?
2. ¿Cómo funciona el mechero Bunsen?
3. ¿Por qué algunas sustancias al calentarse emiten luz y otras se queman o se funden?
4. ¿Por qué la luz que emiten las sales metálicas al calentarse es específica de los elementos que las componen?
5. ¿Qué es un espectroscopio? ¿Cómo funciona?
6. Indica cinco acontecimientos relevantes con este experimento.

Materiales y sustancias

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

Un procedimiento posible

1. Mezclar un poco de una de las sales de cada metal con el 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 introduciendolo en HCl
5. Con la información obtenida podrás completar una tabla como la de la página siguiente.

Nombre de la sustancia	Fórmula	Color de la llama	Metal que la produce	Longitud de onda (l)

Anote en el cuadro de observaciones los datos que se piden.

Preguntas finales

1. ¿Cómo, quién y cuándo se descubrió el helio?
2. ¿Qué es la luz?
3. ¿En qué consiste la espectroscopia infrarroja?
4. ¿Para qué se usa la espectroscopia visible e ultravioleta?
5. ¿Qué espectroscopia se emplea para detectar moléculas “extraterrestres”?
6. Identifica y explica si el experimento ejemplifica a la Historia Natural, al Análisis o a la Síntesis.
7. Explica el resultado del experimento utilizando los modelos actuales.

Diagrama Heurístico sobre:		Pts.
HECHOS		/3
PREGUNTA		/3
CONCEPTOS	METODOLOGÍA	/2
PASADO	PRESENTE	
Aplicaciones		/1
Lenguaje		/2
Modelo		/4
Procedimiento para la obtención de datos		/1
Procesamiento de los datos para obtener un resultado		/1
Análisis y/o conclusión derivado de los datos		/2
RESPUESTA O RESULTADO		/3
REFERENCIAS		/3
De los hechos:		
De los conceptos:		
De la metodología:		
Autoevaluación (total de puntos)		/24

9 LA SÍNTESIS DE LA ASPIRINA

F. Hoffmann

Fecha d.C.	Acontecimientos políticos, artísticos y filosóficos	Acontecimientos químicos	Acontecimientos científicos y técnicos
1880-1900	<p>Charnay encuentra juguetes con ruedas en México, la primera evidencia de que la rueda se conocía en América.</p> <p>Por primera ocasión se admiten mujeres para trabajar en los laboratorios ingleses en igualdad de condiciones que los hombres.</p> <p>Nietzsche: <i>La gaya ciencia</i>.</p> <p>Se establece que el meridiano cero pasa por el observatorio de Greenwich en Inglaterra.</p> <p>Conferencia de Berlín en la que las potencias europeas se reparten África.</p> <p>Abolición de la esclavitud en Brasil.</p> <p>Conan Doyle: <i>Sherlok Holmes</i>.</p> <p>Van Gogh: <i>Autoretrato con la oreja vendada</i>.</p> <p>Wilde: <i>El retrato de Dorian Grey</i>.</p> <p>Se termina de construir la torre Eiffel la estructura más alta del mundo.</p> <p>Wells: <i>La guerra de los mundos</i>.</p> <p>Guerra hispano-norteamericana.</p> <p>Rebelión de los boxers en China.</p> <p>El promedio de la esperanza de vida en Alemania es de 45 años para los hombres y de 48 para las mujeres.</p>	<p>Beilstein: <i>Cuaderno de química orgánica</i>.</p> <p>Kjeldahl desarrolla su método de análisis de sustancias orgánicas.</p> <p>Arrhenius: modelo de disociación electrolítica.</p> <p>Wallach inicia el aislamiento sistemático de los terpenos dando lugar a la moderna industria de los perfumes.</p> <p>Ostwald establece la fisicoquímica.</p> <p>Hellriegel descubre que las leguminosas fijan el nitrógeno del aire.</p> <p>Raoult enuncia su modelo sobre la presión de vapor.</p> <p>Moissan aísla el F.</p> <p>Frash desarrolla su método para eliminar el S del petróleo.</p> <p>Fisher inicia el análisis sistemático de los azúcares.</p> <p>Werner desarrolla la química de coordinación e introduce el concepto de valencia secundaria.</p> <p>Ramsay: Ar y posteriormente otros gases nobles.</p> <p>Buchner descubre accidentalmente las enzimas dando lugar a la bioquímica.</p> <p>Maria y Pierre Curie descubren el Ra y el Po.</p> <p>Bayer comercializa bajo patente la Aspirina, sintetizada décadas atrás por F. Hoffmann.</p> <p>Jackson Pope descubre la primera molécula ópticamente activa que no contiene C.</p> <p>Gomberg aísla el primer radical libre.</p>	<p>Experimento de Michelson y Morley.</p> <p>Daimler y Benz fabrican sus primeros automóviles.</p> <p>Inicio del ferrocarril transiberiano.</p> <p>Tesla: alternador eléctrico.</p> <p>James: Principios de psicología.</p> <p>Ehrlich funda la inmunología.</p> <p>Wolf: asteroides</p> <p>Ramón y Cajal: sinapsis.</p> <p>Roentgen: rayos X.</p> <p>Los hermanos Lumiere inventan el cinematógrafo.</p> <p>Baumann identifica la carencia de yodo con el bocio.</p> <p>Becquerel: radiactividad.</p> <p>Thomson: el electrón.</p> <p>Diesel: motor de combustión interna.</p> <p>Marconi realiza la primera comunicación telegráfica sin cables entre Francia e Inglaterra.</p> <p>Dewar licua H.</p>

