



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES

“ PLANTEL SUR”

MATERIAL DE APOYO “SECUENCIAS DIDÁCTICAS
EXPERIMENTALES DE LA ASIGNATURA DE QUÍMICA III
CON APLICACIÓN DE METODOLOGÍAS VERDES
(INFOCAB PB201420)”

AUTORES:

Dra. CARMELA CRISÓSTOMO LUCAS

M. en. C. LUZ ALEJANDRA CASTILLO ALANÍS

Dr. JORGE MEINGUER LEDESMA

AÑO 2020



Atribución-NoComercial-CompartirIgual

CC BY-NC-SA



INDICE

1. Introducción	1
2. Seguridad en el laboratorio de Química	3
3. Sustancias y equipo de laboratorio	5
4. Química Verde	9
5. Evaluación de ¿Qué tan verde es un experimento? y el diagrama de flujo como semáforo de seguridad ecológica	21
6. Secuencia Didáctica Experimental N° 1 “Recursos Naturales: Elementos, Compuestos y Mezclas”	31
7. Secuencia Didáctica Experimental N° 2 “Minerales: Clasificación y Nomenclatura”	48
8. Secuencia Didáctica Experimental N° 3 “Reacción Química: Óxido-Reducción”	75
9. Secuencia Didáctica Experimental N° 4 “Reacción Química: Ácido-Base”	99
10. Secuencia Didáctica Experimental N° 5 “Equilibrio Químico”	121



AGRADECIMIENTOS

El diseño, desarrollo y aplicación de las Secuencias Didácticas Experimentales de la asignatura de Química III con aplicación de metodologías verdes se lograron gracias el apoyo otorgado por el proyecto **INFOCAB-DGAPA-UNAM (PB201420)**.



INTRODUCCION

En este trabajo se presentan actividades experimentales para alumnos con el fin de apoyar la comprensión y adquisición de aprendizajes del programa de estudios 2016 de la asignatura de Química III del Colegio de Ciencias y Humanidades. Dicho programa marca un enfoque disciplinar y didáctico promoviendo una formación integral en los alumnos. En este contexto, el diseño de las actividades contempla los aprendizajes disciplinarios y transversales, que el alumno adquirirá, a través de la realización y análisis de los resultados de los experimentos.

De la misma manera, este material sirve como apoyo para los docentes que imparten la materia de Química III, donde podrán evaluar los aprendizajes de los alumnos de acuerdo al Modelo Educativo del Colegio al realizar las actividades experimentales desarrollarán habilidades como la observación, exploración, descripción, indagación y experimentación (aprender aprender); metodologías como investigar, interpretar y analizar información (aprender a hacer) que les permitan a los estudiantes a llegar a conclusiones de los fenómenos observados; fomentar valores y actitudes de respeto, responsabilidad, colaboración, trabajo en equipo, reflexión y conciencia (aprender a ser y a convivir).

El repositorio digital contribuye a la generación, desarrollo y aplicación de conocimientos del área de Química, en particular de los conceptos de recursos naturales, elemento, compuesto y mezcla, minerales su clasificación y nomenclatura, reacción de óxido-reducción y ácido-base, y equilibrio químico, los cuales son ejes temáticos donde los alumnos presentan dificultades para su entendimiento.

Paralelamente la aplicación de conocimientos relacionados con la filosofía de la Química Verde, por lo que el desarrollo de estas actividades experimentales promueve la concientización encaminada a la generación de un pensamiento sostenible que sea empático con el medio ambiente, impactando de manera simultánea a docentes y los alumnos por igual, a través de conocer el concepto de Química Verde y como se pueden implementar metodologías verdes dentro del aula que ayuden a disminuir la cantidad de desechos y en el mejor de los casos eliminar el uso de sustancias tóxicas, y sobre todo que los alumnos fomenten actitudes de conciencia y valores como el respeto, responsabilidad, cuidado del ambiente, calidad de vida, donde ellos como alumnos de bachillerato reconozcan la aportación que pueden realizar a través de conocer e implementar actividades experimentales de laboratorio con un enfoque de Química Verde.

Las cinco secuencias didácticas están enfocadas en el proceso de enseñanza-aprendizaje experimental de la materia de Química, es importante considerar las precauciones y seguridad dentro del laboratorio como debe hacerse durante la realización de un experimento, es por ello, que al inicio de este trabajo encontrarás recomendaciones generales para prevenir accidentes y mantener la seguridad de los alumnos. Posteriormente, se incluye una breve descripción a cerca de la Química Verde y sus metas principales, adicionalmente se explicarán dos métodos para evaluar ¿Qué tan verde es un experimento? con base en una escala de colores y el semáforo de seguridad ecológica que son dos métricas conocidas en la literatura. Finalmente, se describen cada secuencia didáctica que contiene una fase de inicio, desarrollo y cierre, así como el instrumento de evaluación para cada secuencia didáctica.



Seguridad en el laboratorio de Química

Recuerda que durante una actividad experimental se manejan distintas sustancias que de acuerdo con su naturaleza pueden ser peligrosas, produciendo daños al cuerpo como quemaduras, daños algún órgano en específico, al ser sustancias inflamables (se prenden fácilmente), carcinógenas (producen cáncer), mutagénicas (ocasionan algún daño al DNA), etc. Es por ello por lo que resulta importante seguir las reglas de seguridad establecidas en un laboratorio (Facultad de Química, 2019).

Algunas recomendaciones para la seguridad son:

- **No trabajar solo** durante alguna actividad experimental, tu profesor debe supervisar tu trabajo.
- Usar el equipo de protección personal tanto para alumnos como profesores: **uso de bata de algodón, lentes de seguridad y guantes** de preferencia de nitrilo o látex, estos no se deben de quitar en ningún momento hasta terminar la sesión experimental y salir del laboratorio. De preferencia usar zapato cerrado.



Imágenes tomadas de [Creative Commons](#) , [Pixabay](#), [Pixabay](#)

- Antes de salir de laboratorio lavarse las manos con agua y jabón.
- Traer el cabello recogido, evitar el uso de joyería, sobre todo cuando trabajes con fuego.

- Mantener tu mesa de trabajo limpia y ordenada, lleva de preferencia una franela y servitoallas.
- No beber ni comer alimentos dentro del laboratorio.
- Mantén despejada las salidas de emergencia, ubica los extintores, mantas



de incendio, botiquín de seguridad, lavajojos, extintores que te ayudaran si ocurre una emergencia.

Imagen tomada de [Pixabay](https://pixabay.com)

- No desechar ningún residuo al drenaje, pregunta a tu profesor sobre el recipiente de desechos y deposita los residuos para su tratamiento.
- Revisa las hojas de datos de seguridad de cada sustancia donde encontrarás generalmente los pictogramas de seguridad, rombo de seguridad o etiqueta de advertencia, descripción física y las medidas que debes de seguir si se presenta algún riesgo con dicha sustancia. Recuerda que **es importante prevenir accidentes** lo cual se puede **lograr revisando la toxicidad y manejo de cada sustancia**.



Sustancias y equipo de laboratorio

Antes de realizar cualquier actividad experimental, debes conocer la naturaleza de cada sustancia, características físicas y la toxicidad de cada una, así como su manejo. Si se trata de algunos **disolventes orgánicos** (Ávila Zárraga, 2009) que generalmente **son peligrosos** por su **flamabilidad o por su toxicidad**, es por ello que no deben ser calentados directamente a la flama, deben trabajarse en una campana de seguridad y **no se deben desechar a la tarja**; en el caso de **sustancias inorgánicas tanto ácidas como básicas** son **corrosivas**, por lo cual **se debe usar siempre guantes y lentes de seguridad**, su manipulación debe realizarse en una campana, el contacto con este tipo de sustancias **ocasiona severas quemaduras**, su tratamiento debe ser neutralizar y después desechar a la tarja.

Para conocer estos riesgos que presentan las sustancias debes de ubicar los **pictogramas de peligros físicos y para la salud** (figura 1) que **son símbolos de advertencia asociadas al daño que ocasiona esa sustancia** ya sea a la salud o al medio ambiente (Secretaría del Trabajo y Previsión Social, 2015).

Los pictogramas deben cumplir con las características siguientes:

- a) Tener forma de rombo con borde color rojo, apoyado en un vértice. El borde rojo podrá ser sustituido por borde negro, cuando la señalización sea usada de manera interna en el centro de trabajo
- b) Contener el símbolo en color negro con fondo de color blanco.



Figura 1. Pictogramas de peligros físicos y para la salud.
(imagen tomada de [Creative Commons](#))

Adicionalmente cuando se trabaja con alguna sustancia química se recomienda revisar la etiqueta de advertencia NFPA 704 (Fairview, 2019) que es una norma que explica el "diamante de materiales peligrosos" establecido por la Asociación Nacional de Protección (NFPA) en Estados Unidos de América, para comunicar los peligros de los materiales. Esta etiqueta que se representa a través de un rombo de seguridad que cuenta con cuatro colores que indican los **riesgos a la salud (azul)**, si es una sustancia **inflamable (rojo)**, **la reactividad (amarillo)** de dicha sustancia y el **blanco** si presenta un **riesgo especial** como ser una sustancia corrosiva, ácida, básica, oxidante, radiactiva, si reacciona violentamente con agua y si polimeriza (figura 2). Dentro de cada recuadro se indica el nivel de riesgo del 0 al 4, **siendo el 0 sin peligro y el valor de 4 de mayor peligro** (Instituto Politécnico Nacional, 2015).



Figura 2. Etiqueta de advertencia o rombo de seguridad. (tomada de [Creative Commons](#))

Para evitar riesgos químicos de corrosividad, reactividad, explosión, toxicidad e inflamabilidad es necesario conocer las características físicas y químicas de las sustancias como: solubilidad y miscibilidad, estado de agregación, punto de ebullición, punto de fusión, presión de vapor, densidad, viscosidad, temperatura de autoignición, rango de inflamabilidad, y la reactividad frente a otras sustancias como agua, ácidos o bases.

Por otro lado, es necesario que antes del trabajo experimental todo el material de vidrio debe estar limpio y seco, para que los experimentos se lleven a cabo satisfactoriamente, ya que generalmente si el material esta sucio puede ocasionar que no se observe adecuadamente el experimento o se obtengan otros resultados por reacción con impurezas del material, además si se lava previamente el material a utilizar se evita usar tiempo adicional durante cada actividad experimental.

Referencias

- Ávila Zárraga, J.G. (2009). *Química orgánica: experimentos con un enfoque ecológico*. (2ª ed.). UNAM. Dirección General de Publicaciones y Fomento Editorial.
- Facultad de Química. (2019). Reglamento de Higiene y seguridad para laboratorios de la Facultad de Química. UNAM. México. Recuperado el 16 de noviembre de 2020 de <https://quimica.unam.mx/wp-content/uploads/2019/06/reglamento-de-higiene-y-seguridad.pdf>
- Fairview. (2019). NFPA 704: interpretación de las etiquetas de advertencia de peligro. USA. Recuperado el 16 de noviembre de 2020 de <https://www.fairview.org/patient-education/82739>
- Instituto Politécnico Nacional. (2015). Reacciones químicas inorgánicas. Seguridad en el manejo de sustancias químicas. Apoyo Educativo Virtual. México. Recuperado el 16 de noviembre de 2020 de https://www.aev.dfie.ipn.mx/Materia_quimica/temas/tema6/subtema3/subtema3.html
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social. (2015). NORMA Oficial Mexicana NOM-018-STPS-2015. México. Recuperado el 16 de noviembre de <https://www.ilo.org/dyn/natlex/docs/ELECTRONIC/101271/121935/F299513823/NOM-018-STPS-2015.pdf>



Química Verde

La Química es una ciencia experimental que interviene en diversas transformaciones químicas a nivel industrial, mediante el uso de compuestos químicos que contaminan el planeta y causan daño a los seres vivos, sin embargo, desde hace dos décadas hay procesos químicos que se consideran amigables con el medio ambiente, conocer este tipo de procesos nos permite reflexionar como docentes y alumnos podemos aplicar metodologías sostenibles dentro del aula que permitan a los alumnos conocer el enfoque de la Química Verde como alternativa para el desarrollo de dichas metodologías.

Origen de la Química Verde

Uno de los hechos que marcaron el origen de la Química Verde, fue la publicación del libro "La primavera silenciosa" en 1962 por Rachel Carson, donde se advierte sobre el uso excesivo de los pesticidas como el DDT, sustancias químicas que en ese entonces se empleaban para el control de plagas en el suelo. En este libro se mencionan los daños que ocasionaban este tipo de compuestos donde se hacía énfasis que perjudicaban más de lo que beneficiaban, por los efectos dañinos que ocasionan al medio ambiente y a los seres vivos, que de seguir así se podría vivir una primavera silenciosa "sin pájaros" (Sierra, Meléndez, Ramírez & Arroyo, 2014).

Por otro lado, en 1987 el desarrollo sostenible, definido por la Comisión Mundial para el Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas, como el desarrollo que satisface las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las generaciones del futuro para atender sus propias necesidades (Reyes Sánchez, 2012).

Con base en estos dos acontecimientos, los científicos comenzaron a concientizarse sobre el daño que causa la Química como ciencia, se inició con la

vinculación de la palabra verde con el ambiente, se relacionó lo verde con lo inocuo (Sierra et al., 2014), y se cuestionó sobre la pregunta ¿Si era posible que la Química no cause daño?, generándose dos puntos de vista opuestos, donde se continúa relacionando a la Química con riesgo, contaminación y daño; pero al mismo tiempo también se visualiza a esta ciencia como un medio para revertir este daño y contribuir al desarrollo de productos y procesos sostenibles con el medio ambiente y el cuidado del planeta.

Es así como la Química Verde nace en el año 1990 en la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos, como un enfoque y una herramienta para la protección al medio ambiente por la contaminación causada por la industria química, donde sus creadores Paul Anastas y John Warner quienes en ese tiempo trabajan en la EPA postularon los doce principios de la Química Verde que hoy en día sirven como guía para el diseño, desarrollo y aplicación de procesos químicos en la academia y en la industria en general (Anastas & Eghbali, 2010).

En este contexto, uno de los problemas que presentan los alumnos en clase de Química cuando se realizan actividades experimentales es que desconocen las cuestiones de riesgo y generación de desechos que se producen en un experimento, no consideran importante el uso de material de seguridad cuando realizan una práctica, la mayoría de los alumnos se les hace muy fácil desechar toda sustancia a la tarja sin cuestionarse si esas sustancias hacen daño o no al medio ambiente. De acuerdo con esto, en el aspecto académico es importante que tanto alumnos y docentes reflexionen sobre la importancia de contribuir a un desarrollo sostenible mediante el conocimiento del enfoque sostenible como lo es la Química Verde, donde los alumnos tengan una formación integral al adquirir conocimientos, fomentar valores y actitudes que les ayuden a tomar conciencia acerca del daño que se ocasiona cuando se emplean sustancias tóxicas y dañinas en cualquier actividad experimental y como se puede prevenir el empleo de estas al conocer los principios de la Química Verde.

¿Qué es la Química Verde?

La Química Verde o también conocida como Química Sostenible es un enfoque o filosofía (Ruiz & Ruiz, 2011) que se ha aplicado a cualquier proceso químico.

Se define como el diseño de procesos y productos químicos que reduzcan o eliminen el uso y generación de sustancias peligrosas (Anastas & Eghbali, 2010).

Hoy en día hay una diversidad de investigaciones donde se ha empleado la química verde para reducir el impacto ambiental de los residuos industriales y lograr un manejo adecuado de los recursos ambientales, sin embargo, este todavía sigue siendo un gran reto, se debe estudiar sobre las interacciones ambientales en un rango de escalas espacial y temporal, teniendo en cuenta el ciclo de vida completo de los productos, desarrollar nuevas metodologías de detección, identificación y separación de contaminantes, mecanismos de los cambios fotoquímicos y los de toxicidad (Pájaro Castro & Olivero Verbel, 2011).

Debido a lo anterior, resulta importante conocer la filosofía de la Química Verde, sus doce principios, en que consiste cada uno para seguir investigando y trabajar en metodologías experimentales que disminuyan la contaminación por residuos químicos tóxicos, así como la detección y monitoreo en tiempo real de las sustancias y la búsqueda de nuevos materiales alternativos que reemplacen a las sustancias que se usan comúnmente en métodos convencionales de síntesis.

Uno de los aspectos más importantes de la Química Verde es el concepto de diseño, por ello los doce principios son reglas diseñadas que ayudan a los químicos a lograr una meta de sostenibilidad. La Química Verde se caracteriza por la planeación cuidadosa del diseño molecular y la síntesis en Química para reducir consecuencias adversas (Anastas & Eghbali, 2010).

Los doce principios de la Química Verde sirven para el diseño de nuevos productos y procesos químicos, estos postulados son:

1. **Prevención:** *Es mejor prevenir que tratar o limpiar después de haberlo formado.*

2. **Economía atómica:** Los métodos de síntesis deben de ser diseñados para maximizar la incorporación de todos los materiales usados dentro del proceso en el producto final.
3. **Síntesis químicas menos peligrosas:** Siempre que sea posible se deben diseñar metodologías de síntesis que usen o generen productos de baja o nula toxicidad para el ser humano y el ambiente.
4. **Diseño de químicos seguros:** Los productos químicos deben ser diseñados para preservar su eficacia mientras reduzcan su toxicidad.
5. **Solventes seguros y auxiliares:** El uso de sustancias auxiliares (disolventes, agentes de separación, etc.) deben evitarse cuando sea posible, y si son usados deben ser inocuos.
6. **Diseño de la eficiencia energética:** Los requerimientos energéticos en los procesos químicos son reconocidos por su impacto ambiental y económico y deben ser reducidos. Si es posible, los métodos de síntesis deben ser realizados a temperatura y presión ambiente.
7. **Uso de materias primas renovable:** Un material o materia prima debe ser renovable en lugar de agotarse, siempre que sea técnica y económicamente viable.
8. **Reducir derivados:** Derivatización innecesaria (como grupos de bloqueo, de protección o desprotección, la modificación temporal de los procesos fisicoquímicos) deben ser reducida o evitada si es posible, porque cada paso requiere reactivos adicionales que generan residuos.
9. **Catálisis:** Los reactivos catalíticos (tan selectivos como sea posible) son superiores a los reactivos estequiométricos.
10. **Diseño de sustancias biodegradables:** Los productos químicos deben ser diseñados para que al final de su función, se descompongan en productos de degradación inocua y no persistan en el ambiente.
11. **Análisis del tiempo real para prevenir contaminación:** Las metodologías analíticas necesitan ser desarrolladas para permitir monitorear en tiempo real el proceso y controlar la formación de sustancias peligrosas.

12. **Químicos seguros para prevenir accidentes:** *Las sustancias y forma de uso de una sustancia debe ser elegida para minimizar el riesgo de accidentes químicos, incluyendo emanaciones, explosiones e incendios.*

Procesos químicos sostenibles

Que significa sostenibilidad

En diferentes artículos de investigación y de divulgación se puede notar que el término de sostenible se maneja igual que el término de sustentable, sin embargo, son dos conceptos diferentes. El concepto *sostenible* se refiere al aspecto interno de la estructura del sistema de que se trate, la que puede permanecer firmemente establecida, asentada, fija, inalterable, inamovible, sosteniendo el sistema gracias a la firmeza de su estructura interna y en base a ella (Reyes Sánchez, 2012), la palabra *sustentable* se relaciona con lo supra- o superestructural de ese mismo sistema, lo que requiere que se le esté alimentando, proporcionándole los medios de sobrevivencia y persistencia, a fin de que pueda extender su acción, no sólo en su ámbito sino también a través del tiempo. Un sistema sustentable es pues aquel que requiere estar siendo alimentado de los recursos de otros sistemas para crecer a costa del obvio deterioro de aquellos sistemas de los cuales importa la energía que requiere para sostenerse (Reyes Sánchez, 2012).

El enfoque de la Química Verde se relaciona con un desarrollo sostenible (figura 1), donde se pretende hacer procesos que ayuden a satisfacer las necesidades de las personas sin comprometer los recursos que servirán a nuestras generaciones del futuro, al preservar el cuidado de los recursos de la naturaleza y emplear sustancias químicas que no causen daño y que se puedan tratar después de a ver sido utilizadas. Este desarrollo considera que debe haber un equilibrio entre lo social ya que implica concientizar a las personas para lograr un cambio, ambiental y económico ya que se requiere el apoyo de sectores del gobierno y de las industrias para alcanzar este desarrollo.

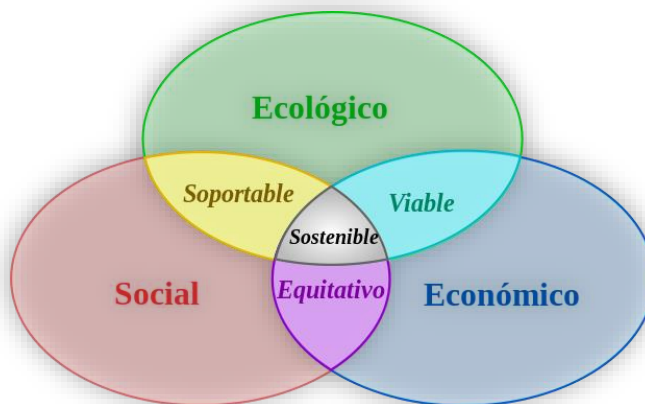


Figura 1. Los tres pilares del desarrollo sostenible (tomada de [Creative Commons](#)).