Contexto

La Aspirina es sin duda uno de los medicamentos de uso más general, con más aplicaciones y más difundido por todos los países del mundo. Todos los días se consumen más de 100 millones de pastillas de esta droga que desde hace más de un siglo ha sido utilizada como analgésico (reduce el dolor), antipirético (reduce la fiebre), y antiinflamatorio (reduce la inflamación). Más recientemente se le han reconocido otras propiedades como son en el tratamiento de la artritis reumatoide, o en el de algunas enfermedades cardiacas.

La historia de la Aspirina comienza con los informes de misioneros jesuitas en América del Sur, sobre la existencia de procedimientos curativos indígenas que utilizaban la corteza de ciertos árboles. Posteriormente el inglés Sydenham encontró que el extracto de la corteza de los sauces reducía la fiebre. La búsqueda de la sustancia responsable de estos efectos culminó en 1836, cuando el italiano R. Piva aisló el ácido salicílico. Pronto se determinó su composición $C_7H_6O_2$ y pocos años después H. Kolbe, un químico de la compañía Bayer pudo sintetizarlo.

El ácido salicílico alivia el dolor y reduce la fiebre, pero es amargo e irrita el estómago, así que los químicos de la Bayer se dedicaron a modificar su fórmula molecular, buscando que se redujeran estos efectos. Para ello, primero neutralizaron el hidrógeno ácido, produciendo el salicilato de sodio. Posteriormente se dedicaron a obtener un derivado que fuera más soluble en los ácidos estomacales, para que permaneciera allí el menor tiempo posible. Así en 1897, F. Hoffmann otro químico de la Bayer preparó el ácido acetil salicílico, con una gran pureza y que no es otra cosa que la Aspirina cuyo nombre comercial se ha usado desde entonces como sinónimo del nombre químico.



Figura 9. Reproducción de una farmacia mexicana de finales del siglo XIX. Podrá observarse la gran cantidad de recipientes de vidrio utilizados en esa época.

Preguntas iniciales

1. ¿Cómo fue la vida de F. Hoffmann?
2. ¿Cuál fue el procedimiento y los materiales originales que él utilizó en la síntesis?
3. ¿Qué procedimiento se utilizaba a mediados del siglo XIX para determinar la fórmula mínima de un compuesto como el ácido salicílico?
4. ¿Qué se entiende por la pureza de un compuesto químico?
5. ¿Cómo reduce el dolor la Aspirina?
6. Indica cinco acontecimientos relevantes con este experimento.

Materiales y sustancias sugeridos

- 1 matraz Erlenmeyer de 250 mL
- 2 pipetas graduadas de 10 mL
- Probeta de 100 mL
- Filtro de Büchner
- Manguera para vacío
- Lentes de seguridad
- 0.5 g de ácido salicílico
- 10 mL de anhídrido acético
- 1-2 mL de ácido sulfúrico concentrado
- 50 mL de agua destilada

Un procedimiento posible

1. Coloca en el matraz el ácido salicílico, 10 mL de anhídrido acético y de 1 a 2 mL de ácido sulfúrico concentrado. Agita la mezcla despacio, la temperatura de la disolución se eleva ligeramente hasta los 50° C aproximadamente. La reacción es exotérmica pero se mantiene fácilmente controlable en nuestro caso, luego baja, al cabo de unos 8 minutos hasta los 30° C y en el matraz se empiezan a depositar los cristales de aspirina.
2. Añade 50 mL de agua fría, agita la suspensión y separa los cristales por filtración en el Büchner
3. Dejar secar bien los cristales, primero con papel filtro y posteriormente dejándolos al aire.
4. Una vez secos hay que recrystalizar en benceno.
5. Determinar su temperatura de fusión.

Preguntas finales

1. ¿Cuál fue el rendimiento que obtuviste en esta síntesis?
2. ¿Por qué la temperatura de fusión sirve para determinar la pureza de una sustancia?
3. ¿Qué dificultades se presentaron en la patente de la Aspirina?
4. ¿Cómo reduce la fiebre la Aspirina?
5. La compañía farmacéutica alemana *Bayer* es una de las más importantes del mundo ¿qué otros medicamentos produce? ¿Qué porcentaje del PIB de Alemania y Suiza representa la industria farmacéutica?
6. Identifica y explica si el experimento ejemplifica a la Historia Natural, al Análisis o a la Síntesis.
7. Explica el resultado del experimento utilizando los modelos actuales.

Diagrama Heurístico sobre:		Pts.
HECHOS		/3
PREGUNTA		/3
CONCEPTOS	METODOLOGÍA	/2
PASADO	PRESENTE	
Aplicaciones		/1
Lenguaje		/2
Modelo		/4
Procedimiento para la obtención de datos		/1
Procesamiento de los datos para obtener un resultado		/1
Análisis y/o conclusión derivado de los datos		/2
RESPUESTA O RESULTADO		/3
REFERENCIAS		/3
De los hechos:		
De los conceptos:		
De la metodología:		
Autoevaluación (total de puntos)		/24