Procesos químicos industriales sostenibles

La industria Química es un sector donde se extraen, procesan y transforman materias primas para la formación de intermediarios y productos de consumo final, contribuyendo a la demanda de bienes materiales de la sociedad, esta industria y sus ramas como la petroquímica, farmacéutica, textil, automotriz, alimenticia, entre otras son industrias que provocan la generación y emisión de diversas contaminantes químicos, además de que requieren materiales extraídos del subsuelo, teniendo como consecuencia agotamiento de los recursos naturales del planeta y afectando la calidad de vida de las personas. Algunos de los problemas ambientales que son ocasionados por las industrias en general son: la producción de energía eléctrica por combustión de carbón es uno de los orígenes principales del dióxido de carbono, de los óxidos de azufre y nitrógeno, del mercurio y de otros metales tóxicos, emitidos a la atmósfera. La utilización de sustancias químicas en la agricultura ha conducido a la diseminación por todo el planeta de los insecticidas policlorados, mientras que una multitud de aplicaciones tecnológicas ha justificado el amplio uso de los policlorobifenilos (PCB), también presentes en todo el planeta. Los plásticos son particularmente persistentes en el medio ambiente y aparecen diseminados en multitud de lugares (Mestres, 2013).

Razón por la cual se ha generado la necesidad de promover acciones tendientes a preservar el medio ambiente. Dentro de los sectores que han empleado metodologías sostenibles, se encuentran la industria química fina y la industria farmacéutica. Esta última industria es una de las que produce mayor cantidad de desechos debido a la cantidad de disolventes que se emplean, teniendo como resultado un alto valor del factor de impacto ambiental (Factor E), el cual es una medida métrica de la cantidad de residuos que se generan en un proceso químico por producto formado. Un alto valor de factor E indica mayor generación de desechos, como es el caso de la industria farmacéutica que tiene valores de factor E de 25 a niveles superiores de 100 (Sheldon, 2018).

Algunas empresas farmacéuticas han implementado dentro de sus procesos principios de la Química Verde, para la producción de una diversidad de fármacos. Por ejemplo, la empresa HBC Co desarrollo un proceso para la obtención del analgésico ibuprofeno en 1961 que consistía en 6 etapas las cuales tenían una economía atómica de 40%, actualmente el proceso verde se redujo a 3 etapas (González & Valea, 2009) en las cuales se emplean catalizadores y tiene una economía atómica de 77% generando menos subproductos (Shallcross & Harrison, 2015). A nivel industrial cambiar metodologías de síntesis en los procesos, resulta beneficioso porque disminuyen costos de producción lo cual hace que los procesos sean rentables económicamente, de ahí también viene el significado de lo verde que se atribuye al color del dinero (dólares) (Reyes Sánchez, 2012).

Otras industrias que ha aplicado principios de la Química Verde, son aquellas que fabrican polímeros, por ejemplos materiales de policarbonato hoy en día se sintetiza este polímero a partir de difenilcarbonato ya que anteriormente se empleaba fosgeno que es una sustancia tóxica y dañina (Doria Serrano, 2009). Además, se están usando también materiales poliméricos que son biodegradables para que no persistan tanto tiempo en el medio ambiente, como aquellos polímeros que contienen monómeros de ácidos poliláctico y poliaspártico que debido a su estructura química se hidrolizan fácilmente (Doria Serrano, 2009).

La visión de la Química Verde va más allá de realizar una investigación o una reacción química, con el tiempo tanto los sectores industriales, grupos de investigación en institutos y universidades se han interesado y han tomado conciencia sobre la importancia de este enfoque sostenible. En el cual el diseño juega un papel importante para el futuro de la Química Verde, donde se deben considerar propiedades inherentes de las moléculas, detectar si los compuestos y procesos se están agotando frente a materias primas renovables, si las sustancias son tóxicas frente a sustancias benignas, si son persistentes frente a las que se degradan fácilmente. Los productos, las materias primas y los procesos de fabricación deberán integrar principios de la química y la ingeniería verde bajo una definición ampliada de desempeño que incluye consideraciones de sostenibilidad. Esta transformación requerirá lo mejor de las tradiciones de ciencia e innovación junto con el nuevo pensamiento sistémico emergente y el diseño de sistemas que comienza en el nivel molecular y resulta en un impacto positivo a nivel global (Zimmerman, Anastas, Erythropel, Leitner, 2020).

La Química Verde en la academia

La Química Verde ha sido implementada en el ámbito escolar y de investigación, desde nivel secundaria, bachillerato, licenciatura y posgrado a nivel internacional en países como Estados Unidos, Canadá, Alemania, Australia, Reino Unido, España, Australia, Japón, China y América Latina incluyendo a México (Tse-Lun, Hyunook, Shu-Yuan, Po-Chih, Yi-Pin, & Pen-Chi, 2020.), donde se han realizado trabajos en educación en Química Verde (Doria Serrano & Miranda Ruvalcaba, 2013) y Sostenible como experiencias de laboratorio (Osorio & Di Salvo, 2014), reuniones, conferencias, materiales escritos donde se ha hecho énfasis en un pensamiento sistémico (Hurst, Slootweg, Balu, Climent-Bellido, Gomera, Gómez, Luque, Mammino, Spanevello, Saito, & Ibañez, 2019). En estos trabajos los docentes tienen el interés en promover en los alumnos la reflexión y la responsabilidad sobre el cuidado del medio ambiente, como profesores considero que debemos fomentar actitudes y valores que les ayuden en su formación integral como ciudadanos responsables ambientalmente mediante una formación científica sólida y crítica.

La importancia de abordar el diseño y aplicación de metodologías relacionadas con el desarrollo sostenible en la escuela es para promover actividades que ayuden a preservar el planeta y cuidado de los recursos naturales.

La escuela ha sido desde siempre un medio importante que la sociedad utiliza para transmitir valores de una generación a otra. En efecto, lo que se quiere es involucrar activamente a los alumnos en la búsqueda de tales cambios de conciencia, compromiso y responsabilidad con la naturaleza y las acciones que se llevan a cabo para su deterioro.

Nuestra labor como docentes en este contexto, tiene una función de gran importancia, ya que, en las asignaturas de Ciencias Experimentales, las actividades de laboratorio juegan un papel muy significativo, que se pueden ir desarrollado en el nivel bachillerato. Con el fin de que el trabajo de laboratorio trascienda y no solo se considere un lugar en que los estudiantes manipulan los instrumentos, realizan montajes, efectúan observaciones y las traducen en otro lenguaje; para convertirse en un escenario que permita crear valores y actitudes en ellos congruente con el modelo del Colegio.

Los estudiantes y la Química Verde

Con base en nuestra experiencia, hemos visto que los estudiantes al conocer la definición y los objetivos principales de la Química Verde, les resulta interesante y sobre todo reflexionan sobre como esta filosofía puede aplicarse desde casa y dentro del salón de clases, al conocer como este enfoque ha llegado a sectores gubernamentales, industriales y académicos (Tse-Lun et al.,2020). Lo cual ha tenido como consecuencia que ellos como alumnos puedan participar en el diseño y la realización de experimentos donde puedan aplicar los principios de la Química Verde.

Dentro del laboratorio se pueden aplicar los principios de la Química Verde como son: disminución o prevención de residuos, economía atómica, uso de sustancias que sean benignas ambientalmente y preferir que el consumo de energía sea menor.

Se debe enseñar a los alumnos la importancia de conocer propiedades físicas y químicas de las sustancias para conocer previamente su reactividad, revisar antes de cada actividad experimental la hoja y rombos de seguridad, así como los pictogramas, con el objetivo de conocer los riesgos de salud y evitar accidentes.

Una parte central en la Química Verde es la cantidad de reactivos y disolventes que son transformados en el producto de preferencia sin la formación de desechos, con esto se evitan los problemas ambientales asociados a los residuos, como lo indica el principio de economía atómica, se puede realizar demostraciones de reacciones químicas que tengan una alta economía atómica.

En una reacción química se prefiere que el consumo de energía sea menor, su reducción es importante ya que a nivel industrial esto tiene un beneficio económico y ambiental, por lo que se recomiendan condiciones de reacción a temperatura y presión ambiente, un factor que influye en la velocidad de una reacción química es el uso de catalizadores que disminuyen el consumo de energía y que pueden ser empleados en una reacción dentro del laboratorio.

Otro aspecto importante es dar a conocer a los alumnos formas cualitativas de evaluar que tan verde es un experimento, al desarrollar el diagrama de flujo de cada actividad experimental y su análisis con respecto a los doce principios de la Química Verde, que analicen las sustancias que se emplean y si estas son tóxicas, contaminan y causan riesgos, modifiquen estas sustancias por otras que tengan características químicas similares que permitan llevar a cabo el experimento pero que no causen riesgo y daño o lo disminuyan.

Beneficios de un trabajo académico y la Química Verde

Revisar las actividades académicas en educación que se han llevado a cabo, como experimentos, congresos, simposios, cursos, seminarios, programas de posgrado y los procesos industriales que han sido aplicados por empresas nacionales e internacionales, donde se emplea el enfoque de la Química Verde, impulsará a los estudiantes a reflexionar y tomar conciencia sobre la sostenibilidad (Osorio & Di Salvo, 2014).

Como docentes conocer este enfoque nos permite tener herramientas para el diseño y la implementación de metodologías verdes que se pueden llevar a cabo dentro del aula, diseñar y llevar a cabo actividades experimentales donde se promueva la responsabilidad, conciencia y reflexión sobre el cuidado del planeta y de la propia vida.

La introducción de la Química Verde en el ámbito escolar ha permitido a los docentes mejorar la seguridad en el laboratorio dentro del aula, abordar las limitaciones de las instalaciones que hay en estos laboratorios, actualizar los planes de estudios de la asignatura y ha contribuido al desarrollo de trabajo colegiado de docentes interesados en transformar la educación en Química (Haack & Hutchison, 2016).

Referencias

Anastas, P., & Eghbali, N. (2010). Green Chemistry: Principles and Practice. *Chemical Society Reviews*, 39, 301–312.

Doria Serrano, M. del C. (2009). Química verde: un nuevo enfoque para el cuidado del medio ambiente. *Educación Química*, 20(4), 412–420.

Doria Serrano, M. del C., & Miranda Ruvalcaba, R. (2013). Química verde: Un tema de presente y futuro para la educación de la química. *Educación Química*, 24(1), 94–95.

González, M. L., & Valea, A. (2009) El compromiso de enseñar química con criterios de sostenibilidad: la química verde, *Educació Química*, 2 (40), 48-52. Recuperado el 5 de noviembre de 2020 de:
http://publicacions.iec.cat/PopulaFitxa.do?moduleName=revistes_cientifiques&subModuleName=&idColleccio=6090.

Haack, J.A., & Hutchison, J.E. (2016). Green Chemistry Education: 25 Years of Progress and 25 Years Ahead. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 4,5889-5896.

Hurst, G.A., Sloopweg, J.C., Balu, A.M., Climent-Bellido, M.S., Gomera, A.

- Gómez, P., Luque, R., Mammino, L., Spanevello, R.A., Saito, K., & Ibañez J.G. (2019). International Perspectives on Green and Sustainable Chemistry Education via Systems Thinking. *Journal of Chemical Education*, 96, 2794-2804.
- Mestres, R. (2013). Química Sostenible: Naturaleza, fines y ámbito. *Educación Química*, 24(1), 103–112.
- Osorio, R., & Di Salvo, A. (2014). Química verde: Un nuevo enfoque para las actividades experimentales de química. *Multiciencias*, 8, 11-17.
- Pájaro Castro, N. P., & Olivero Verbel, J. T. (2011). Química Verde: Un Nuevo Reto / Green Chemistry: A New Challenge. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 21(2), 169–182.
- Reyes Sánchez, L. B. (2012). Aporte de la Química Verde a la construcción de una ciencia socialmente responsable. *Educación Química*, 23(2), 222-229.
- Ruíz, G. J. B., & Ruíz, L. B. (2011). La Química Verde. *Revista ¿Cómo ves?*, 150, 30-33.
- Shallcross, D., & Harrison, T. (2015) Greening chemistry. *Science in School*, 31, 6–10.
- Sheldon, R.A. (2018). Metrics of Green Chemistry and Sustainability: Past, Present, and Future. *ACS Sustainable Chemistry Engineering*, 6, 32–48
- Sierra, A., Meléndez, L., Ramírez, M.A., & Arroyo, M. (2014). La Química Verde y el desarrollo sustentable. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 5(9), 1-15.
- Tse-Lun, C., Hyunook, K., Shu-Yuan, P., Po-Chih, T., Yi-Pin, L., Pen-Chi, C. (2020). Implementation of green chemistry principles in circular economy system towards sustainable development goals: Challenge and perspectives. *Science of the Total Environment*, 716, 1-16.
- Zimmerman, J.B., Anastas, P.T., Erythropel, H.C., & Leitner, W. (2020). Designing for a green chemistry future. *Science*, 367, 397-400.



Evaluación de ¿Qué tan verde es un experimento?

La evaluación de un experimento se puede realizar con base en la propuesta informada por el grupo de Miranda-Ruvalcaba de ¿Qué tan verde es un experimento? (Morales Galicia, Martínez, Reyes Sánchez, Martín Hernández, Arroyo Razo, Obaya Valdivia, & Miranda Ruvalcaba, 2011), donde se propone una metodología de análisis crítico que permite evaluar de acuerdo con los principios de la Química Verde y determinar cuándo un experimento tiene un acercamiento verde. Se eligió esta propuesta porque genera en los estudiantes la conciencia sobre tomar la decisión, de realizar procesos que perjudican al medio ambiente o prevenir la contaminación al poder realizar modificaciones que eliminen o disminuyan la formación de residuos y el uso de sustancias tóxicas en un proceso químico.

Antes de hacer la evaluación de ¿Qué tan verde es un experimento? se debe tener conocimiento y comprensión de cada uno de los doce postulados de la Química Verde para poder aplicarlos en la evaluación.

La herramienta metodológica que proponen es cualitativa ya que propone un código de color (figura 1) y semicuantitativa ya que emplea una escala numérica tipo Likert donde se pone entre paréntesis la evaluación del 1 al 10, desde un proceso que es totalmente café (1) hasta uno donde es totalmente verde (10).

La propuesta educativa de evaluar ¿Qué tan verde es un experimento? no solo evalúa los principios de la Química Verde, también permite al estudiante valorar que tanto ha logrado comprender los principios de la Química Verde y sobre todo tome conciencia sobre su participación e influencia en el medio ambiente.

	(10)	Totalmente verde
	(9)	Gran acercamiento verde
	(8)	Muy buen acercamiento verde
	(7)	Buen acercamiento verde
	(6)	Ligero acercamiento verde
	(5)	Transición café a verde
	(4)	Ligeramente café
	(3)	Medianamente café
	(2)	Muy café
	(1)	Totalmente café

Figura 1. Código de color para evaluar un experimento: 1 totalmente café a 10 completamente verde (Morales Galicia, 2011, *Educ. quím.*)

Para hacer la evaluación se deben seguir los siguientes pasos:

1. Investigar las propiedades físicas y químicas de las sustancias empleadas, incluyendo los pictogramas y rombos de seguridad.
2. Elaborar el diagrama de flujo de la metodología experimental y enumerar cada etapa de la metodología.
3. Colocar los pictogramas de seguridad de todas las sustancias tanto reactivos y productos en el diagrama de flujo.
4. Analizar cada etapa de la metodología experimental con base a que principios de la Química Verde se está evaluando, que tan verde o café en su aplicación en la escala del 1 al 10 de acuerdo con el código de colores de la figura 1, la evaluación que se asigne se coloca en paréntesis, se determina con base a lo que se emplea en cada etapa y el daño que provoca al medio ambiente.
5. Se recomienda colocar una tabla donde se enumeren las etapas de la metodología experimental e indicar la evaluación justificada de los principios de la Química Verde.

6. Realizar la sumatoria de todas las evaluaciones (los números que están en los paréntesis) y dividir entre el número de etapas, obteniendo así una evaluación final de toda la metodología experimental.
7. Presentar al final del diagrama de flujo la escala tipo Likert con la escala numérica y el color correspondiente que se determinó en el paso 6.

Se muestra un ejemplo de la evaluación de la práctica de laboratorio: “Obtención de la aspirina” que se analizó empleando esta metodología que proponen para la evaluación de un experimento de acuerdo (figura 2). Adicionalmente se muestra los principios de la Química Verde (figura 3) que se aplican en cada etapa de la metodología experimental y la evaluación que se le asigna correspondiente al código de color.

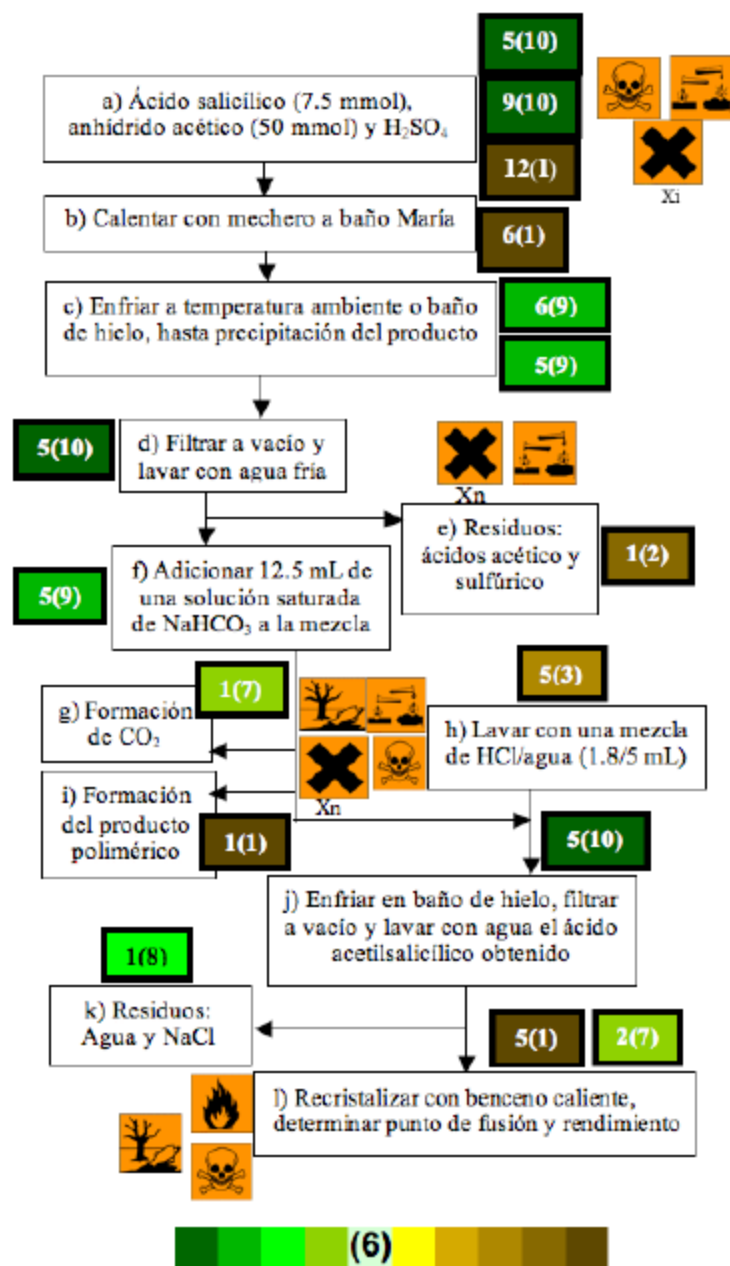


Figura 2. Evaluación del proceso: Obtención de la aspirina mediante la escala de Likert y el código de colores (Morales Galicia, 2011, *Educ. quím.*).

INFOCAB PB201420

Paso a Se emplea un catalizador (H_2SO_4) por lo que este punto se considera oportuno evaluar el principio **9** como totalmente verde (**10**); sin embargo, dado que el catalizador es dañino es adecuado calificar al principio **12** como totalmente café (**1**). Además, como no se emplea disolvente, este paso es totalmente verde (**10**) con respecto al principio **5**.

Paso b	El calentamiento se lleva a cabo empleando gas licuado comercial, por lo cual el acercamiento al principio 6 se considera totalmente café (1), ya que existen y se deben preferir otras fuentes de activación.
Paso c	El enfriamiento se realiza a temperatura ambiente o mediante baño de hielo, por lo que este paso es adecuado evaluarlo con gran acercamiento verde (9) en cuanto a los principios 5 y 6 .
Paso d	Para la filtración y lavado del compuesto de interés se emplea agua, disolvente considerado verde por excelencia, sin embargo, se deben considerar los residuos generados. En consecuencia, este paso es conveniente calificarlo como totalmente verde (10) con relación al principio 5 .
Paso e	Se generan los residuos ácido acético y ácido sulfúrico, lo que permite evaluar este paso con respecto al principio 1 como muy café (2).
Paso f	Para complementar la purificación del compuesto de interés se emplea una solución de NaHCO_3 saturada en agua, disolvente verde. En consecuencia, hay un gran acercamiento al verde (9) con respecto al principio 5 .
Paso g	Se genera CO_2 y acetato de sodio al emplear en el paso anterior NaHCO_3 , el que de acuerdo con Anastas y Warner es considerado una fuente renovable, por lo tanto, en función de la dualidad residual se aprecia un buen acercamiento al verde (7) con respecto al principio 1 .
Paso h	Se hace uso de ácido clorhídrico en mezcla acuosa, el cual es nocivo, tóxico y corrosivo tanto para el ser humano y la naturaleza, por lo que sugiere una evaluación medianamente café (3) del principio 5 .
Paso i	Se genera un producto polimérico, por lo que es apropiado calificar este paso en su acercamiento al principio 1 como totalmente café (1).
Paso j	Para concluir la purificación del compuesto de interés, se emplea baño de hielo y agua, disolvente verde. En consecuencia, este paso es totalmente verde (10) respecto al principio 5 .
Paso k	Como residuos se generan NaCl y agua, por lo que es conveniente evaluar con muy buen acercamiento al verde (8) al principio 1 .
Paso l	Con relación al principio 2 , hay buena economía atómica (75.06%). Este paso tiene un buen acercamiento al verde (7); no obstante, se recristaliza con benceno, que es inflamable y muy tóxico, con al principio 5 es totalmente café (1).

Figura 3. Principios de la Química Verde que se implementan en cada paso de la metodología experimental de la Obtención de la aspirina (Morales Galicia, 2011, *Educ. quím.*).

El diagrama de flujo como semáforo de seguridad ecológica.

Otra métrica que puede ser empleada para valorar que tan verde es un experimento, es la elaboración del diagrama de flujo de la parte experimental de un proceso, en esta propuesta se integran el tratamiento y la disposición de los residuos, se consideran los riesgos a la salud, al ambiente y a la seguridad utilizando los pictogramas y rombos de seguridad de los reactivos, sustancias auxiliares, productos y residuos, los criterios para evaluar los 12 principios y la elaboración de una carta de color para definir el correspondiente acercamiento verde del experimento (Vargas-Rodríguez, Obaya Valdivia, Lima Vargas, Hernández Escamilla, Miranda Ruvalcaba, & Vargas Rodríguez, 2016)

En esta propuesta se sugiere investigar previamente:

- Las sustancias que se emplearan, las cantidades y/o concentraciones, transformaciones realizadas de cada una, productos, subproductos y residuos obtenidos en cada etapa del proceso. Lo cual servirá para evaluar los principios 1, 2, 5 y 8 (P1, P2, P5 y P8) de la Química Verde.
- Conocer todos los riesgos a la salud, al ambiente y a la seguridad mediante los pictogramas y rombos de seguridad de todas las sustancias para los principios 3, 4 y 12 (P3, P4 y P12)
- Investigar las condiciones de reacción de temperatura, presión y tiempo que deben mantenerse durante el desarrollo experimental para la valoración del principio 6 (P6).
- Investigar si las materias primas son renovables (principio 7, P7), si los residuos y productos generados son biodegradables (principio 10, P10).
- Conocer el uso de catalizadores en lugar de reactivos estequiométricos (principio 9, P9).
- Conocer el desarrollo de metodologías analíticas (principio 11, P11), que se aplican para el seguimiento de las reacciones o únicamente para poder aplicar este principio en la evaluación del acercamiento verde de un experimento.

En el caso del principio 1 (P1) prevención de residuos es necesario cuantificar el factor de eficiencia (E) del experimento global en masa (E_m), se define como la masa, en gramos, de residuos generados por cada experimento realizado o bien determinar el factor de eficiencia en volumen (E_v):

$$E_m = \frac{\text{masa de residuo (g)}}{\text{Experimento realizado}}$$

$$E_v = \frac{\text{volumen de residuos (ml)}}{\text{Experimento realizado}}$$

Una vez realizado lo anterior, se debe construir el diagrama de flujo de la parte experimental, para lo cual se sugiere el uso de la simbología un diagrama de flujo (figura 4).


















Símbolo	Significado	Aplicación en los experimentos de laboratorio
	Inicio del proceso	Indica el inicio de un diagrama, de este solo puede salir una línea de flujo. Lleva el título general o de cada etapa del experimento.
	Final del proceso	Indica el final del experimento. El proceso terminara con el tratamiento y disposición de los residuos.
	Entrada general	Emplear únicamente para indicar los reactivos que entran al proceso, el volumen, el peso y la concentración.
	Salida general	Indica los materiales que salen del proceso (productos, residuos, etc.). Su volumen, peso, concentración, así como los componentes y sus composiciones respectivas. Puede tener varias flechas de salida para indicar biodegradabilidad, reutilización, tratamiento, y/o disposición de los residuos.
	Acción/ proceso general	Contiene la instrucción general que el alumno debe realizar para el desarrollo del experimento y del tratamiento y de los residuos. Si es posible debe indicar la transformación de los reactivos.
	Decisión	Sirve para comparar datos. Dependiendo del resultado (falso o verdadero) se toma la decisión de seguir un camino del diagrama u otro.
	Línea de flujo	Indica la dirección de flujo del proceso

Figura 4. Simbología del diagrama de flujo (Vargas-Rodríguez, 2016, *Educ. quím.*)

Posteriormente se hace el análisis de la evaluación del cumplimiento de los doce principios de la Química Verde, al final se cuentan los principios que se aplican en el experimento y se relaciona con el código de la carta de colores (figura 5).

La carta de colores presenta trece tonalidades, donde se integran los colores del semáforo (rojo, amarillo y verde). Para facilitar a los profesores y alumnos la identificación correcta del color al realizar la carta en archivo digital se presentan los códigos de color en el modelo RGB (por las siglas en inglés de red, green, blue) y para no generar confusiones en el color impreso se presentan los códigos de acuerdo con el modelo CMYK (por las siglas en inglés paracyan, magenta, yellow, black or key). Cada color indica el número de principios de la química verde que cumple el experimento (PQVCE) o cierta etapa del proceso.

En la figura 6 se muestra un ejemplo de la evaluación de un experimento de la cinética de adsorción de azul de metileno sobre bentonita, el cual cumple con diez principios, teniendo un código RGB: 157,196, 26 que se muestra en el fondo del diagrama de flujo. El análisis de cada uno de los principios de la Química Verde se muestra en la figura 7 donde se indica si cumple o no con el principio y su justificación.

N° PQVCE	Color observado	Modelo de color RGB	Modelo de color CMYK
0		237, 28, 37	0.00, 0.882, 0.844, 0.071
1		240, 81, 35	0.00, 0.663, 0.854, 0.059
2		237, 110, 5	0.00, 0.54, 0.98, 0.07
3		243, 146, 0	0.00, 0.40, 1.00, 0.05
4		249, 179, 0	0.00, 0.28, 1.00, 0.02
5		255, 210, 0	0.00, 0.18, 1.00, 0.00
6		255, 237, 0	0.00, 0.07, 1.00, 0.00
7		239, 227, 0	0.00, 0.05, 1.00, 0.06
8		214, 217, 0	0.01, 0.00, 1.00, 0.15
9		187, 207, 0	0.10, 0.00, 1.00, 0.19
10		157, 196, 26	0.20, 0.00, 0.87, 0.23
11		122, 185, 41	0.34, 0.00, 0.78, 0.27
12		79, 174, 50	0.55, 0.00, 0.71, 0.32

N°PQVCE: Número de principios de la Química Verde que cumple el experimento

Figura 5. Código de colores para la valoración de los principios de la Química Verde en un experimento (Vargas-Rodríguez, 2016, *Educ. quím.*).

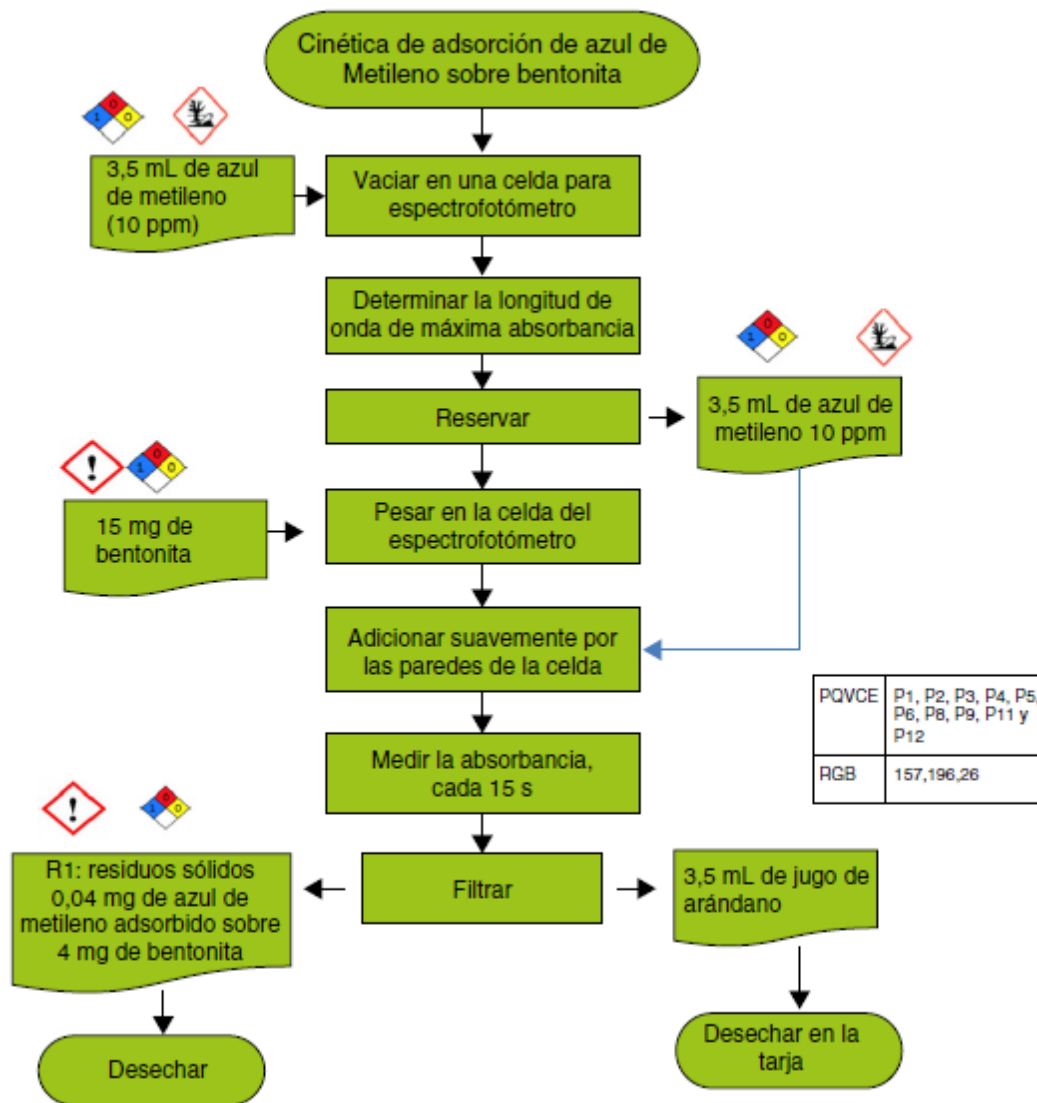


Figura 6. Evaluación del experimento de la cinética de adsorción de azul de metileno sobre bentonita de acuerdo con el semáforo de seguridad ecológica (Vargas-Rodríguez, 2016, *Educ. quím.*).

N°	Observación en el experimento de adsorción de azul de metileno	Cumple
P1	Em=4.004, el factor de eficiencia es mínimo.	✓
P2	El fenómeno de adsorción a tiempo infinito (168 h) se lleva acabo al 100%, por lo tanto, el líquido es agua y el sólido es azul de metileno.	✓
P3	El experimento es eficaz y la metodología seleccionada presenta toxicidad reducida (1 en riesgo a la salud).	✓
P4	Residuos de toxicidad reducida (1 en riesgo a la salud y al medio ambiente).	✓
P5	El avance de la reacción se realizó por métodos fisicoquímicos, eliminando el uso de sustancias auxiliares.	✓
P6	El experimento se desarrolla a temperatura y presión ambiente minimizando el consumo energético.	✓
P7	El azul de metileno es no renovable.	x
P8	No fue necesaria la formación de grupos de bloqueo.	✓
P9	No es necesario el uso de un catalizador, no aplica este principio.	✓
P10	La bentonita es ecoamigable pero el azul de metileno no es biodegradable. Además, de presentar riesgo para el medio ambiente.	x
P11	El seguimiento del proceso se realiza en tiempo real por métodos fisicoquímicos.	✓
P12	Los materiales no presentan riesgos de accidentes químicos.	✓

Figura 7. Evaluación de cada principio de la Química Verde del experimento de la cinética de adsorción de azul de metileno sobre bentonita (Vargas-Rodríguez, 2016, *Educ. quím.*)

Referencias

- Morales Galicia, M. L., Martínez, J. O., Reyes Sánchez, L. B., Martín Hernández, O., Arroyo Razo, G. A., Obaya Valdivia, A., & Miranda Ruvalcaba, R. (2011). ¿Qué tan verde es un experimento? / How green an experiment is?, *Educación Química*, 22(3), 240-248.
- Vargas-Rodríguez, Y. M., Obaya Valdivia, A., Lima Vargas, S., Hernández Escamilla, A., Miranda Ruvalcaba, R., & Vargas Rodríguez, G. I. (2016). El diagrama de flujo como semáforo de seguridad ecológica de los experimentos de laboratorio / The flowchart as a traffic light on ecological security of laboratory experiments. *Educación Química*, 27(1), 30–36.



Secuencia didáctica de actividades experimentales No. 1

“Recursos Naturales: Elementos, Compuestos y Mezclas”

Pregunta para responder al final de las actividades experimentales:

¿Los recursos naturales son elementos, compuestos o mezclas?

UNIDAD 1. Industria Química en México: factor de desarrollo



Aprendizajes:A1. (C, H, V) Reconoce los recursos naturales como fuente de materias primas para la industria, a partir de la investigación y análisis de información documental. (N1)

A2. (C) Identifica la presencia de mezclas compuestos y/o elementos en los recursos naturales, las condiciones de reacción de los reactivos y productos en los procesos de una cadena productiva. (N3)

La siguiente secuencia didáctica experimental tiene un enfoque hacia el uso de metodologías verdes en la realización de los experimentos ya que se aplican principios de la Química Verde como el P1 al generar poca cantidad de residuos, P12 al emplear sustancias de bajo riesgo, P5 uso de disolventes benignos como el agua. En cada experimento los alumnos pueden evaluar que principios de la Química Verde se cumplen valorar cada uno de acuerdo con las dos métricas ¿Qué tan verde es un experimento? y el semáforo de seguridad ecológica o bien elegir la que comprendan mejor, analizando podrán incluso hacer modificaciones para implementar más principios y el experimento sea más seguro y menos dañino.

a) Fase Inicial

Es esta etapa tú como alumno revisarás en la literatura los conceptos clave relacionados con las actividades experimentales y que te servirán como apoyo para comprender los conceptos de recurso natural, elemento, compuesto y mezcla.

Es importante que los resuelvas antes de realizar los experimentos.

Adicionalmente, es esencial que realices la búsqueda de información relacionada con las propiedades físicas y toxicidades de las sustancias, para que conozcas las precauciones necesarias que debes considerar durante el desarrollo de los experimentos.



TRABAJO INDIVIDUAL

ACTIVIDAD PREVIA

Con tus propias palabras realiza una definición de:

1. ¿Qué es un recurso natural?

Realiza una investigación bibliográfica y **compara tu respuesta previa** de la de definición de un recurso natural y contesta el siguiente cuestionario:

2. Menciona cinco recursos naturales y su utilidad.

3. ¿Qué es una cadena productiva?

4. Menciona tres métodos físicos para separar mezclas.



Trabajo individual

Propiedades físicas de las sustancias y toxicidad.

Investiga la fórmula Química, las propiedades físicas representativas de cada sustancia, toxicidades de cada sustancia, incluyendo pictograma, rombo de seguridad y datos relevantes de reactividad.

Tabla 1. Propiedades físicas y toxicidades.

Sustancias Nombre y fórmula Química	Pictogramas y rombo de seguridad	Descripción de propiedades físicas
cloruro de sodio		
azúcar		
cobre		
magnesio		
hierro		
zinc		
óxido de silicio		
yodo		
carbón		

agua		
alcohol etílico		
acetona		
vinagre		



OBJETIVOS

- Los alumnos identificarán que materiales son recursos naturales y reconocerán la utilidad que tienen estos recursos en su vida cotidiana.
- Los alumnos identificarán las características que distinguen a un elemento, compuesto y una mezcla homogénea o heterogénea, clasificando los diferentes materiales como elementos, compuestos o mezclas.
- Los alumnos identificarán que principios de la Química Verde se aplican en la metodología experimental y evaluarán en qué nivel de acercamiento verde se ubica cada experimento, de acuerdo con el grupo de Miranda Ruvalcaba (Morales Galicia, 2011) de ¿Qué tan verde es un experimento? y el semáforo de seguridad ecológica (Vargas-Rodríguez, 2016).

INTRODUCCIÓN

Los recursos naturales pueden ser obtenidos de la atmósfera, litosfera, biósfera e hidrósfera, son los medios de subsistencia que las personas obtienen directamente

de la naturaleza (Bassols, 2006). Existen una variedad amplia de recursos naturales, su importancia radica en su valor, ya que son medios de subsistencia de los hombres que habitan el planeta, para utilizar estas riquezas, ya sea empleándolos de manera natural o bien transformándolos parcial o completamente en su calidad original y convirtiéndolos en nuevas fuentes de energía o en subproductos y mercancías manufacturadas.

Dependiendo de la composición química de cada recurso natural se pueden clasificar como elementos, compuestos o mezclas. Recuerda que una sustancia pura es una sustancia química particular compuesta por el mismo tipo de partículas, puede ser un elemento o compuesto (figura 1).

Los elementos son las sustancias fundamentales con las cuales se construyen todos los materiales. La partícula más pequeña que conserva las propiedades del elemento es un átomo. Los átomos de un elemento sólido están organizados en un arreglo y son de un mismo tipo de átomo (Burns, 2011). Por ejemplo, todos los átomos de un trozo de cobre son átomos de cobre y no se pueden dividir en átomos más simples.

Los elementos se representan mediante símbolos químicos dependiendo del nombre del elemento.

Los compuestos son sustancias puras constituidas por elementos de dos ó más tipos, combinados unos con otros en proporciones fija. Los compuestos se representan con fórmulas químicas, que indica las proporciones en que se combina cada elemento. Las propiedades de los compuestos son diferentes de las propiedades de los elementos individuales que los forman, por ejemplo, la sal de mesa se puede descomponer fundiéndola primero y luego haciéndola pasar una corriente eléctrica a través del líquido para obtener los elementos sodio (Na) y cloro (Cl₂). La sal común es un compuesto y tiene una composición química definida: 39.3% de Na y 60.7% de Cl₂. El sodio es un metal sólido plateado y reactivo, el cloro es un gas tóxico de color verde y la sal es un sólido cristalino blanco.

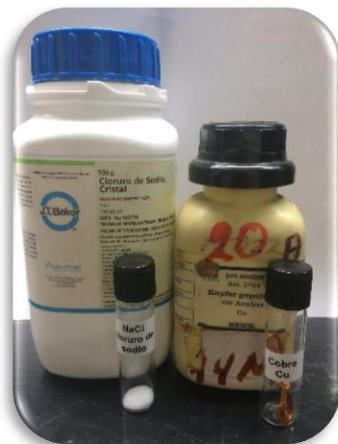


Figura 1. Ejemplo de compuesto cloruro de sodio (NaCl) y de elemento cobre (Cu). Elaboración propia.

Toda la materia se clasifica como sustancia pura o como mezcla. La composición de las mezclas puede variar la cantidad de las sustancias de las cuales se compone. Las mezclas se clasifican en heterogéneas y homogéneas, las mezclas heterogéneas no tienen propiedades uniformes, la composición de una fase difiere de la otra fase, un ejemplo, una mezcla de aceite y agua.

Una mezcla homogénea tiene una composición y apariencia uniforme, las mezclas homogéneas son llamadas soluciones, hay soluciones sólidas, líquidas y gaseosas, un ejemplo, de solución sólida es el bronce, que es una aleación de cobre y estaño.

En las actividades experimentales que realizarás, identificarán recursos naturales que tienes a tu alrededor, clasificarás diferentes sustancias como elementos, compuestos y mezclas, de acuerdo con su apariencia física y la identificación de su fórmula Química.

b) Fase de desarrollo

Es esta etapa se trabajarán las actividades experimentales en equipo de cuatro personas, donde se desarrollará cada experimento teniendo la precaución necesaria con aquellas sustancias que presentan riesgo. Posteriormente se analizarán y discutirán los resultados obtenidos, el cuestionario te servirá para

apoyar tus premisas a cerca de un recurso natural y su clasificación como elemento, compuesto o mezcla.