10 EL NYLON Y LOS POLÍMEROS

W.H. Carothers

Fecha d.C.	Acontecimientos políticos, artísticos y filosóficos	Acontecimientos químicos	Acontecimientos científicos y técnicos
1900-1950	<p>Atenas: se inician los juegos olímpicos.</p> <p>Inicia la revolución rusa y la mexicana.</p> <p>Estalla la I Guerra Mundial.</p> <p>Inauguración de Canal de Panamá.</p> <p>Stravinsky: <i>La consagración de la primavera</i>.</p> <p>Constitución mexicana de 1917.</p> <p>Se funda la Facultad de Química y el Instituto de Química de la UNAM.</p> <p><i>El cantor de jazz</i> es la primera película sonora.</p> <p>República de Turquía.</p> <p>Dictadura fascista en Italia.</p> <p>Wittgenstein: <i>Tractatus</i></p> <p>Musil: <i>El hombre sin atributos</i>.</p> <p>Cárdenas nacionaliza el petróleo en México.</p> <p>Guerra Civil Española.</p> <p>Picasso: <i>Guernica</i>.</p> <p>Segunda Guerra Mundial.</p> <p>Sartre: <i>La náusea</i>.</p> <p>Wells: <i>El ciudadano Kane</i>.</p> <p>El presidente norteamericano Truman ordena lanzar la bomba atómica sobre un Japón derrotado.</p> <p>Independencia de la India.</p> <p>Se crea el estado de Israel.</p>	<p>Grignard : aplicación de la química organometálica en síntesis orgánica.</p> <p>Kipping : siliconas.</p> <p>Willstätter descubre la estructura de la clorofila.</p> <p>Tsvestt desarrolla la cromatografía en papel.</p> <p>Haber : síntesis del amoníaco</p> <p>Rutherford : síntesis artificial del O.</p> <p>Modelo atómico de Lewis.</p> <p>Soddy: isótopos.</p> <p>Nerst: Premio Nobel por su trabajo en termodinámica.</p> <p>Wieland: Premio Nobel por el desarrollo de la química esteroideal.</p> <p>Tiselius: electroforesis.</p> <p>Se empiezan a utilizar comercialmente los freones.</p> <p>Kuhn: Premio Nobel por sus investigaciones con las vitaminas.</p> <p>Carothers: nylon.</p> <p>ICI empieza la manufactura del polietileno</p> <p>Butenadant: Premio Nobel por su trabajo con hormonas sexuales.</p> <p>Müller: DDT como insecticida.</p> <p>Pauling: <i>La naturaleza del enlace químico</i></p> <p>Beckman: espectrofotómetro.</p> <p>Fieser: napalm.</p> <p>Hofmann: LSD.</p> <p>Hahn: Premio Nobel por su descubrimiento de la fisión atómica.</p> <p>Seaborg crea el Am y el Cm.</p> <p>Diels y Adler: Premio Nobel por su trabajo sobre la síntesis de compuestos orgánicos.</p>	<p>Freud: <i>La interpretación de los sueños</i>.</p> <p>Planck: mecánica cuántica.</p> <p>Los hermanos Wright hacen su primer vuelo en un avión.</p> <p>Einstein: efecto fotoeléctrico y posteriormente teoría de la relatividad.</p> <p>Inicio del ferrocarril transiberiano.</p> <p>Lumiere: cinematógrafo.</p> <p>Wegner: modelo de la deriva continental.</p> <p>Boveri: los cromosomas.</p> <p>Bohr: modelo atómico.</p> <p>Fleming: descubrimiento de la penicilina</p> <p>De Broglie: dualidad onda-partícula de la luz.</p> <p>Chadwick: neutrón.</p> <p>Televisión.</p> <p>Hubble: expansión del universo</p> <p>Desarrollo de la bomba atómica.</p> <p>Bardeen: transistores.</p> <p>IBM: primera computadora.</p> <p>Gamow: modelo de la gran explosión</p> <p>Yukawa: mesón.</p>

Contexto

El primer polímero desarrollado científicamente fue el nitrato de celulosa, derivado de la madera en 1868. Combinado con diversos productos químicos, el nuevo material conocido como 'celuloide' podía moldearse en diversas formas. Con él se fabricaron películas delgadas que se emplearon en la naciente industria cinematográfica. Este material es muy inflamable, por lo que pronto se sustituyó por otro: el acetato de celulosa. A finales del siglo XIX, la compañía norteamericana DuPont inició las investigaciones sobre el nitrato de celulosa que la llevaron a la producción del rayón, polímero que aún se utiliza en las cuerdas de las llantas. Pero no solo eso, con su producción se redujo de manera importante la cacería de elefantes ya que con nitrato de celulosa se podían fabricar botones, peines, teclas para piano y pelotas de billar, objetos que antes de su uso eran hechos del marfil de los colmillos de los elefantes.

En 1907 se preparó el primer polímero sintético, la bakelita resultado de la reacción de copolimerización entre el fenol y el metanal. La bakelita es ligera y razonablemente dura y sus propiedades como aislante hacen que se siga utilizando en muchos equipos eléctricos.

Al finalizar la Primera Guerra Mundial, el interés en los polímeros creció, lo que dio lugar a importantes descubrimientos. En la década de 1930 se inició la comercialización del policloruro de vinilo (PVC por sus iniciales en inglés) que tiene un amplio uso en la industria de la construcción. En esos años, también en DuPont, se preparó el neopreno un hule sintético y que a diferencia del natural no se hincha en contacto con disolventes orgánicos, por lo que se emplea para fabricar las mangueras con las que se surte la gasolina. Finalmente para este relato, en 1938 Du Pont otra vez anunció que W. H. Carothers, uno de sus investigadores, había sintetizado un material con estructura y propiedades similares a la seda al que llamaron nylon.

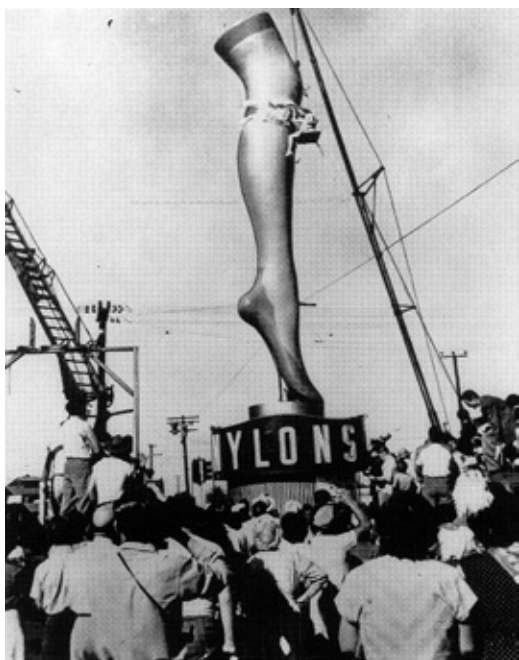


Figura 10. Anuncio de más de 10 m de altura en Los Angeles, California, anunciando las entonces nuevas medias de nylon.

Preguntas iniciales

1. ¿Cómo fue la vida de W. F. Carothers?
2. ¿Cuáles materiales y qué procedimiento se utilizaron originalmente en la síntesis del nylon?
3. ¿Cuál es la diferencia entre polímero, macromolécula, plástico y resina?
4. ¿En qué consisten las reacciones de polimerización por adición y por condensación?
5. ¿Cómo se fabrican industrialmente los hilos de nylon?
6. Indica cinco acontecimientos relevantes con este experimento.

Materiales y sustancias sugeridos

- Un vaso de precipitados de 250 ml
- Una o dos varillas de vidrio
- Guantes de plástico
- Fórceps o pinzas
- Lentes de seguridad
- 50 mL de una disolución 0.2 M de cloruro de sebacoilo $\text{ClCO}(\text{CH}_2)_8\text{COCl}$ en hexano.
- 50 mL de 0.5 M hexametildiamina (1,6- diaminohexano) en 0.5 M de hidróxido de sodio NaOH (para preparar disolver 3.0 g de $\text{H}_2\text{N}(\text{CH}_2)_6\text{NH}_2$ mas 1.0 g de NaOH en 50 mL de agua destilada). La hexametildiamina es un sólido debajo de los 40°C por lo basta con sumergirla en agua caliente para que pueda manipularse fácilmente.
- Etanol
- Colorante vegetal seco o fenolftaleína (opcional)

Un procedimiento posible

1. Usando guantes, poner la solución del hexametildiamina en un vaso de precipitados de 250 mL.
2. Verter lentamente la disolución de cloruro de sebacoilo como segunda capa encima de la solución de la diamina, teniendo cuidado para reducir al mínimo la agitación en la interfase.
3. Con el forceps, tomar la película del polímero que se forma en la interfase de las dos soluciones y tirar de ella cuidadosamente del centro del vaso de precipitados.
4. Enrollar el hilo del polímero en la varilla.

5. Lavar el hilo del polímero perfectamente con agua o el etanol antes de tocarlo.
6. El colorante vegetal o la fenolftaleína se puede agregar a la fase inferior (acuosa) para aumentar la visibilidad de la interfase líquida.