A continuación, se presentan las actividades experimentales:



METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Tabla 2. Materiales y sustancias

Materiales	Sustancias
1 microscopio óptico	magnesio
1 espátula	cobre
1 moneda	hierro
1 portaobjeto	agua
1 probeta de 10mL	azúcar
2 vasos de precipitados de 10mL	sal
1 vidrio de reloj	óxido de silicio
	vinagre
	suelo
	globo de aire
	cuarzo
	carbón
	yodo
	alcohol etílico
	acetona
	papel filtro
	zinc



Figura 2. Materiales y sustancias. Elaboración propia.

Experimento 1 “Recurso natural”

Procedimiento

- I. *Selecciona una de las siguientes muestras: tierra, una roca, cuarzo o arena. Recolecta una muestra que se encuentren en el Colegio o en tu casa. Coloca la muestra en un vidrio de reloj, observa las características que presenta, discute con tu equipo sobre el tipo de recurso natural del cual proviene y los productos que se pueden obtener de este recurso, completa la tabla 3.*

Experimento 2 “Elementos, compuestos y mezclas”

Procedimiento

- I. *Coloca los materiales sólidos (1/4 de punta de espátula) en una hoja en blanco, en el caso de las sustancias líquidas toma 20 gotas con ayuda de una pipeta beral en vasos de 10mL. Observa su apariencia física, como color, textura, visibilidad de sus componentes (si se distingue una sola fase o dos fases) y completa la tabla 4. Puedes auxiliarte del uso del microscopio para las sustancias sólidas.*
- II. *De acuerdo con la composición y fórmula Química, analiza la composición y clasifica como elemento, compuesto o mezcla (homogénea/heterogénea). Menciona el recurso natural del cual proviene el material. Completa la tabla 5.*

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Experimento 1 “Recurso natural”

Tabla 3. Descripción física del recurso natural.

Muestra	Descripción física	Tipo de recurso natural	Productos que se obtienen del recurso

Experimento 2 “Elementos, compuestos y mezclas”

Tabla 4. Descripción física de materiales.

Material	Composición (nombre y fórmula Química)	Descripción física
sal de mesa		
azúcar		
cobre metálico		
magnesio metálico		
agua		
carbón		
vinagre		
piedra cuarzo		
suelo del CCH		
alcohol etílico		

un globo inflado		
yodo		
moneda		
arena		

Tabla 5. Clasificación química de los materiales.

Material	Clasificación (elemento, compuesto o mezcla)	Recurso natural del cual proviene y su utilidad
sal de mesa		
azúcar		
cobre		
magnesio		
zinc		
hierro		
agua		
carbón		
vinagre		
piedra cuarzo		
suelo del CCH		
alcohol etílico		
acetona		
un globo inflado		

yodo		
moneda		
arena		

Cuestionario:

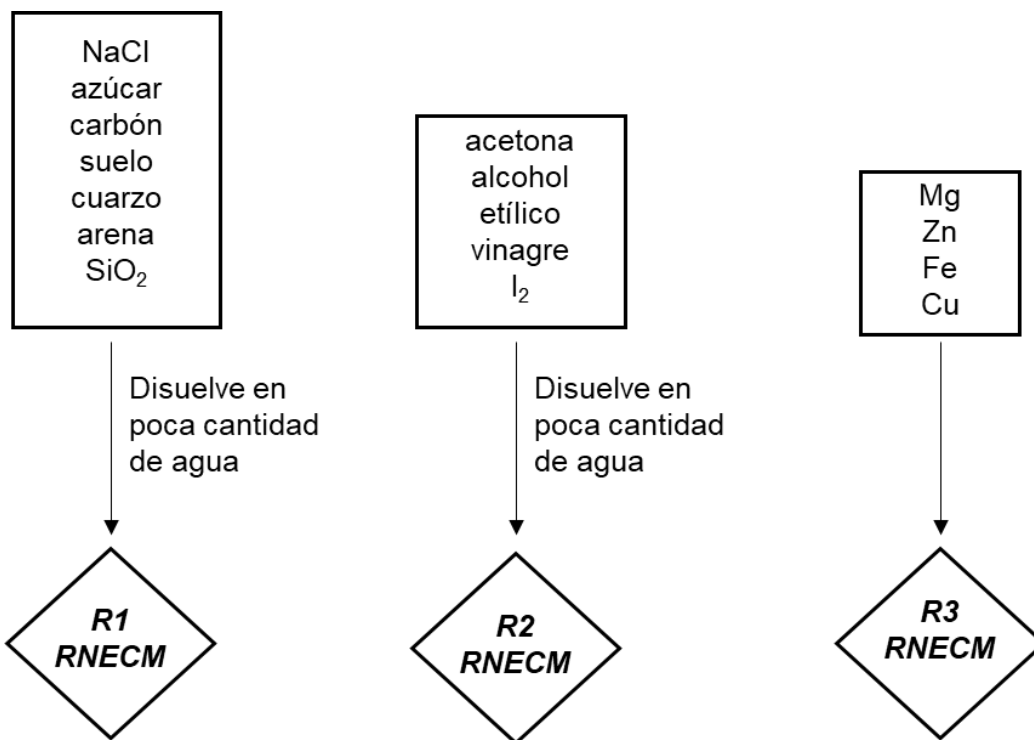
1. ¿Cómo se diferencia un elemento de un compuesto?
2. ¿Qué distingue a un compuesto de una mezcla?
3. De los materiales que clasificaste como compuesto en la tabla 5, compara las propiedades físicas y químicas de los elementos que forman esa sustancia y las propiedades del mismo compuesto.
4. Da un ejemplo cotidiano de mezclas homogéneas:
 - a) gaseoso
 - b) sólido
 - c) gas en líquido
5. Menciona cinco ejemplos de mezclas heterogéneas.
6. ¿Por qué son importantes los recursos naturales?
7. Investiga las condiciones empleadas en la cadena productiva de cualquiera de los siguientes compuestos: HCl, H₂SO₄, NaOH, KOH, NH₃ y menciona el recurso natural del cual se obtiene.
8. Realiza el diagrama de flujo de cada experimento, indicando los principios de la Química Verde y evalúa ¿Qué tan verde es cada experimento?

TRATAMIENTOS DE RESIDUOS PRODUCIDOS

El diagrama siguiente es para que los alumnos coloquen los residuos en recipientes y se entreguen al profesor para su tratamiento posterior.

De acuerdo con el diagrama ecológico para el manejo de residuos:

Recursos Naturales: Elementos, Compuestos y Mezclas (RNECM)



Recomendaciones:

- 1) Los residuos **R1RNECM** se pueden desechar a la tarja ya que no son dañinas, las que puedas recuperar y reutilízaslas.
- 2) Los residuos **R2RNECM** y **R3RNECM** se colocan en sus recipientes correspondientes y entrégalos a tu profesor para su tratamiento.

c) Fase final

En esta etapa puedes agrupar las características que distinguieron a un elemento de un compuesto, las propiedades físicas de una mezcla homogénea y heterogénea, con base a eso responderás la pregunta de inicio acerca de un recurso natural y su importancia en la industria Química.

CONCLUSIÓN

REFERENCIAS

Bassols, B.A. (2006). *Recursos naturales de México: una visión histórica*. México: Editorial Cenzontle.

Burns, R. (2011). *Fundamentos de química*. (5ª ed). México: Pearson Educación.

Morales Galicia, M. L., Martínez, J. O., Reyes Sánchez, L. B., Martín Hernández, O., Arroyo Razo, G. A., Obaya Valdivia, A., & Miranda Ruvalcaba, R. (2011). ¿Qué tan verde es un experimento? / How green an experiment is?, *Educación Química*, 22(3), 240-248.

Vargas-Rodríguez, Y. M., Obaya Valdivia, A., Lima Vargas, S., Hernández Escamilla, A., Miranda Ruvalcaba, R., & Vargas Rodríguez, G. I. (2016). El diagrama de flujo como semáforo de seguridad ecológica de los experimentos de laboratorio / The flowchart as a traffic light on ecological security of laboratory experiments. *Educación Química*, 27(1), 30–36.



EVALUACIÓN

Realiza un cuadro sinóptico donde involucres los conceptos:

- Recurso natural
- Elementos
- Compuestos
- Mezclas homogéneas y heterogéneas
- Métodos de separación de mezclas
- Métodos físicos
- Métodos químicos
- Industria Química
- Cadenas productivas



Nombre: _____

Grupo: _____

Cuadro sinóptico

“Recursos Naturales: Elementos, Compuestos y Mezclas”



Lista de Cotejo

“Recursos Naturales: Elementos, Compuestos y Mezclas”

Con la siguiente lista de cotejo como instrumento de evaluación el profesor se puede apoyar para valorar los conocimientos, actitudes y valores aprendidos en esta actividad experimental.

Nombre: _____

Grupo: _____

Fecha: _____

Aspecto a evaluar	Si	No	Observaciones
1. Reconoce que es una mezcla, un compuesto y un elemento, así como la presencia de estos en recursos naturales.			
2. Diferencia una mezcla de un compuesto y un elemento			
3. Describe el concepto de mezcla como la unión de una o más sustancias.			
4. Reconoce los tipos de mezclas: homogénea (se forma de una fase) y heterogénea (de más de dos fases).			
5. Distingue que las mezclas se pueden separar por métodos físicos y los compuestos por métodos químicos.			
6. Muestra dominio y precaución del uso de sustancias, material de			

laboratorio, y desarrollo de los experimentos.			
7. Participa de manera individual y grupal.			
8. Muestra respeto, tolerancia, comunicación y trabajo colaborativo con sus compañeros de equipo.			
9. Conoce y aplica los postulados de la Química Verde.			
10. Muestra cuidado con el manejo de residuos.			



Secuencia didáctica de actividades experimentales No. 2

“Minerales: Clasificación y Nomenclatura”

Pregunta para responder al final de las actividades experimentales:

¿Cuál es la relación entre una roca y un mineral?

UNIDAD 2. De los minerales a los metales: procesos químicos, usos e importancia.

Aprendizajes:



A1. (C, H) Comprende que los minerales se encuentran en las rocas y que son compuestos o elementos al investigar su composición y observar y describir sus propiedades mediante el trabajo experimental. **(N2)**

A2. (C) Clasifica a los minerales con base en su composición y utiliza constantemente la nomenclatura química (IUPAC, Stock y tradicional), en la escritura de nombres y fórmulas sencillas de algunos minerales. **(N2)**

La siguiente secuencia didáctica experimental tiene un enfoque hacia el uso de metodologías verdes en la realización de los experimentos, ya que se aplican principios de la Química Verde como el P1 al generar poca cantidad de residuos, P5 uso de disolventes seguros como el agua, P6 uso de condiciones de temperatura ambiente, P12 se manejan sustancias en general de baja toxicidad y con los pictogramas y rombos de seguridad los alumnos pueden conocer los riesgos y prevenir accidentes. En cada experimento los alumnos pueden evaluar que principios de la Química Verde se cumplen valorar cada uno de acuerdo con las dos métricas ¿Qué tan verde es un

experimento? y el semáforo de seguridad ecológica o bien elegir la que comprendan mejor, analizando podrán incluso hacer modificaciones para implementar más principios y el experimento sea más seguro y menos dañino.

a) Fase Inicial

Es esta etapa tú como alumno realizaras una búsqueda de información en la literatura sobre los minerales que hay en México, reconociendo el elemento que contiene cada mineral, su fórmula y su clasificación química, lo cual te ayudará como soporte para el desarrollo de las actividades experimentales sobre la nomenclatura y clasificación Química de los minerales.

Por lo cual es primordial que realices el trabajo previo antes de llevar a cabo los experimentos.

Recuerda que es necesario y básico, consultar y completar la información relacionada con las propiedades físicas y toxicidades de las sustancias, con el fin de que conozcas las precauciones necesarias que se deben tener durante el desarrollo de los experimentos.



TRABAJO INDIVIDUAL

ACTIVIDAD PREVIA

Antes de realizar la investigación del trabajo previo, describe con tus propias palabras:

1. ¿Qué es un mineral?

Realiza una investigación en la literatura acerca de que es un mineral y compara tu respuesta previa, posteriormente busca información de los minerales metálicos y no metálicos en México y completa las siguientes tablas:

Tabla 1. Principales recursos metálicos de México.

Elemento que contiene el mineral	Nombre del mineral del que proviene	Fórmula Química	Producción a nivel mundial
---	--	------------------------	-----------------------------------

plata			
plomo			
cobre			
zinc			
antimonio			
arsénico			
bismuto			
estaño			
cadmio			
tungsteno			
hierro			
molibdeno			
manganeso			

*Indica, si es el caso, si el elemento se encuentra en estado nativo y no en forma de mineral; debes indicar el mineral del que se extrae aquí en México.

Tabla 2. Principales recursos no metálicos de México.

Elemento que contiene el mineral	Nombre del mineral del que proviene*	Fórmula Química	Producción a nivel mundial
azufre			
carbono			
	dolomita		
	fluorita		
	sílice		
	yeso		
	wallastonita		
	celestita		
	feldespato		
	caolín		



Trabajo individual

Propiedades físicas de las sustancias y toxicidad.

Investiga la fórmula Química, las propiedades físicas representativas de cada sustancia, toxicidades de cada sustancia, incluyendo pictograma, rombo de seguridad y datos relevantes de reactividad.

Tabla 3. Propiedades físicas y toxicidades.

Sustancias Nombre y fórmula Química	Pictogramas y rombo de seguridad	Descripción de propiedades físicas
carbón		
ácido clorhídrico		
sulfato de cobre		
cloruro de sodio		
acetato de sodio		
nitrato de sodio		
agua		
yoduro de potasio		

sulfuro de sodio		
hidróxido de sodio		
carbonato de sodio		
cloruro de magnesio		
cloruro de calcio		
cloruro de estroncio		
cloruro de cobre(II)		
nitrato de plata		



OBJETIVOS

- Los alumnos reconocerán a las rocas como fuente de minerales, mediante la observación de distintas rocas.

- Los alumnos identificarán a un mineral como elemento o compuesto de acuerdo con su composición Química.
- Los alumnos reconocerán que una característica intrínseca de un mineral es su estructura cristalina mediante la formación de un cristal.
- Los alumnos identificarán la clasificación Química de los minerales al reconocer su fórmula Química y la nomenclatura de los minerales mediante la formación por reacciones de precipitación.
- Los alumnos identificarán que principios de la Química Verde se aplican en la metodología experimental y evaluarán en qué nivel de acercamiento verde se ubica cada experimento, de acuerdo con el grupo de Miranda Ruvalcaba (Morales Galicia, 2011) de ¿Qué tan verde es un experimento? y el semáforo de seguridad ecológica (Vargas-Rodríguez, 2016).

INTRODUCCIÓN

De los recursos minerales se pueden aprovechar las rocas y los minerales. Una roca es un material de origen natural, que está constituida por una cantidad incontable de cristales que pueden ser del mismo mineral u otro, y no necesariamente está compuesta por materia cristalina (Canet & Camprubí, 2006).

Un mineral es una especie química de origen natural y principalmente inorgánico, con una estructura cristalina (figura 1) determinada y una composición química definida (Canet & Camprubí, 2006).

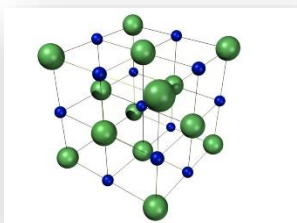


Figura 1. Estructura cristalina de la halita (NaCl).

(imagen tomada de [Creative Commons](#))

México constituye un importante país minero, ya que se ubica entre los 10 principales productores de los 16 minerales más utilizados en el mundo (Cámara Minera de México, 2019).

México produce principalmente los siguientes minerales: Plata (Ag), oro (Au), bismuto (Bi), plomo (Pb), zinc (Zn), cobre (Cu), manganeso (Mn), cadmio (Cd), molibdeno (Mo), fluorita (CaF_2), sílice (SiO_2), diatomita (SiO_2), yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), sal (NaCl), dolomitas ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), azufre (S), fosforita ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$), celestita (SrSO_4), grafito (C), Wollastonita (CaSiO_3), barita (BaSO_4), Caolín ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) y feldespato (KAlSi_3O_8) (Cámara Minera de México, 2019).

La clasificación de los minerales de acuerdo con su composición química, en específico al anión que presenta el mineral de acuerdo con Strunz y Dana (Canet & Camprubí, 2006) es:

- Elementos nativos: Se encuentran en la naturaleza en estado nativo o puro.
- Halogenuros se representan con la fórmula F^- , Cl^- , Br^- y I^- .
- Óxidos se representan con el símbolo O^{2-} y los hidróxidos como OH^- .
- Sulfuros se representan con la fórmula S^{2-} , los seleniuros como Se^{2-} , los arseniuros como As^{3-} y los telurios como Te^{2-} .
- Sulfatos se representan con la fórmula SO_4^{2-} y cromatos como CrO_4^{2-} .
- Carbonatos se representan con la fórmula CO_3^{2-} , nitratos como NO_3^- y boratos como BO_3^{3-} .
- Fosfatos se representan con la fórmula PO_4^{3-} , Arseniatos como AsO_4^{3-} y vanadatos como VO_4^{3-} .
- Silicatos u ortosilicatos se representan con la fórmula SiO_4^{4-} .

La escritura del nombre y fórmula química de compuestos inorgánicos como los minerales, se puede realizar empleando la nomenclatura tradicional (Hein, Arena, & Ramírez Pedroza, 2016) o la nomenclatura de Stock (Zumdahl & Decoste, 2017).

Los metales que solo forman un catión (las familias 1, 2 y 3 siempre forman el catión correspondiente a la familia), ejemplo: Na^+ , Ca^{2+} , Al^{3+} , etc.

Reglas para la nomenclatura de compuestos con estos metales:

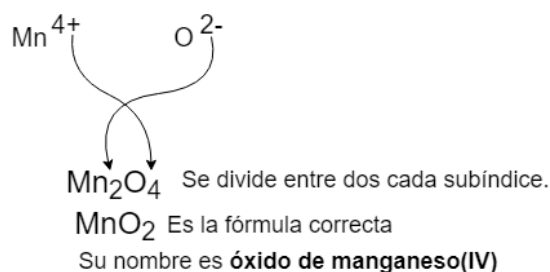
1. El catión se nombra primero y el anión después con la preposición “de” en medio de los dos.
2. El catión toma su nombre del elemento.

3. El anión se nombra, tomando la primera parte del nombre del elemento (raíz) y se añade el sufijo *-uro*, en el caso de oxígeno se agrega el sufijo *-ido*.

Al momento de representar la fórmula química se cruzan los estados de oxidación, quedando como subíndice de la fórmula correspondiente.

Considerando:

- Los subíndices de las fórmulas se escriben sin carga.
- Siempre simplificar a la mínima expresión cada subíndice, dividiendo entre un número entero ambos subíndices. Ejemplo:



Los compuestos con metales que pueden formar dos o más cationes, generalmente son metales de transición, por ejemplo, el hierro que puede formar los iones Fe^{2+} o Fe^{3+} . Para nombrar este tipo de compuestos, la IUPAC (Unión Internacional de Química Pura y Aplicada) estableció una nomenclatura sistemática conocida como nomenclatura de Stock, para lo cual se coloca la carga del catión en número romano.

En esta clase de compuestos también se puede emplear la nomenclatura tradicional, donde el nombre del metal se modifica con los sufijos *-oso* e *-ico*, para el catión con menor carga se emplea la terminación *oso* y para el de mayor carga la terminación *-ico*.

Ejemplos:

FeCl_2 cloruro de hierro(II) o cloruro ferroso

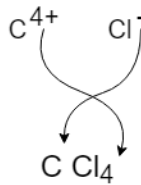
FeCl_3 cloruro de hierro(III) o cloruro férrico

En los compuestos que contienen dos no metales se utiliza un sistema diferente para nombrarlos. Aplicando las siguientes reglas:

INFOCAB PB201420

1. El segundo elemento se nombra como si fuera un anión seguido de la preposición “de”.
2. Se nombra en segundo lugar el primer elemento de la fórmula y se utiliza el nombre completo del elemento.
3. Se utilizan prefijos (mono, di, tri, tetra, penta, etc.) para indicar el número de átomos para ambos elementos.
4. El prefijo mono nunca se utiliza para nombrar el segundo elemento.

Ejemplo:



Su nombre es **teracloruro de carbono**

Los aniones poliatómicos llamados oxoaniones se nombran con la terminación “*ito*” cuando el anión tiene el menor número de átomos de oxígeno y terminación “*ato*” cuando el anión tiene el mayor número de oxígenos.

Ejemplo: el PO_4^{3-} se llama fosfato y el PO_3^{3-} se llama fosfito.

Cuando más de dos oxoaniones conforman una serie, se utilizan los prefijos *hipo* (menos que) y *per* (más que) de la serie con el número menor y mayor de átomos de oxígenos.