Preguntas finales

1. Hay diferentes tipos de nylons. El que se sintetizó aquí es el nylon 6-6. ¿Cuáles son los otros y qué propiedades tienen?
2. ¿A qué se debe que algunos polímeros sean transparentes y flexibles y otros sean opacos y rígidos?
3. ¿Por qué contribuciones se le otorgó, en 1953, el Premio Nobel de Química al alemán H. Staudinger?
4. La industria de los polímeros es importantísima a nivel mundial y DuPont es una de las más significativas ¿Qué otros polímeros se han desarrollado allí? ¿Qué porcentaje del PIB de los Estados Unidos proviene de la industria de los polímeros?
5. Originalmente los polímeros no eran conductores de la electricidad (la bakelita por ejemplo), pero en el año 2000 se le otorgó el Premio Nobel de Química a los investigadores A.J. Heeger, A.G. MacDiarmid y H. Shirakawa por el desarrollo de polímeros conductores de la electricidad ¿En qué consisten éstos?
6. Identifica y explica si el experimento ejemplifica a la Historia Natural, al Análisis o a la Síntesis.
7. Explica el resultado del experimento utilizando los modelos actuales.

Diagrama Heurístico sobre:		Pts.
HECHOS		/3
PREGUNTA		/3
CONCEPTOS	METODOLOGÍA	/2
PASADO	PRESENTE	
Aplicaciones		/1
Lenguaje		/2
Modelo		/4
Procedimiento para la obtención de datos		/1
Procesamiento de los datos para obtener un resultado		/1
Análisis y/o conclusión derivado de los datos		/2
RESPUESTA O RESULTADO		/3
REFERENCIAS		/3
De los hechos:		
De los conceptos:		
De la metodología:		
Autoevaluación (total de puntos)		/24

BIBLIOGRAFÍA

- Ball P., *Elegant Solutions. Ten beautiful experiments in Chemistry*, RSC, Cambridge, 2005.
- Bensaude-Vincent B. y Stengers I., *Historia de la Química*, Addison-Wesley-UAM, Madrid, 1997.
- Bowden M.E., *Chemical Achievers. The Human Face of the Chemical Sciences*, Chemical Heritage Foundation, Philadelphia, 1997.
- Brock W.H., *Historia de la Química*, Alianza Editorial, Madrid, 1998.
- Chamizo J.A. (ed.), *Antología de la enseñanza experimental*, FQ-UNAM, México, 2004.
- Chamizo J.A. (2010), Una tipología de los modelos para la enseñanza de las ciencias, *Revista Eureka de Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7(1), 26-41.
- Chamizo J.A. e Izquierdo M. (2007), Evaluación de las competencias de pensamiento científico, *Educación química*, 20, 4-9.
- Crosland M.P., *Estudios históricos en el Lenguaje de la Química*, IIF-UNAM, México, 1988.
- Freemantle M. (2003), Chemistry at its most beautiful, *C&EN*, 25 August, 81, 27-30
- Greenberg A., *From Alchemy to Chemistry in Picture and Story*, Wiley, New York, 2007.
- Harré R., *Great Scientific experiments. Twenty experiments that changed our view of the world*, Phaidon, Oxford, 1981.
- Hellemans A. and Bryan B., *The Timetables of Science. A Chronology of the Most Important People and Events in the History of Science*, Simon and Schuster, New York, 1998.
- Izquierdo M. (2007), 'Aspectos epistemológicos de la enseñanza de las ciencias', en Chamizo J.A. (ed.), *La esencia de la Química*, FQ-UNAM, México. En línea en: <http://depa.fquim.unam.mx/SHFQ/Publicaciones.htm>
- Pickstone J.V., *Ways of knowing*, Manchester University Press, 2000.
- Reglamento para el Manejo, Tratamiento y Minimización de Residuos. En línea en: www.quimica.unam.mx/IMG/pdf/residuos.pdf
- Toulmin S., *La comprensión humana*, Alianza Editorial, Madrid, 1977.

APÉNDICE

Reglamento para el manejo, tratamiento y minimización de residuos generados en la Facultad de Química de la UNAM.

Julio-Agosto 2007 (fragmento)

CAPÍTULO III. Residuos químicos peligrosos

Artículo 7o. Consideraciones generales.

[...]