Ejemplo: ClO_4^- perclorato, ClO_3^- clorato, ClO_2^- clorito y ClO^- hipoclorito.

De acuerdo con lo mencionado, las actividades experimentales se enfocan a los minerales, su composición y nomenclatura. En los experimentos observarás las propiedades físicas y químicas de diferentes rocas y analizarás su composición química. Posteriormente obtendrás un cristal de un mineral mediante la evaporación lenta de un disolvente. Finalmente, mediante reacciones de precipitación de cationes metálicos observarás su aspecto físico, identificarás su fórmula química y su nomenclatura.

b) Fase de desarrollo

Es esta fase se formarán equipos de cuatro integrantes, cada equipo desarrollará las tres actividades experimentales, para lo cual se recomienda leer antes el procedimiento de cada experimento para tomar las precauciones necesarias en el manejo de las sustancias y material de laboratorio. Durante el desarrollo de los experimentos se completarán las tablas, posteriormente se discutirán y analizarán los resultados, razón por la cual debes de contestar el cuestionario de los experimentos, con el objetivo de que tengas un apoyo para comprender los aprendizajes relacionados con los minerales, su composición química y su nomenclatura.

A continuación, se presentan las actividades experimentales:



METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Tabla 4. Materiales y sustancias

Materiales	Sustancias	
1 lupa	obsidiana	KNO ₃
1 espátula	pedra pómez	H ₂ O
1 microscopio óptico	sal de roca	AgNO ₃
7 vasos de precipitados de 150mL	pedra basáltica	CuCl ₂
4 vasos de precipitados de 50mL	mármol	KI
4 frascos Gerber pequeños	granito	MgCl ₂
1 piseta	carbón	CaCl ₂
1 vaso de precipitados de 150mL	vidrio	SrCl ₂
5 matraces aforados de 10mL	acero	Na ₂ CO ₃
12 goteros	HCl 0.1M	Na ₂ S
1 pipeta beral	CuSO ₄	NaOH
1 microplaca	CH ₃ COONa	
1 balanza	NaCl	
5 tiras de pH		



Figura 2. Materiales y sustancias. Elaboración propia.

Experimento 1 “Identificación de rocas”

Procedimiento

- I. Cada equipo de trabajo conseguirá previamente a la sesión experimental, rocas diferentes (obsidiana, piedra pómez, sal de roca, piedra basáltica, granito, mármol y carbón). Para la identificación física de rocas, coloca las rocas en tu mesa de trabajo y obsévalas detalladamente, observa su color, textura como su forma y tamaño del grano que forma la roca, para lo cual te puedes auxiliar del microscopio y de la lupa, su aspecto cristalino o amorfo, su peso y la dureza. En el caso de la dureza utiliza las rocas para rayar un pedazo de vidrio, de acero y una uña. Esta se mide de acuerdo con la a escala de Mohs y se refiere a los minerales contenidos dentro de una roca. Completa la tabla 5.*
- II. Para la identificación química de las rocas, se empleará ácido clorhídrico diluido. Coloca una roca dentro de un vaso de precipitados de 150 mL y agrégale 10 mL de HCl 0.1M. Repite este paso para las otras rocas. **Recuerda que precauciones se deben de tener con el manejo de ácidos.** Observa que le ocurre a cada roca, si hay reacción y produce efervescencia. Si no hay reacción, pero hay ruptura y forma planos definidos, si la ruptura es en diferentes direcciones. Completa la tabla 6.*

Nota: Esto te ayudara para conocer la composición química de una roca, si reacciona vigorosamente tiene calcita, si es menos tiene dolomita. Si no hay reacción con HCl y tiene una escisión perfecta contiene fluorita. Si se trata de una mica tienen una escisión distinta en una dirección. Los feldespatos tienen dos

direcciones de ruptura con ángulos de 90°. El cuarzo no tiene ruptura (Alden, 2020).

Experimento 2 “Crecimiento de un cristal”

- I. El profesor proporcionará las siguientes sustancias: CuSO_4 , NaCl , CH_3COONa y KNO_3 . Cada equipo de trabajo seleccionara una sustancia, investigara su solubilidad en agua. Se cristalizará por la técnica de evaporación lenta del disolvente, por lo que la sustancia debe ser soluble en agua que será el disolvente empleado para la cristalización.
- II. Se preparará una disolución saturada en la mínima cantidad de agua (10 mL) en un vaso de 50mL, si se desea se puede calentar un poco y colocará la disolución el frasco de Gerber. Colocará la tapa (la cual tendrá orificios) al frasco, el cual debe estar etiquetando con la fórmula del compuesto.
- III. El frasco se pondrá en un lugar templado y no se debe de agitar ni mover del lugar donde se coloque. Se dejará que el disolvente se evapore lentamente por tres semanas. Cada semana se observará el crecimiento del cristal. **Recuerda que un buen cristal es aquel que tiene un tamaño adecuado (0.1-0.4 mm), es un cristal sencillo, no aglomerados, presenta caras bien definidas, transparentes, bordes regulares y forma de prisma.**

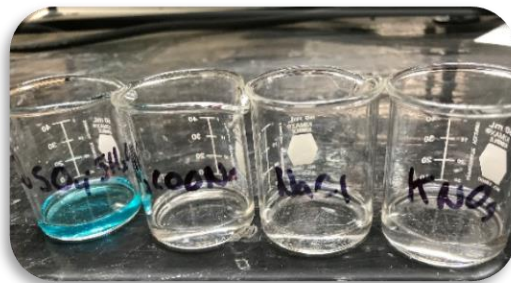


Figura 3. Cristalización de CuSO_4 , NaCl , CH_3COONa y KNO_3 . Elaboración propia.

Experimento 3 “Formación y nomenclatura de minerales”

- I. Antes de iniciar este experimento prepara 10mL de disolución de cada una de las siguientes sustancias: KI 0.5M, Na_2S 0.1M, NaOH 0.1M, Na_2CO_3 0.1M, CaCl_2 0.1M, SrCl_2 0.1M, CuCl_2 0.05M, AgNO_3 0.05M.

II. En una microplaca coloca una serie de los siguientes iones:

- a) Sr^{2+} y Ca^{2+} , 10 gotas de cada uno por separado y adiciona 10 gotas de la disolución de CO_3^{2-} a cada uno. Disuelva ambas disoluciones con la espátula. Observe la formación del compuesto y completa la tabla 7.
- b) Ag^+ adiciona solo 2 gotas de HCl 0.1M (usa el que preparaste en el experimento 1). Disuelva ambas disoluciones con la espátula. Observe la formación del compuesto y completa la tabla 8.
- c) Ag^+ adiciona solo 10 de catión y agrega 10 gotas de KI 0.5M. Disuelva ambas disoluciones con la espátula. Observe la formación del compuesto y completa la tabla 8.
- d) Mg^{2+} , Cu^{2+} y Ag^+ , coloca 10 gotas a cada uno y adiciona 10 gotas de la disolución de S^{2-} . Disuelva ambas disoluciones con la espátula. Observe la formación del compuesto y completa la tabla 9.
- e) Mg^{2+} , Cu^{2+} y Ag^+ , coloca 10 gotas a cada uno y adiciona 10 gotas de la disolución de OH^- . Disuelva ambas disoluciones con la espátula. Observe la formación del compuesto y completa la tabla 10.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Experimento 1 “Identificación de rocas”

Tabla 5. Identificación física de rocas.

Roca	Color	Textura (tamaño ^a y forma del grano ^b)	Grado de cristalinidad ^c (cristalino ó amorfos)	Dureza (blando/duro) y peso (liviano/pesado)
obsidiana				
piedra pómez				

sal de roca				
pedra basáltica				
granito				
mármol				
hulla (carbón)				

^a Los granos puede ser muy grandes, gruesos que son visibles a simple vista se dice macrocristalino, hay granos medio, los granos finos se ven con uso de la lupa y microcristalinos (Griem, 2020).

^b Los bordes del grano puede ser rectilíneo, curvado, arqueado, interrumpido, dentado, dendrítico, esquelético.

^c Holocristalino (todos los componentes son cristales), hipocristalino (componentes cristalinos y amorfos) e Hialino (componentes amorfos) (Anónimo, 1991).

^d La dureza se mide con base a la escala de Mohs, rocas duras rayan el vidrio y el acero (dureza Mohs de 6), roca blanda no raya el acero, pero sí las uñas (escala de Mohs de 3 a 5.5), mientras que la roca muy blanda ni siquiera raya las uñas (escala de Mohs de 1 a 2).

Tabla 6. Identificación de tipos de rocas con HCl.

Roca	Descripción	Composición Química
obsidiana		
pedra pómez		
sal de roca		
pedra basáltica		
granito		

mármol		
carbón		

Experimento 2 “Crecimiento de un cristal”

El mineral que cristalizó:

a) Nombre: _____

b) Sistema cristalino: _____

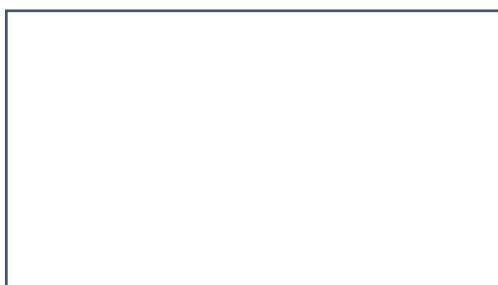
c) Clasificación Química del compuesto: _____

d) Tiempo de cristalización: _____

e) Características físicas del cristal: _____

f) Condiciones de cristalización: _____

g) Foto:



Experimento 3 “Formación y nomenclatura de minerales”

Tabla 7. Reacción de cationes metálicos con CO_3^{2-} .

Anión CO_3^{2-}	Sr^{2+}	Ca^{2+}
Aspecto del producto		
Fórmula Química		
Nombre		

Tabla 8. Reacción del catión Ag^+ con Cl^- e I^- .

Catión Ag^+	Cl^-	I^-
Aspecto del producto		
Fórmula Química		
Nombre		

Tabla 9. Reacción de cationes metálicos con S^{2-} .

Anión S^{2-}	Mg^{2+}	Ag^+	Cu^{2+}
Aspecto del producto			
Fórmula Química			
Nombre			

Tabla 10. Reacción de cationes metálicos con OH⁻.

Anión OH ⁻	Mg ²⁺	Ag ⁺	Cu ²⁺
Aspecto del producto			
Fórmula Química			
Nombre			

Cuestionario:

1. Investiga las características generales de las rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas, posteriormente clasifica las rocas que trabajaste con base a tus datos experimentales y lo informado en la literatura.
2. Investiga que otros métodos químicos se pueden emplear para identificar rocas.
3. ¿Qué diferencia hay entre una roca y un mineral?
4. ¿Qué tipo de minerales se identifican en las rocas con HCl?
5. Escribe la reacción que ocurre con HCl en la roca.
6. ¿Qué es un cristal?
7. ¿Qué factores se deben considerar para el crecimiento del cristal?
8. ¿Qué distingue a un mineral?
9. ¿A qué clasificación Química de los minerales corresponden los productos de la tabla 7, 8, 9 y 10?
10. Realiza los siguientes ejercicios que te ayudaran a reforzar tus conocimientos de nomenclatura de compuestos inorgánicos:
 - Nombra los siguientes compuestos (te puedes auxiliar de la tabla de cationes y aniones del Anexo), usando la nomenclatura tradicional, de Stock o la de la IUPAC.
 - a) Au(NO₃)₃
 - b) Ca₃(PO₄)₂

INFOCAB PB201420

- c) Cl_2O_3
- d) LiH
- e) NaClO_3
- f) $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ (ac)
- g) AlCl_3
- h) $\text{Ni}(\text{CN})_2$
- i) P_4O_{10}
- j) SnSO_3
- k) $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$
- l) ICl_5
- m) FeS
- n) $\text{Cd}(\text{ClO})_2$
- o) $\text{Al}(\text{OH})_3$

• Escribe la fórmula de cada uno de los siguientes compuestos:

- a) sulfato férrico
- b) oxalato de zinc
- c) difluoruro de dinitrógeno
- d) bromato de plata
- e) molibdato de calcio
- f) nitrito cuproso
- g) nitrato de níquel(II) hexahidratado
- h) bicarbonato plúmbico
- i) nitrato de vanadio(III)
- j) tiosulfato de litio
- k) cromato de aluminio
- l) peryodato de manganeso(II)
- m) cloruro de mercurio(I)
- n) nitruro de potasio
- o) hidróxido de cobalto(III)

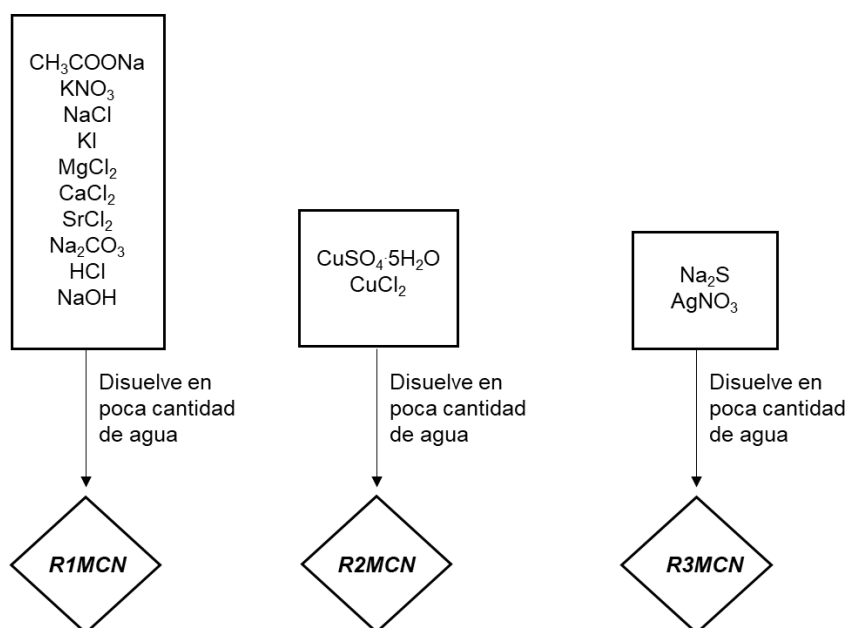
11. Realiza el diagrama de flujo de cada experimento, indicando los principios de la Química Verde y evalúa ¿Qué tan verde es cada experimento?

TRATAMIENTOS DE RESIDUOS PRODUCIDOS

El diagrama siguiente es para que los alumnos coloquen los residuos en recipientes y se entreguen al profesor para su tratamiento posterior.

De acuerdo con el diagrama ecológico para el manejo de residuos:

Minerales: Clasificación y Nomenclatura (MCN)



Recomendaciones:

- 1) Coloca los residuos **R1MCN** en un vaso de precipitados de 150ml, mide el pH con tiras de pH, neutraliza y desecha a la tarja.
- 2) Los residuos **R2MCN** y **R3MCN** se neutralizan cada uno por separado y se colocan en recipientes de residuos etiquetado con el nombre del ion metálico que contienen. Se entregan al profesor para su tratamiento.

c) Fase final

En esta etapa contestarás la pregunta principal de la sesión sobre la relación de una roca y un mineral, las características físicas y químicas que distinguen a ambos, la importancia de conocer la clasificación Química de un mineral, lo cual te ayuda a determinar su fórmula química y el nombre el mineral donde se pueden utilizar diferentes nomenclaturas (tradicional, IUPAC y Stock).

CONCLUSIÓN

REFERENCIAS

- Alden, A. (2020). Rock Identification Made Easy. Recuperado de <https://www.thoughtco.com/rock-identification-tables-1441174>
- Anónimo. (1991). Rock and Mineral Identification for Engineers. Recuperado de <https://www.fhwa.dot.gov/pavement/pccp/fhwahi91205.pdf>
- Cámara Minera de México (2019). Informe Anual 2019. Recuperado de https://www.camimex.org.mx/files/7215/6631/8727/Info_2019.pdf
- Canet, M. C., Camprubí, C. A. (2006). *Yacimientos minerales: los tesoros de la tierra*. México: Editorial Fondo de Cultura Económica Hein, M., Arena, S., Ramírez Pedroza, M. del C., & Hein, M. (2016). *Fundamentos de química*. (14a ed.). Cengage Learning Editores.
- Griem, W. (2020). *Apuntes de Geología*. Recuperado de <https://www.geovirtual2.cl/geologiageneral/ggcap03a.htm>
- Morales Galicia, M. L., Martínez, J. O., Reyes Sánchez, L. B., Martín Hernández, O., Arroyo Razo, G. A., Obaya Valdivia, A., & Miranda Ruvalcaba, R. (2011). ¿Qué tan verde es un experimento? / How green an experiment is?, *Educación Química*, 22(3), 240-248.
- Vargas-Rodríguez, Y. M., Obaya Valdivia, A., Lima Vargas, S., Hernández Escamilla, A., Miranda Ruvalcaba, R., & Vargas Rodríguez, G. I. (2016). El

diagrama de flujo como semáforo de seguridad ecológica de los experimentos de laboratorio / The flowchart as a traffic light on ecological security of laboratory experiments. *Educación Química*, 27(1), 30–36.

Zumdahl, S., Decoste, D.J. (2017). *Principios de Química*. México: Cengage Learning.



EVALUACIÓN

Realiza una V de Gowin de los aprendido sobre los minerales, su clasificación y su nomenclatura.

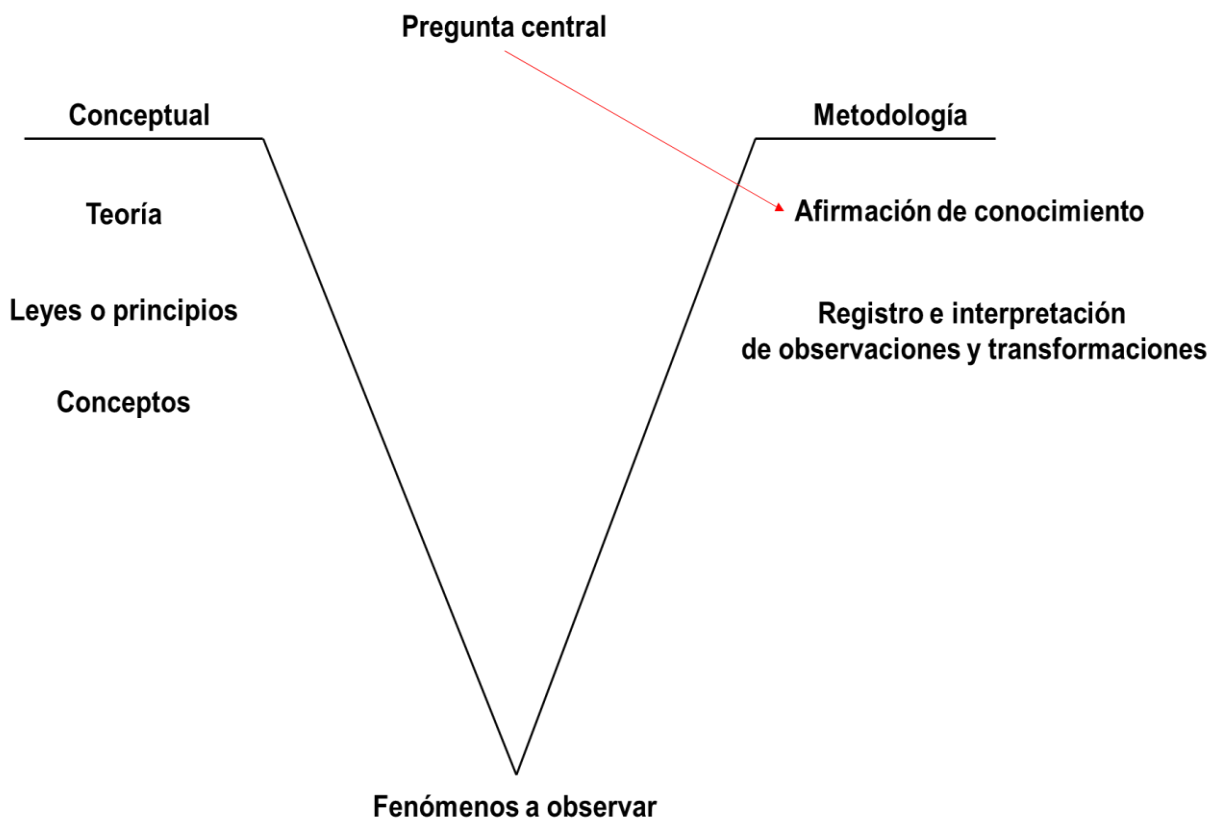


Nombre: _____

Grupo: _____

V de Gowin

“Minerales: Clasificación y Nomenclatura”





Lista de Cotejo

“Minerales: Clasificación y Nomenclatura”

Con la siguiente lista de cotejo como instrumento de evaluación el profesor se puede apoyar para valorar los conocimientos, actitudes y valores aprendidos en esta actividad experimental.