6. Los residuos se deben definir como peligrosos si presentan al menos una de las siguientes características CRETIB:

Es Corrosivo cuando una muestra representativa presenta cualquiera de las siguientes propiedades:

- Es un líquido acuoso y presenta un pH menor o igual a 2,0 o mayor o igual a 12,5 de conformidad con el procedimiento que se establece en la Norma vigente correspondiente.
- Es un sólido que cuando se mezcla con agua destilada presenta un pH menor o igual a 2,0 o mayor o igual a 12,5 según el procedimiento que se establece en la Norma vigente correspondiente.
- Es un líquido no acuoso capaz de corroer el acero al carbón, tipo SAE 1020, a una velocidad de 6,35 milímetros o más por año a una temperatura de 55 °C, según el procedimiento que se establece en la Norma vigente correspondiente.

Es Reactivo cuando una muestra representativa presenta cualquiera de las siguientes propiedades:

- Es un líquido o sólido que después de ponerse en contacto con el aire se inflama en un tiempo menor a cinco minutos sin que exista una fuente externa de ignición, según el procedimiento que se establece en la Norma vigente correspondiente.
- Cuando se pone en contacto con agua reacciona espontáneamente y genera gases inflamables en una cantidad mayor de 1 litro por kilogramo del residuo por hora, según el procedimiento que se establece en la Norma vigente correspondiente.
- Es un residuo que en contacto con el aire y sin una fuente de energía suplementaria genera calor, según el procedimiento que se establece en la Norma vigente correspondiente.
- Posee en su constitución cianuros o sulfuros liberables, que cuando se expone a condiciones ácidas genera gases en cantidades mayores a 250 mg de ácido cianhídrico por kg de residuo o 500 mg de ácido sulfhídrico por kg de residuo, según el procedimiento que se establece en la Norma vigente correspondiente.

Es Explosivo cuando es capaz de producir una reacción o descomposición detonante o explosiva solo o en presencia de una fuente de energía o si es calentado bajo confinamiento. Esta característica no debe determinarse mediante análisis de laboratorio, por lo que la identificación de esta característica debe estar basada en el conocimiento del origen o composición del residuo.

Es Tóxico ambiental cuando el extracto PECT, obtenido mediante el procedimiento establecido en la Norma Oficial vigente, contiene cualquiera de los constituyentes tóxicos listados en la Tabla 2 de la Norma Oficial vigente correspondiente, en una concentración mayor a los límites ahí señalados.

Es Inflamable cuando una muestra representativa presenta cualquiera de las siguientes propiedades:

- Es un líquido o una mezcla de líquidos que contienen sólidos en solución o suspensión que tiene un punto de inflamación inferior a 60,5 °C, medido en copa cerrada, de conformidad con el procedimiento que se establece en la Norma vigente correspondiente, quedando excluidas las soluciones acuosas que contengan un porcentaje de alcohol, en volumen, menor a 24%.
- No es líquido y es capaz de provocar fuego por fricción, absorción de humedad o cambios químicos espontáneos a 25°C, según el procedimiento que se establece en la Norma vigente correspondiente.
- Es un gas que, a 20°C y una presión de 101,3 kPa, arde cuando se encuentra en una mezcla del 13% o menos por volumen de aire, o tiene un rango de inflamabilidad con aire de cuando menos 12% sin importar el límite inferior de inflamabilidad.
- Es un gas oxidante que puede causar o contribuir más que el aire, a la combustión de otro material.

Artículo 8o. Manejo de los Residuos en el Laboratorio.

El generador de un residuo es responsable de:

1. Clasificar el residuo que generó de acuerdo con su naturaleza y grado de peligrosidad (CRETIB) según la Norma Oficial vigente correspondiente, que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.
2. Si es necesario, consultar al responsable de residuos de su departamento o al personal de la Unidad de Gestión Ambiental.
3. Cuando el residuo del análisis pueda tratarse o disponerse en el laboratorio, el generador del mismo debe realizar esta operación. Ningún residuo podrá ser desechado si no ha sido neutralizado o adecuadamente tratado.