Nombre:

Grupo:

Fecha:

Aspecto a evaluar	Si	No	Observaciones
1. Reconoce que es una roca y un mineral.			
2. Identifica que un mineral puede ser un compuesto o elemento y sus características.			
3. Identifica la clasificación Química de un mineral por su fórmula Química al reconocer el anión.			
4. Escribe el nombre o fórmula Química de un compuesto mediante la nomenclatura tradicional, IUPAC y Stock.			
5. Muestra dominio y precaución del uso de sustancias, material de laboratorio, y desarrollo de los experimentos.			
6. Participa de manera individual y grupal.			

7. Muestra respeto, tolerancia, comunicación y trabajo colaborativo con sus compañeros de equipo.			
8. Conoce y aplica los postulados de la Química Verde.			
9. Muestra cuidado del manejo de residuos.			

ANEXO

Tabla de cationes

Fórmula del catión	Nombre	Fórmula del catión	Nombre
Al^{3+}	aluminio	Li^{+}	litio
NH_4^{+}	amonio	Mg^{2+}	magnesio
As^{3+}	arsénico(III)	Mn^{4+}	manganeso(IV)
Ba^{2+}	bario	Mn^{2+}	manganeso(II)
Cd^{2+}	cadmio	Hg^{2+}	mercurio(II) o mercúrico
Ca^{2+}	calcio	Hg_2^{2+}	mercurio(I) o mercuroso
Cs^{+}	cesio	K^{+}	potasio
Cr^{3+}	cromo(III)	Ag^{+}	plata
Co^{2+}	cobalto(II) o cobaltoso	Na^{+}	sodio
Co^{3+}	cobalto(II) o cobaltico	Rb^{+}	rubidio
Cu^{2+}	cobre(II) o cúprico	Sr^{2+}	estroncio
Cu^{+}	cobre(I) o cuproso	Sn^{4+}	estaño(IV) o estánico
Fe^{3+}	hierro(III) o férrico	Sn^{2+}	estaño(II) o estanoso
Fe^{2+}	hierro(II) o ferroso	Au^{3+}	oro(III) o áurico
Pb^{4+}	plomo(IV) o plúmbico	Au^{+}	oro(II) o auroso
Pb^{2+}	plomo(II) o plumboso	Zn^{2+}	zinc

Tabla de aniones

Fórmula del anión	Nombre	Fórmula del anión	Nombre
$C_2H_3O_2^-$	acetato	IO_4^-	periyodato
AsO_4^{3-}	arsenato	MoO_4^{2-}	molibdato
BO_3^{3-}	borato	N^{3-}	nitruro
$B_4O_7^{2-}$	tetraborato	NO_2^-	nitrito
Br^-	bromuro	NO_3^-	nitrato
BrO^-	hipobromito	$C_2O_4^{2-}$	oxalato
BrO_3^-	bromato	O^{2-}	óxido
CO_3^{2-}	carbonato	O_2^{2-}	peróxido
HCO_3^-	bicarbonato o hidrógeno carbonato	MnO_4^-	permanganato
Cl^-	cloruro	P^{3-}	fosfuro
ClO^-	hipoclorito	PO_3^{3-}	fosfito
ClO_2^-	clorito	PO_4^{3-}	fosfato
ClO_3^-	clorato	HPO_4^{2-}	hidrógeno fosfato
ClO_4^-	perclorato	$H_2PO_4^-$	dihidrógeno fosfato
CrO_4^{2-}	cromato	Se^{2-}	seleniuro
$Cr_2O_7^{2-}$	dicromato	S^{2-}	sulfuro
$C_6H_5O_7^{3-}$	citrato	SO_3^{2-}	sulfito
CN^-	cianuro	SO_4^{2-}	sulfato
F^-	fluoruro	HSO_3^-	bisulfito o hidrógeno sulfito
H^-	hidruro	HSO_4^-	bisulfato o hidrógeno sulfato
OH^-	hidróxido	$S_2O_3^{2-}$	tiosulfato
I^-	yoduro		



Secuencia didáctica de actividades experimentales No. 3

“Reacción Química: Óxido-Reducción”

Pregunta para responder al final de las actividades experimentales:

¿Cuál metal es más reactivo Na, Mg, Zn, Fe, Cu o Ag?

UNIDAD 2. De los minerales a los metales: procesos químicos, usos e importancia.

Aprendizajes:



A4. (C, H) Utiliza la serie de actividad y el conocimiento de las propiedades periódicas para predecir reacciones de desplazamiento entre metales y explica la presencia de metales libres en la naturaleza.

(N3)

A7. (C, H) Reconoce una reacción Redox por el cambio de los estados de oxidación de las especies participantes, e identifica el agente oxidante y el agente reductor, al escribir y analizar las ecuaciones químicas de los procesos de obtención de metales. **(N3)**

La siguiente secuencia didáctica experimental tiene un enfoque hacia el uso de metodologías verdes en la realización de los experimentos, ya que se aplican principios de la Química Verde como el P1 al generar poca cantidad de residuos, P5 uso de disolventes seguros como el agua, P6 uso de condiciones de temperatura ambiente en dos experimentos, P12 en general son sustancias de baja toxicidad excepto por los ácidos, con los pictogramas

y rombos de seguridad los alumnos pueden conocer los riesgos y prevenir accidentes. En cada experimento los alumnos pueden evaluar que principios de la Química Verde se cumplen valorar cada uno de acuerdo con las dos métricas ¿Qué tan verde es un experimento? y el semáforo de seguridad ecológica o bien elegir la que comprendan mejor, analizando podrán incluso hacer modificaciones para implementar más principios y el experimento sea más seguro y menos dañino.

a) Fase Inicial

Es esta fase tú como alumno debes investigar sobre los procesos físicos y químicos que se llevan a cabo en los minerales para la obtención de metales, donde te encontraras que una de las reacciones clave son las reacciones óxido-reducción, esta información te servirá para entender mejor las actividades experimentales sobre la reactividad de los metales.

Recuerda que es importante que realices el trabajo previo antes de llevar a cabo los experimentos.

Consultar y completa la información relacionada con las propiedades físicas y toxicidades de las sustancias, y considera las precauciones necesarias que se deben tener durante las actividades de trabajo experimentales.



TRABAJO INDIVIDUAL

ACTIVIDAD PREVIA

Antes de realizar la investigación del trabajo previo, contesta la siguiente pregunta:

1. ¿Qué características físicas indican que hay una reacción química?

Una vez contestada la pregunta busca información relacionada con el concepto de reacción química y los cambios que puedes visualizar a simple vista que te indican que ha ocurrido una reacción química y **compara tu respuesta previa.**

2. Investiga los tipos de reacciones químicas de acuerdo con su comportamiento químico.
3. ¿Qué representa una ecuación química y que información nos proporciona?
4. Investiga los procesos de obtención de cobre y aluminio.
 - a) Indica los minerales comunes de donde se extraen estos metales.
 - b) Menciona los procesos físicos y químicos.
 - c) Escribe las reacciones involucradas en cada proceso químico.



Trabajo individual

Propiedades físicas de las sustancias y toxicidad.

Investiga la fórmula Química, las propiedades físicas representativas de cada sustancia, toxicidades de cada sustancia, incluyendo pictograma, rombo de seguridad y datos relevantes de reactividad.

Tabla 1. Propiedades físicas y toxicidades.

Sustancias Nombre y fórmula Química	Pictogramas y rombo de seguridad	Descripción de propiedades físicas
carbón		
sodio		
magnesio		
aluminio		

zinc		
cobre		
hierro		
plata		
sulfato de magnesio		
sulfato de zinc		
sulfato de hierro(II)		
sulfato de cobre		
nitrate de plata		
óxido de cobre		
ácido clorhídrico		

ácido nítrico		
agua		



OBJETIVOS

- Los alumnos reconocerán reacciones de óxido reducción mediante la reactividad de los metales Na, Mg, Al, Zn, Fe, Cu, y Ag, identificando números de oxidación, agente oxidante y agente reductor.
- Los alumnos identificarán la reactividad de un metal mediante reacciones de desplazamiento simple con otro metal y compararán su posición en la serie de actividad.
- Los alumnos identificarán la relación de las propiedades periódicas con la tendencia de oxidación de un metal, mediante la reactividad de diferentes metales con H₂O y ácidos inorgánicos (HCl y HNO₃).
- Los alumnos identificarán que principios de la Química Verde se aplican en la metodología experimental y evaluarán en qué nivel de acercamiento verde se ubica cada experimento, de acuerdo con el grupo de Miranda Ruvalcaba (Morales Galicia, 2011) de ¿Qué tan verde es un experimento? y el semáforo de seguridad ecológica (Vargas-Rodríguez, 2016).

INTRODUCCIÓN

Los términos “oxidación” y “reducción” provienen de reacciones que se han conocido durante siglos. Las antiguas civilizaciones aprendieron como transformar los óxidos y sulfuros metálicos en el correspondiente metal, es decir, como reducir el mineral al metal (Kotz, Treichel, & Weaver, 2008). Por ejemplo, la reducción del hierro(III) a hierro metálico en presencia de monóxido de carbono (figura 1). En esta reacción el CO es el agente reductor, ya que el C se oxida de un estado de oxidación

+2 a un estado de oxidación +4, mientras que el Fe del Fe₂O₃ se reduce de un estado de oxidación +3 a un estado de oxidación 0, es por ello que se dice que el Fe₂O₃ es el agente oxidante. En una reacción cuando una sustancia se oxida, otra sustancia debe reducirse, este tipo de reacciones se llaman óxido-reducción o reacciones redox. Para poder identificar estas reacciones, se deben asignar números de oxidación o también conocidos como estados de oxidación, estos números son valores teóricos que sirven para simplificar la contabilidad de electrones (Rayner-Canham, Escalona García, & Escalona y García, 2000).

Donde la especie que se oxida se llama agente reductor y la especie que se reduce se llama agente oxidante.

El proceso de oxidación es cuando un átomo pierde electrones y su carga aumenta como en el caso del carbono que pasa de una carga +2 a +4. El proceso de reducción es cuando el átomo gana electrones y se ve reflejado en la disminución de la carga, el Fe pasa de una carga +3 a 0.

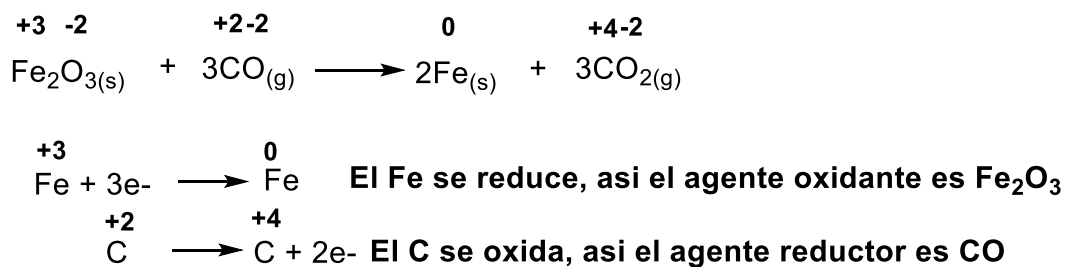
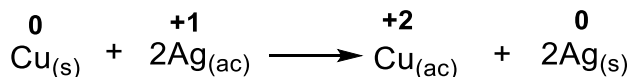


Figura 1. Reacción de obtención de Fe.

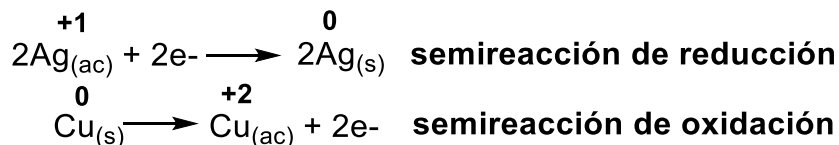
La reacción anterior muestra el proceso de obtención de Fe metálico a gran escala, en esta reacción redox se lleva a cabo una transferencia de electrones, donde una sustancia pierde los electrones y otra sustancia acepta electrones.

Toda reacción óxido-reducción se puede dividir en semirreacciones de oxidación y reducción, por ejemplo, si colocamos una varilla de cobre metálico en una solución de nitrato de plata, se forman plata metálica en la superficie del cobre y una solución

de color azul. En este caso el número de oxidación del Cu aumento de 0 a +2 y el de la Ag disminuyó de +1 a 0.



Las dos semireacciones son:



La reacción del Cu y AgNO₃ es una reacción de desplazamiento simple donde el cobre desplaza a la plata, esta reacción se puede predecir con la serie de actividad de los metales (The Libre Texts libraries, 2019). Esta serie sirve como guía para predecir los productos de la reactividad de un metal sobre otro (figura 2), solo si el metal A esta más arriba en la serie que el metal B lo desplazara, en este ejemplo el metal A es Cu y el metal B es Ag, se puede observar en la serie de actividad de los metales, el Cu es más reactivo que la Ag.

En términos generales, si un metal en estado elemental A se hace reaccionar con una solución de una sal que contiene otro metal B, la reacción será factible si el metal en estado elemental A se transforma a su ion correspondiente y el metal B que se encuentra en la sal como ion se transformará a metal en estado elemental, siempre y cuando el metal en estado elemental A se encuentra más arriba en la serie de actividad.

Es importante distinguir que algunos metales pueden desplazar al hidrógeno del agua y otros pueden desplazar hidrógeno de ácidos, dependiendo de su reactividad y su posición en la serie de actividad.

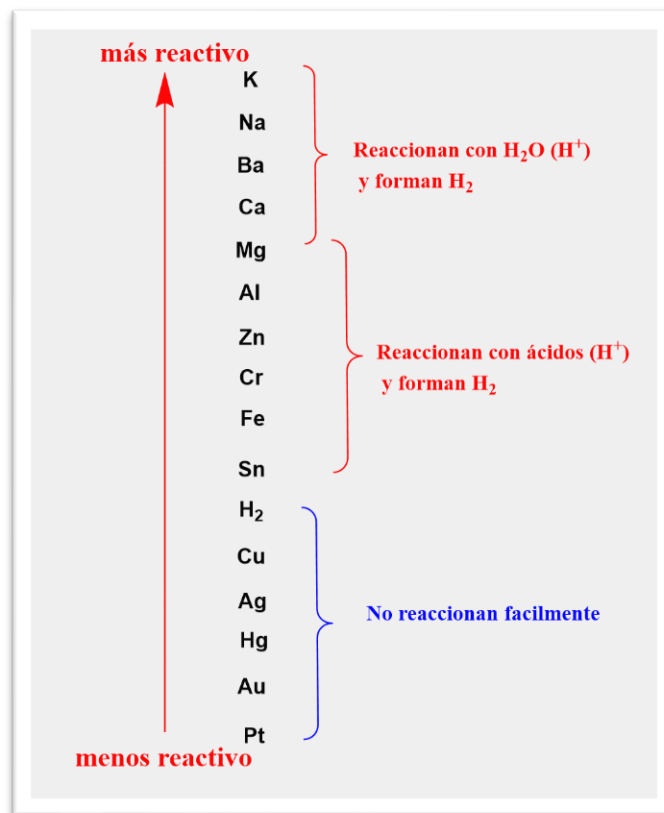


Figura 2. Serie de actividad de metales. Elaboración propia.

Acorde con lo mencionado a cerca de las reacciones óxido-reducción, las actividades experimentales se centrarán en observar las evidencias de una reacción química, probando la reactividad Química de algunos metales frente a diferentes sustancias.

b) Fase de desarrollo

Es esta etapa trabajarás en colaboración con los integrantes de tu equipo, donde realizaras tres experimentos relacionados con la reactividad de metales, recuerden revisar y leer el procedimiento experimental antes de empezar a trabajar en el laboratorio. Conforme avanzas en la realización de cada actividad, completa las reacciones y tablas, finalmente contesta e investiga las preguntas del cuestionario para tu análisis y discusión de resultados. Lo cual te ayudará a entender los aprendizajes relacionados con las reacciones óxido-reducción.

A continuación, se presentan las actividades experimentales:



METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Tabla 2. Materiales y sustancias

Materiales	Sustancias	
1 gradilla	MgSO ₄	Na
1 espátula	ZnSO ₄	Mg
1 piseta de agua	CuSO ₄	Zn
9 tubos de ensaye	FeSO ₄	Al
1 microplaca	AgNO ₃	Fe (clavo)
2 pipetas beral	CuO	Cu
5 matraces aforados de 10mL	C	Ag
6 goteros	HCl	H ₂ O
1 balanza	HNO ₃	
1 mechero		
1 pinza para tubo		
1 tapón monohoradado		
1 manguera		



Figura 3. Materiales y sustancias. Elaboración propia.

Experimento 1 “Obtención de cobre a partir de su óxido”

Procedimiento

- I. Etiqueta dos tubos de ensaye, tubo 1 y tubo 2.*
- II. Pesa 0.05 g de C y 0.66g de CuO, agrégalos dentro del tubo de ensaye 1, coloca el tapón monohoradado, revisa que el tapón este bien colocado para evitar fugas.*

La manguera del tapón monohoradado debe estar dentro del tubo de ensaye 2, este tubo 2 debe contener 2mL de agua destilada. Recuerda que para poder aislar un gas el sistema debe ser cerrado.

III. Comienza a calentar con el mechero bunsen el tubo de ensaye 1, sujetando con la pinza para tubo de ensaye. Registra tus observaciones en el apartado de resultados.

Experimento 2 “¿Quién desplaza a quién?”

Procedimiento

- I. Preparar 10 mL de las siguientes disoluciones: $MgSO_4$ 0.1M, $ZnSO_4$ 0.1M, $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 0.1M, $FeSO_4$ 0.1M y $AgNO_3$ 0.1M, adiciona cada disolución en goteros etiquetados cada uno.*
- II. En una microplaca etiqueta con los símbolos de los metales: Mg, Zn, Fe, Cu y Ag. Enseguida toma media punta de espátula de cada metal (en polvo) correspondiente y colócalos en la microplaca. Observa cada metal y posteriormente agrega 10 gotas de cada disolución ($MgSO_4$ 0.1M, $ZnSO_4$ 0.1M, $CuSO_4$ 0.1M, $FeSO_4$ 0.1M y $AgNO_3$ 0.1M.) a cada metal como se indica en la tabla 3, agita manualmente los tubos por 5 minutos. Registra tus observaciones colocando una x si no hay reacción o una ✓ si hay reacción. Recuerda que los cambios que indican que hay una reacción son: cambio de color, formación de un precipitado (sólido), desprendimiento de temperatura, y desprendimiento de un gas (observarás burbujas).*

Experimento 3 “Reactividad con H_2O y HCl”

- I. Tendrás siete tubos de ensaye, etiqueta cada uno con los siguientes metales: Na, Mg, Al, Zn, Fe, Cu y Ag. Enseguida adiciona media punta de espátula de cada metal en el tubo correspondiente.*
- II. Añade con cuidado 15 gotas de agua destilada, observa los tubos donde se note algún cambio indicativo de una reacción. Anota a que metales corresponde y tus observaciones en la tabla 4. Separa los tubos donde no hubo reacción.*

- III. A los tubos donde no hubo reacción, desecha el agua y agrega con **mucho cuidado dos gotas de HCl** concentrado. Observa los tubos donde si hubo reacción, y registra a que metales corresponde en la tabla 4. Separa los tubos donde no hubo reacción.
- IV. A los tubos donde no hubo reacción, desecha el HCl y **lava exhaustivamente con agua destilada**, hasta que elimines los iones cloruro. Cuando consideres que los tubos están libres de cloruros, agrega un poco de agua destilada y una gota de disolución de 1 gota de AgNO_3 (del que usaste en el experimento 2). Si aparece una turbidez de color blanco, vuelve a lavar con agua destilada, hasta que la disolución sea incolora. Enseguida agrega dos gotas de HNO_3 concentrado. Observa los tubos donde hubo reacción y anota tus observaciones completando la tabla 4.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Experimento 1 “Obtención de cobre a partir de su óxido”

a) Describe lo que observaste en el tubo 1 al calentar.

b) ¿Qué observaste en el tubo 2 durante la reacción del tubo 1?

c) ¿De qué color es el gas desprendido en el tubo 2?

d) Escribe la reacción completa y balanceada del experimento.

e) ¿Qué tipo de reacción se llevó a cabo?

f) Compara la reacción que llevaste a cabo en este experimento con las reacciones de obtención del cobre a partir de sus minerales, indica que proceso químico se lleva a cabo para obtener el metal.

Experimento 2 “¿Quién desplaza a quién?”

Tabla 3. Desplazamiento de metales.

	Mg	Zn	Fe	Cu	Ag
MgSO ₄					
ZnSO ₄					
CuSO ₄					
FeSO ₄					
AgNO ₃					

a) Indica la reactividad de estos metales en orden ascendente.

b) ¿Qué cambios observaste al ver reaccionar estos metales?

c) ¿Cuáles te sorprendieron y por qué?

d) Escribe todas las reacciones balanceadas de este experimento, anotando los números de oxidación de cada átomo, elemento que se oxida y el que se reduce, agente oxidante y agente reductor y las semirreacciones de cada especie.

Mg

Zn

Fe

Cu

Ag

e) Identifica el nombre de las reacciones que llevaste a cabo.

f) ¿Cuál es el metal más reactivo? ¿En qué basas tu respuesta?

g) ¿Es congruente la reactividad del metal más reactivo con la posición que ocupa en la serie de actividad?

Experimento 3 “Reactividad con H₂O y ácidos”

Tabla 4. Reactividad de metales con H₂O y ácidos

	Na	Mg	Al	Zn	Fe	Cu	Ag
H ₂ O							
HCl							
HNO ₃							

a) ¿Qué metal reacciona con H₂O?

b) ¿De qué color es el gas que se desprendió?

c) Escribe la reacción completa y balanceada.

d) Indica el agente oxidante y reductor.

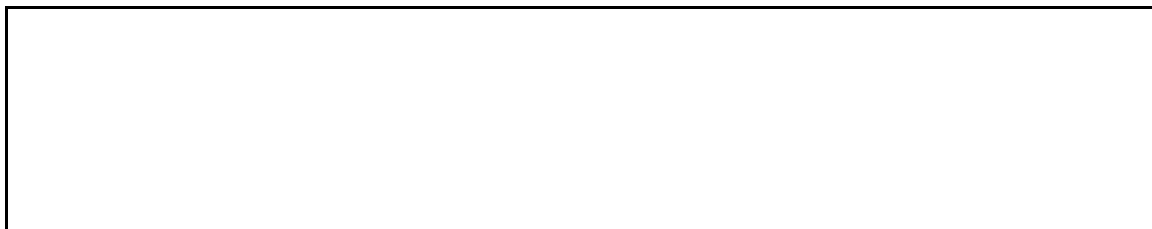
e) ¿Qué metales reaccionaron con HCl?

f) Escribe las reacciones completas y balanceadas. Identifica agente oxidante y reductor.

g) ¿Qué metales reaccionaron con HNO_3 ?

h) ¿De qué color es el gas que se desprendió?

i) Escribe completa y balanceadas las reacciones. Identifica el agente oxidante y reductor.



j) Completa la siguiente tabla con los datos de propiedades periódicas correspondientes a cada metal.

	Radio atómico	Energía de ionización	Afinidad electrónica	Electronegatividad
Na				
Mg				
Al				
Zn				
Fe				
Cu				
Ag				

k) Compara la tabla anterior con tus resultados de la tabla 4, ¿Existe una relación de estas propiedades periódicas con la oxidación de los metales?

Cuestionario:

1. ¿Cómo se llama el proceso donde los metales pierden electrones?
2. Predice la reactividad si emplearas Pt en el experimento 2.
3. ¿Para qué te sirve conocer la serie de actividad?
4. ¿En qué posición de la serie de actividad debe estar un metal para desplazar a otro?

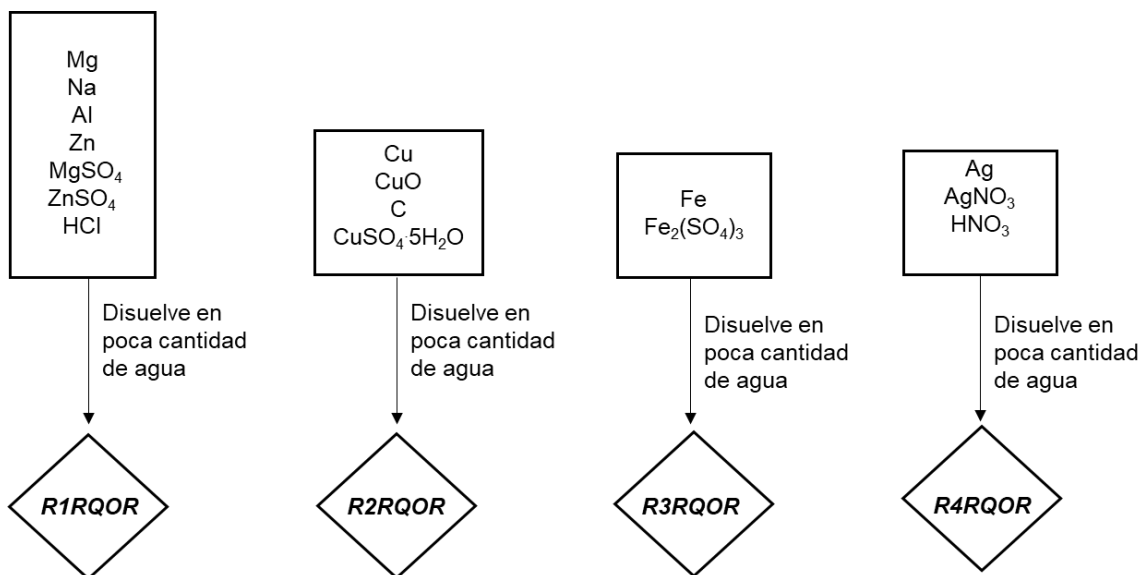
5. ¿Qué tipo de reacción se lleva a cabo cuando los metales reaccionan con agua o ácidos inorgánicos?
6. Ordena los siete metales del experimento 3, del más fácil de oxidar al más resistente a la oxidación.
7. En términos de agente oxidante y reductor, el agua, HCl y HNO₃ se comportan como:
8. Investiga que son las propiedades periódicas y describe radio atómico, energía de ionización, afinidad electrónica y electronegatividad.
9. ¿Qué propiedad (es) periódicas se relacionan con la oxidación de un metal?
10. ¿Qué otro metal puedes emplear para el experimento 3 y como esperarías su reactividad?
11. ¿El nitrato de plata (AgNO₃) cuesta caro, por lo que hacer experimentos con esta sustancia tiene un alto costo? Si se tiene una mezcla acuosa de AgNO₃ y Sn(NO₃)₂, sugiere un método de separación donde se recupere únicamente AgNO₃.
12. Realiza el diagrama de flujo de cada experimento, indicando los principios de la Química Verde y evalúa ¿Qué tan verde es cada experimento?

TRATAMIENTOS DE RESIDUOS PRODUCIDOS

El diagrama siguiente es para que los alumnos coloquen los residuos en recipientes y se entreguen al profesor para su tratamiento posterior.

De acuerdo con el diagrama ecológico para el manejo de residuos:

Reacción Química: Oxido Reducción (RQOR)



Recomendaciones:

- 3) Los residuos **R1RQOR** se neutralizan y se desechan a la tarja.
- 4) Los residuos **R2RQOR**, **R3RQOR** y **R4RQOR** se neutralizan cada uno por separado, se colocan en recipientes diferentes, etiquetados y se entregan al profesor para su tratamiento.

c) Fase final

Al final de la realización y análisis de los resultados de las actividades experimentales, contestaras la pregunta de inicio sobre la reactividad de los metales para llevar a cabo reacciones óxido-reducción, identificando los conceptos de oxidación, reducción, agente oxidante y agente reductor. Relacionarás estas reacciones redox con los procesos de obtención de metales. Además de reconocer las propiedades periódicas de los metales con su reactividad dependiendo de su posición en la tabla periódica.

CONCLUSIÓN

REFERENCIAS

- Kotz, J., Treichel, P., Weaver, G. (2008). *Química y reactividad química*. México: Cengage.
- Morales Galicia, M. L., Martínez, J. O., Reyes Sánchez, L. B., Martín Hernández, O., Arroyo Razo, G. A., Obaya Valdivia, A., & Miranda Ruvalcaba, R. (2011). ¿Qué tan verde es un experimento? / How green an experiment is?, *Educación Química*, 22(3), 240-248.
- Rayner-Canham, G., Escalona García, R. L., & Escalona y García, H. J. (2000). *Química inorgánica descriptiva*. (2a ed.). México: Addison Wesley Longman
- The Libre Texts libraries. (2019). Activity series of metal. California, USA. Recuperado de <https://cutt.ly/Ct0rvul>
- Vargas-Rodríguez, Y. M., Obaya Valdivia, A., Lima Vargas, S., Hernández Escamilla, A., Miranda Ruvalcaba, R., & Vargas Rodríguez, G. I. (2016). El diagrama de flujo como semáforo de seguridad ecológica de los experimentos de laboratorio / The flowchart as a traffic light on ecological security of laboratory experiments. *Educación Química*, 27(1), 30–36.



EVALUACIÓN

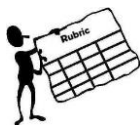
Realiza un mapa conceptual sobre los conceptos de reacciones óxido-reducción.



Nombre: _____

Grupo: _____

Mapa conceptual
“Reacción Química: Óxido-reducción”



Rúbrica

“Reacción Química: Óxido-Reducción”

Con la siguiente rúbrica como instrumento de evaluación el profesor se puede apoyar para valorar los conocimientos, actitudes y valores aprendidos en esta actividad experimental.

Nombre:

Grupo:

Fecha:

Aspecto a evaluar	Deficiente 1	Regular 2	Bueno 3	Excelente 4	Porcentaje %
<p>Contenido del tema</p> <p>40 %</p>	<p>No identifica los conceptos relacionados con una reacción óxido-reducción: oxidación, reducción, agente oxidante, agente reductor, reacción de desplazamiento simple, serie de actividad de metales y propiedades periódicas.</p> <p>No hay análisis y discusión de resultados, todas las respuestas del cuestionario son claras y precisas.</p> <p>El mapa conceptual no tiene estructura y no incluye los conceptos mencionados.</p>	<p>Identifica algunos de los conceptos relacionados con una reacción óxido-reducción: oxidación, reducción, agente oxidante, agente reductor, reacción de desplazamiento simple, serie de actividad de metales y propiedades periódicas. El desarrollo del análisis y discusión de resultados es muy escueto, y las preguntas del cuestionario son respondidas con poca claridad y precisión. El mapa conceptual presenta poca</p>	<p>Identifica la mayoría de los conceptos relacionados con una reacción óxido-reducción: oxidación, reducción, agente oxidante, agente reductor, reacción de desplazamiento simple, serie de actividad de metales y propiedades periódicas. Desarrollando bien su análisis y discusión de resultados, incluyendo la mayoría de las respuestas del cuestionario con claridad y precisión. El mapa conceptual está bien estructurado e incluye la mayoría de los</p>	<p>Identifica muy bien los conceptos relacionados con una reacción óxido-reducción: oxidación, reducción, agente oxidante, agente reductor, reacción de desplazamiento simple, serie de actividad de metales y propiedades periódicas.</p> <p>Desarrollando muy buen análisis y discusión de resultados, todas las respuestas del cuestionario son claras y precisas. El mapa conceptual está muy bien estructurado e incluye los conceptos mencionados.</p>	

		estructura e incluye algunos de los conceptos mencionados.	conceptos mencionados		
Trabajo experimental 30 %	No manipula el material de vidrio y los instrumentos durante el desarrollo de cada experimento. No tiene cuidado ni precaución con las sustancias que utiliza.	Manipula parcialmente el material de vidrio y los instrumentos durante el desarrollo de cada experimento. Maneja parcialmente con cuidado y con precaución las sustancias que utiliza.	Manipula la mayoría de los materiales de vidrio y los instrumentos durante el desarrollo de cada experimento. Maneja cuidadosamente y con precaución las sustancias que utiliza	Presenta destreza al manipular todo el material de vidrio y los instrumentos durante el desarrollo de cada experimento. Maneja cuidadosamente y con precaución las sustancias que utiliza.	
Participación durante las actividades experimentales 10%	No hay participación de manera individual ni con su equipo de trabajo. No es atento y no sigue las instrucciones que se indican.	Participa moderadamente de manera individual y con su equipo de trabajo. Es atento y sigue adecuadamente e pocas instrucciones que se indican.	Participa de manera individual y con su equipo de trabajo en la mayor parte de las actividades. Es atento y sigue adecuadamente la mayoría de las instrucciones que se indican.	Participa activamente de manera individual y con su equipo de trabajo. Es atento y sigue adecuadamente todas las instrucciones que se indican.	
Desarrollo de actitudes y valores. 10%	No es respetuoso con el grupo y profesor, no es tolerante, ni responsable, ni comunicativo y no coopera con sus compañeros de equipo.	En algunas de las actividades es respetuoso con el grupo y profesor, es tolerante, responsable, comunicativo y cooperativo con sus compañeros de equipo.	En la mayoría de las actividades es respetuoso con el grupo y profesor, es tolerante, responsable, comunicativo y cooperativo con sus compañeros de equipo.	En todas las actividades muy respetuoso con el grupo y profesor, es tolerante, responsable, comunicativo y cooperativo con sus compañeros de equipo.	
Aplicación de los principios de Química Verde 10%	No Identifica los principios de la Química Verde en las actividades experimentales, no realizando adecuadamente su diagrama de flujo de cada actividad experimental.	Identifica pocos principios de la Química Verde en las actividades experimentales, realizando un diagrama de flujo regular de cada	Identifica la mayoría de los principios de la Química Verde en las actividades experimentales, realizando un buen diagrama de flujo de cada	Identifica todos los principios de la Química Verde en las actividades experimentales, realizando un excelente diagrama de flujo de cada actividad experimental.	

		actividad experimental.	actividad experimental.		
Observaciones:					Porcentaje total

	Contenido del tema	Trabajo experimental	Participación durante las actividades experimentales	Desarrollo de actitudes y valores	Aplicación de los principios de la Química Verde
4	40%	30%	10%	10%	10%
3	30%	22.5%	7.5%	7.5%	7.5%
2	20%	15%	5%	5%	5%
1	10%	7.5%	2.5%	2.5%	2.5%

Porcentaje	Desempeño	Calificación
100	Excelente	10
90-99	Muy bueno	9
80-89	Bueno	8
70-79	Regular	7
60-69	Deficiente	6
50-59	Insuficiente	5



Secuencia didáctica de actividades experimentales No. 4

“Reacción Química: Ácido-Base”

Pregunta para responder al final de las actividades experimentales:

¿Qué ácido es más fuerte: ácido clorhídrico vs ácido acético?

UNIDAD 3. Control de los procesos industriales en la fabricación de productos estratégicos para el país.

Aprendizaje:



A7. (C, H) Comprende la reversibilidad de las reacciones al realizar mediciones de pH en ácidos fuertes y débiles, al asociar la fuerza del ácido con valores de concentración de iones hidrógeno y con valores de la constante de equilibrio. **(N2)**

La siguiente secuencia didáctica experimental tiene un enfoque hacia el uso de metodologías verdes en la realización de los experimentos, ya que se aplican principios de la Química Verde como el P1 al generar poca cantidad de residuos, P5 uso de disolventes seguros como el agua, P6 uso de condiciones de temperatura ambiente, P12 en general son sustancias de baja toxicidad excepto por los ácidos, con los pictogramas y rombos de seguridad los alumnos pueden conocer los riesgos y prevenir accidentes. En cada experimento los alumnos pueden evaluar que principios de la Química Verde se cumplen valorar cada uno de acuerdo con las dos métricas ¿Qué tan verde es un experimento? y el semáforo de seguridad ecológica o bien elegir la que comprendan mejor, analizando podrán incluso hacer modificaciones para implementar más principios y el experimento sea más seguro y menos dañino.

a) Fase Inicial

Es esta fase como alumno realiza y recaba información sobre la reacción química que se distingue cuando hay un cambio de pH, ya que este tipo de reacciones son muy importante en tu vida, ya que tienen diferentes aplicaciones en la industria y procesos que se realizan en tu metabolismo. Conocer los conceptos esenciales de este tipo de reacciones, te servirá para explicar y comprender las actividades experimentales que llevarás a cabo.

Recuerda que es importante que realices el trabajo previo antes de llevar a cabo los experimentos.

Consultar y completa la información relacionada con las propiedades físicas y toxicidades de las sustancias, y considera las precauciones necesarias que se deben tener durante las actividades de trabajo experimentales.



TRABAJO INDIVIDUAL

ACTIVIDAD PREVIA

Contesta la siguiente pregunta, preliminarmente de la investigación que realices:

1. ¿Qué nombre reciben las reacciones donde se transfieren protones?

Después de contestar la pregunta, haz una investigación documental con base al siguiente cuestionario y **compara tu respuesta previa** de la pregunta 1.

2. ¿Qué es una reacción reversible?
3. ¿Qué es una reacción ácido-base?
4. ¿Cómo identificas una reacción ácido-base?
5. ¿Qué modelo explica el comportamiento ácido-base cuando empleas la escala de pH?
6. Escribe tres ejemplos de reacciones de este tipo que ocurran en tu vida diaria.



Trabajo individual

Propiedades físicas de las sustancias y toxicidad.

Investiga la fórmula Química, las propiedades físicas representativas de cada sustancia, toxicidades de cada sustancia, incluyendo pictograma, rombo de seguridad y datos relevantes de reactividad.

Tabla 1. Propiedades físicas y toxicidades.

Sustancias Nombre y fórmula Química	Pictogramas y rombo de seguridad	Descripción de propiedades físicas
bicarbonato de sodio		
ácido acético glacial		
ácido clorhídrico		
acetato de sodio		
cloruro de amonio		



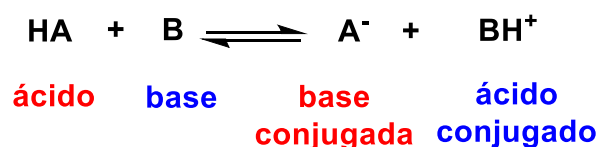
OBJETIVOS

- Los alumnos identificarán sustancias ácidas y básicas mediante la medición del pH de cada sustancia. Reconociendo la reacción de disociación en agua de cada ácido y base de acuerdo con el modelo de Brønsted-Lowry.

- Los alumnos asociarán la fuerza de un ácido mediante la determinación experimental de la medida del pH y conductividad de diferentes concentraciones de un ácido.
- Los alumnos identificarán reacciones ácido-base de Brønsted-Lowry mediante la reacción diferentes sustancias que actúan como ácidos y bases.
- Los alumnos identificarán que principios de la Química Verde se aplican en la metodología experimental y evaluarán en qué nivel de acercamiento verde se ubica cada experimento, de acuerdo con el grupo de Miranda Ruvalcaba (Morales Galicia, 2011) de ¿Qué tan verde es un experimento? y el semáforo de seguridad ecológica (Vargas-Rodríguez, 2016).

INTRODUCCIÓN

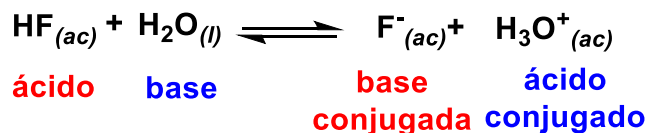
El modelo de Brønsted-Lowry, establece que los ácidos son sustancias donadoras de protones (H^+) y las bases son sustanciasceptoras de protones (H^+). Las sustancias que actúan como ácido y base se llaman anfipróticos. Una reacción ácido-base Brønsted-Lowry ocurre cuando hay una transferencia de un protón (H^+) a una base como se muestra en la siguiente reacción (Universidad de Alcalá, 1994):



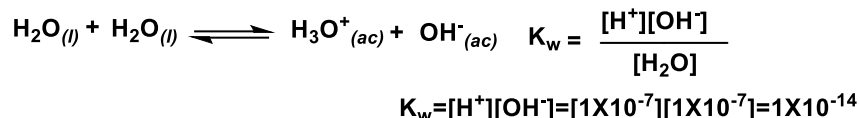
Donde HA y BH^+ son ácidos y B y A^- son bases. Los ácido y bases relacionados son conjugados.

En este tipo de reacciones ácido-base el agua es un disolvente esencial, sin embargo, este tipo de reacciones pueden ocurrir empleando otros disolventes.

Si una sustancia muestra un comportamiento ácido o básico de la reacción con el agua, el ion hidrógeno en agua se puede representar como $H^+_{(ac)}$ o $H_3O^+_{(ac)}$, se puede ilustrar el comportamiento para el ácido fluorhídrico:



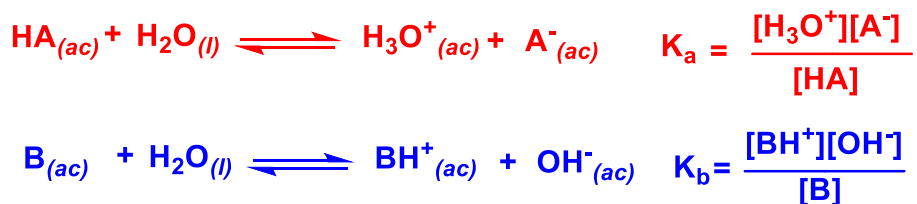
De acuerdo con el modelo de Brønsted-Lowry, el agua puede actuar como base y ácido (Chang, 2010), lo que se conoce como autoionización del agua para dar el ion hidronio (H_3O^+) el ion hidróxido (OH^-):



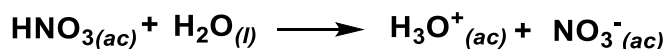
Esta reacción muestra que, en el equilibrio (\rightleftharpoons) a 25°C, las concentraciones de $[\text{H}^+][\text{OH}^-] = K_w$, donde K_w es una constante llamada *constante de ionización o producto iónico del agua* (Timberlake, Campos Olguín, & Timberlake, 2013). Cuando el agua esta pura las concentraciones de $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-]$, se dice que la sustancia es neutra, cuando hay disoluciones acuosas donde las concentraciones de $[\text{H}^+] > [\text{OH}^-]$ se dice que es una sustancia ácida y si en la disolución acuosa las concentraciones de $[\text{H}^+] < [\text{OH}^-]$ se dice que es una sustancia básica. Para medir la acidez de una sustancia o basicidad se emplea el pH, que se define como el logaritmo negativo de la concentración (mol/L) del ion hidrogeno:

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

En el caso de la ionización de un ácido (cede su protón a una molécula de agua) o una base (acepta un protón de una molécula de agua), se representan mediante una constante de equilibrio llamada constante de ionización o disociación ácida (K_a) y básica (K_b):



La constante de disociación ácida (K_a) es una medida de cuantificación de la disociación del ácido, si un ácido tiene un valor alto de $K_a (>1)$, se dice que es un ácido fuerte y se disocia completamente para formar iones en disolución. Un ejemplo de un ácido fuerte es el HNO_3 , donde la disociación en agua es completa para formar los iones H_3O^+ y NO_3^- :



Si el ácido tiene un K_a bajo (<1) es un ácido débil y gran parte de sus moléculas se mantienen sin disociar (figura 1), por lo que la reacción de ionización es reversible y en el equilibrio hay especies cargadas y neutras.

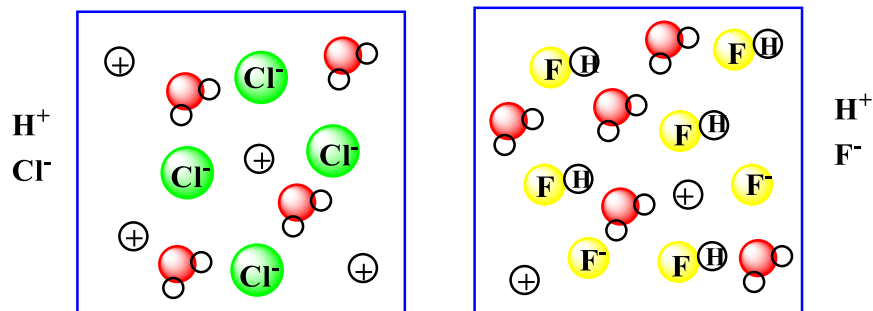


Figura 1. Disociación de un ácido fuerte HCl y un ácido débil HF. Elaboración propia.

Conocer la constante de equilibrio de un ácido (K_a) ayuda a determinar si una sustancia es ácido fuerte o un ácido débil. Lo mismo aplica para las bases, el valor de K_b , indica si se trata de base fuerte o débil.

Algunos ácidos pueden ceder más de un protón, por ejemplo, el ácido sulfúrico (H_2SO_4), este tipo de ácidos se llaman polipróticos y cada disociación de cada protón tiene su propia constante de disociación (K_{a1} y K_{a2}).

En relación con lo mencionado al modelo de Brønsted-Lowry, en la siguiente sección realizarás actividades de identificación de sustancias ácidas y básicas, identificación de un ácido fuerte y débil, finalmente llevarás a cabo reacciones ácido-base.

b) Fase de desarrollo

Es esta fase llevarás a cabo las actividades experimentales vinculadas con conceptos de reacciones ácido-base del modelo de Brønsted-Lowry, examina con atención la metodología experimental antes de proceder con el desarrollo experimental de cada actividad. Recabando tu información experimental en la sección de resultados, al llenar las tablas, realizando las reacciones, contestando el

cuestionario de cada actividad experimental, al final investiga y apóyate del cuestionario final para que realices tu análisis y discusión de resultados.

A continuación, se presentan las actividades experimentales:



METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Tabla 2. *Materiales y sustancias*

Materiales	Sustancias
1 gradilla	NaHCO ₃
1 espátula	CH ₃ COOH
1 piseta de agua	HCl
11 tubos de ensaye	CH ₃ COONa
16 tiras de pH	NH ₄ Cl
1 potenciómetro	yogurt
1 dispositivo con foco	limpiador de caño
4 matraces aforados de 10mL	detergente de traste
4 vasos de precipitados de 50mL	coca
1 pipeta graduada y/o volumétrica	limón
1 micropipeta	tableta aspirina y de alka-seltzer
1 pipeta beral	



Figura 2. *Materiales y sustancias. Elaboración propia.*

Experimento 1 “¿Ácido o base?”

Procedimiento

- I. Etiqueta en tubos de ensaye las siguientes sustancias: yogurt, vinagre, bicarbonato de sodio, limpiador de caño, jugo de limón, coca, jabón de trastes y aspirina.*
- II. Coloca 1 mL de agua destilada a cada tubo de ensaye y adiciona: 1mL de yogurt, 1 mL de vinagre, una punta de espátula de bicarbonato de sodio, 1mL de limpiador de caño, 1 mL de jugo de limón, 1mL de coca, 0.5mL de jabón de trastes y $\frac{1}{4}$ de una tableta de aspirina (figura 3).*
- III. Mezcla cada tubo con ayuda de un agitador hasta tener una mezcla homogénea.*

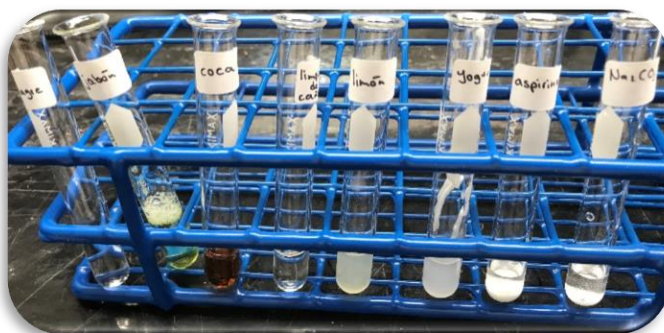


Figura 3. Sustancias ácidas y básicas. Elaboración propia.

- IV. Determina el pH con una tira de pH, sumergiendo una tira dentro de la disolución del tubo, posteriormente compara los cambios de color de la tira de pH con la escala de valores de pH y determines el valor correspondiente de pH (figura 4). Repite este paso para cada tubo por separado. Anota tus resultados en la tabla 1.*



Figura 4. Escala de valores de tiras de pH. Elaboración propia.

- V. *Determina ahora el pH con un potenciómetro, recuerda que tienes que mantener el electrodo del potenciómetro dentro de una solución salina y después de usarlo, enjuaga el electrodo con agua destilada para evitar errores durante cada medición. Coloca el electrodo dentro de cada tubo de ensaye y determina el valor de pH. Completa la tabla 3.*

Experimento 2 “¿Qué ácido es más fuerte?”

Procedimiento

- I. *Preparar 10 mL de cada una de las siguientes disoluciones: 0.1M de ácido clorhídrico (HCl) y 0.1M de ácido acético glacial (CH₃COOH). El volumen aproximado para preparar estas disoluciones son 0.1mL de HCl y 0.06mL de CH₃COOH.*
- II. *Coloca los 10mL de cada disolución en dos vasos de precipitados de 50mL etiquetados con nombre y concentración de cada compuesto. Determina el pH con ayuda del potenciómetro. Anota tus resultados en la tabla 4.*
- III. *Determina la conductividad de cada disolución con el dispositivo de foco, anotando en la tabla 4, la disolución de mayor y menor conductividad.*
- IV. *Prepara 10mL de una disolución con una concentración 0.01M de HCl de la disolución original (10mL), para lo cual debes tomar 1mL de la disolución original y aforar a 10mL. Colócala en un vaso de precipitados de 50mL de esta disolución, etiqueta el vaso con nombre y concentración.*

- V. *Determina el pH con potenciómetro y conductividad de la disolución del paso IV cuya concentración es 0.01M de HCl, completando la tabla 4. Compara los resultados en intensidad de la luz del foco y pH con la disolución de CH₃COOH.*
- VI. *Prepara 10mL de una tercera disolución con una concentración de 0.001M de HCl a partir de la solución original (paso II, serían 0.1mL) o de la disolución del paso IV (1mL). Etiqueta el vaso, determina pH y conductividad como en los pasos anteriores. Completa la tabla 4, comparando con la disolución de ácido acético glacial.*

Experimento 3 “Reacción acido-base”

Experimento A

- I. *Coloca en un vaso de precipitados una tableta de alka-seltzer y adiciona 1 mL de una disolución de HCl 0.1M.*
- II. *Registra tus observaciones y completa la parte de resultados.*

Experimento B

- I. *Coloca en tubo de ensaye 1mL de una solución saturadas de CH₃COONa, determina el pH con una tira de pH. Enseguida agrégale 1mL de HCl concentrado.*
- II. *Registra tus observaciones y completa la parte de resultados.*

Experimento C

- I. *Coloca en un tubo de ensaye 1mL de una solución saturada de NH₄Cl, determina su pH con una tira de pH. Enseguida agrega 1mL de una solución saturada de CH₃COONa.*
- II. *Registra tus observaciones y completa la parte de resultados.*

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Experimento 1 “¿Ácido o base?”

Completa la siguiente tabla:

Tabla 3. Identificación de sustancias ácidas y básicas.

Sustancia	pH (tiras)	pH (potenciómetro)	Clasificación: ácido o base
yogurt			
vinagre			
bicarbonato de sodio			
limpiador de caño			
limón			
coca			
jabón de trastes			
aspirina			

a) ¿Para qué te sirve conocer el pH de una sustancia?

b) Escribe las reacciones de disociación en disolución de las especies que actúan como ácido o bases (indicando el nombre químico) de cada sustancia.

yogurt:

vinagre:

bicarbonato de sodio:

coca:

limpiador de caño:

limón:

jabón:

aspirina:

Experimento 2 “¿Qué ácido es más fuerte?”

Tabla 4. Ácidos a distintas concentraciones.

Sustancia	0.1M HCl	0.1M CH ₃ COOH	0.01M HCl	0.001M HCl
Conductividad				
pH				

a) ¿Cómo puedes explicar la diferencia de pH observada entre la disolución de 0.01M de HCl y 0.1M de ácido acético?

b) ¿Cómo puedes explicar la diferencia de intensidad de luz entre la disolución de 0.1M de HCl y 0.1M de ácido acético?

c) ¿Cuál de las disoluciones de HCl mostró propiedades más parecidas a la disolución de 0.1M de ácido acético?

d) Escribe la reacción de cada ácido con agua, señala los pares conjugados ácido-base y representa su constante de ionización ácida (K_a) de acuerdo con el modelo de Brønsted-Lowry.

HCl:

CH₃COOH:

e) ¿Cuál es el ácido más fuerte? ¿Cómo lo explicas?

f) ¿Cuál ácido tiene más iones disociados?

g) ¿Qué relación hay entre la fuerza de un ácido y la concentración de este en disolución?

Experimento 3 “Reacción ácido-base”

Experimento A

a) Describe que observaste durante la reacción.

b) ¿Qué gas se desprende?

c) Escribe la reacción completa.

d) El ácido y la base son fuertes o débiles.

e) ¿Cuál es la función de las tabletas antiácidas?

f) ¿Por qué empleaste una concentración 0.1M de HCl?

Experimento B

a) ¿Cuáles fueron tus observaciones?

b) ¿Cuál es el pH del CH_3COONa ? ¿Es ácido o base?

c) Escribe la reacción completa.

Experimento C

a) Describe los cambios observados durante la reacción.

b) ¿Cuál fue el pH del NH_4Cl ? ¿Es un ácido o base fuerte o débil?

c) Escribe la reacción completa.

Cuestionario:

1. Da la definición de Brønsted-Lowry para un ácido y una base.
2. Clasifica las siguientes sustancias como ácidos o bases de acuerdo con el Modelo de Brønsted-Lowry.
 - LiOH
 - HNO_3
 - $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$
 - HClO_4
 - KI
 - MgSO_4
3. ¿Por qué las reacciones ácido-base son reacciones reversibles?
4. ¿De qué depende el equilibrio de una reacción ácido-base de Brønsted-Lowry?
5. ¿A qué se refiere la fuerza de un ácido según el modelo de Brønsted-Lowry?
6. ¿Cómo es el valor de la constante de equilibrio de un ácido fuerte y un ácido débil?

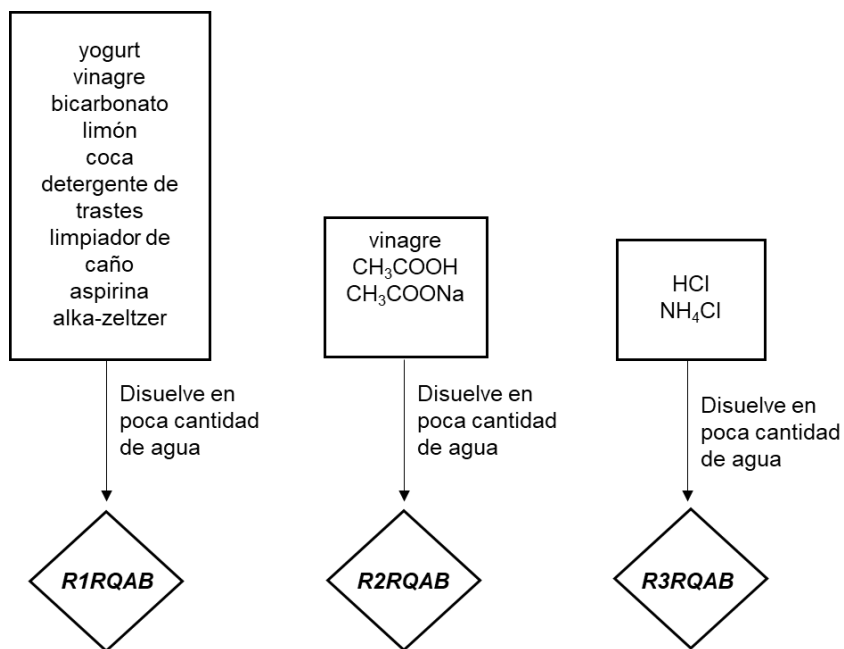
7. Investigue tres ejemplos de ácidos fuertes y tres ejemplos de ácidos débiles.
8. De los ejemplos anteriores, representa la reacción de estos ácidos con agua.
9. Investiga la constante de ionización ácida (K_a) de los siguientes ácidos. Ordénalos de mayor a menor fuerza ácida:
 - HF
 - HNO_3
 - HCOOH
 - HClO_4
10. Si se tienen dos soluciones acuosas de los siguientes ácidos: una solución 1M de HNO_3 y una solución 1M de HF, ¿Cuál tendrá el pH más bajo?
11. Investiga cual es la concentración de ácido que tienes en tu cuerpo y la función de este en el metabolismo.
12. Realiza el diagrama de flujo de cada experimento, indicando los principios de la Química Verde y evalúa ¿Qué tan verde es cada experimento?

TRATAMIENTOS DE RESIDUOS PRODUCIDOS

El diagrama siguiente es para que los alumnos coloquen los residuos en recipientes y se entreguen al profesor para su tratamiento posterior.

De acuerdo con el diagrama ecológico para el manejo de residuos:

Reacción Química: Acido-Base (RQAB)



Recomendaciones:

Todos los residuos **R1RQAB**, **R2RQAB** y **R3RQAB**, se neutralizan y se desechan a la tarja.

c) Fase final

Es esta etapa concluirás sobre tus evidencias experimentales, al hacer tu análisis y discusión de resultados relacionadas con las características de una reacción ácido-base del modelo de Brønsted-Lowry y la importancia de este tipo de reacciones en tu vida, contestando la pregunta de inicio sobre la fuerza de un ácido y los factores experimentales que te ayudaron a determinar cuál ácido es el más fuerte.

CONCLUSIÓN

REFERENCIAS

- Chang, R. (2010). *Fundamentos de química*. México: Pearson Educación.
- Morales Galicia, M. L., Martínez, J. O., Reyes Sánchez, L. B., Martín Hernández, O., Arroyo Razo, G. A., Obaya Valdivia, A., & Miranda Ruvalcaba, R. (2011). ¿Qué tan verde es un experimento? / How green an experiment is?, *Educación Química*, 22(3), 240-248.
- Timberlake, K. C., Campos Olguín, V., & Timberlake, K. C. (2013). *Química general orgánica y biológica: estructuras de la vida*. (4ª ed.). México: Pearson.
- Universidad de Alcalá. (1994). Ácidos y bases. Recuperado de http://www3.uah.es/edejesus/resumenes/IQI/tema_5.pdf
- Vargas-Rodríguez, Y. M., Obaya Valdivia, A., Lima Vargas, S., Hernández Escamilla, A., Miranda Ruvalcaba, R., & Vargas Rodríguez, G. I. (2016). El diagrama de flujo como semáforo de seguridad ecológica de los experimentos de laboratorio / The flowchart as a traffic light on ecological security of laboratory experiments. *Educación Química*, 27(1), 30–36.



EVALUACIÓN

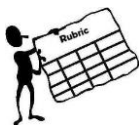
Realiza un cuadro comparativo de ácidos y bases del modelo de Brønsted-Lowry.

Nombre: _____

Grupo: _____

Fecha: _____

Ácidos	Bases



Rúbrica

“Reacción Química: Ácido-Base”

Con la siguiente rúbrica como instrumento de evaluación el profesor se puede apoyar para valorar los conocimientos, actitudes y valores aprendidos en esta actividad experimental.

Nombre:

Grupo:

Fecha:

Aspecto a evaluar	Deficiente	Regular	Bueno	Excelente	Porcentaje
	1	2	3	4	%
<p>Contenido del tema</p> <p>40 %</p>	<p>No identifica los conceptos relacionados con una reacción ácido-base reversible de Brønsted-Lowry, pH, ácidos y bases fuertes y débiles, constante de acidez, pares conjugados, agua como disolvente, concentración.</p> <p>No hay análisis y discusión de resultados, todas las respuestas del cuestionario no son claras y precisas.</p> <p>El cuadro comparativo es muy corto y no describe adecuadamente los conceptos.</p>	<p>Identifica algunos de los conceptos relacionados con una reacción ácido-base reversible de Brønsted-Lowry, pH, ácido y bases fuertes y débiles, constante de acidez, pares conjugados, agua como disolvente, concentración.</p> <p>El análisis y discusión de resultados es limitado, el cuestionario de apoyo y de las actividades experimentales tiene pocas respuestas claras y precisas.</p> <p>El cuadro comparativo es</p>	<p>Identifica la mayoría de los conceptos de una reacción ácido-base reversible de Brønsted-Lowry, pH, ácidos y bases fuertes y débiles, constante de acidez, pares conjugados, agua como disolvente, concentración. El análisis y discusión de resultados, está bien realizado, incluyendo la mayoría de las respuestas del cuestionario de apoyo y de las actividades experimentales con precisión.</p> <p>El cuadro comparativo</p>	<p>Identifica muy bien los conceptos relacionados con una reacción ácido-base reversible de Brønsted-Lowry, pH, ácido y bases fuertes y débiles, constante de acidez, pares conjugados, agua como disolvente, concentración.</p> <p>El análisis y discusión de resultados están muy bien desarrollados, los cuestionarios de apoyo y de las actividades experimentales tienen respuestas claras y precisas. El cuadro</p>	

		suficiente y tiene pocos conceptos adecuadamente descritos.	está bien desarrollado y la mayoría de los conceptos están bien descritos.	comparativo está muy bien realizado, describiendo todos los conceptos de manera concisa y clara.	
Trabajo experimental 30 %	No manipula el material de vidrio y los instrumentos durante el desarrollo de cada experimento. No tiene cuidado ni precaución con las sustancias que utiliza.	Manipula parcialmente el material de vidrio y los instrumentos durante el desarrollo de cada experimento. Maneja parcialmente con cuidado y con precaución las sustancias que utiliza.	Manipula la mayoría de los materiales de vidrio y los instrumentos durante el desarrollo de cada experimento. Maneja cuidadosamente y con precaución las sustancias que utiliza	Presenta destreza al manipular todo el material de vidrio y los instrumentos durante el desarrollo de cada experimento. Maneja cuidadosamente y con precaución las sustancias que utiliza.	
Participación durante las actividades experimentales 10%	No hay participación de manera individual ni con su equipo de trabajo. No es atento y no sigue las instrucciones que se indican.	Participa moderadamente de manera individual y con su equipo de trabajo. Es atento y sigue adecuadamente e pocas instrucciones que se indican.	Participa de manera individual y con su equipo de trabajo en la mayor parte de las actividades. Es atento y sigue adecuadamente e la mayoría de las instrucciones que se indican.	Participa activamente de manera individual y con su equipo de trabajo. Es atento y sigue adecuadamente e todas las instrucciones que se indican.	
Desarrollo de actitudes y valores. 10%	No es respetuoso con el grupo y profesor, no es tolerante, ni responsable, ni comunicativo y no coopera con sus compañeros de equipo.	En algunas de las actividades es respetuoso con el grupo y profesor, es tolerante, responsable, comunicativo y cooperativo con sus compañeros de equipo.	En la mayoría de las actividades es respetuoso con el grupo y profesor, es tolerante, responsable, comunicativo y cooperativo con sus compañeros de equipo.	En todas las actividades muy respetuoso con el grupo y profesor, es tolerante, responsable, comunicativo y cooperativo con sus compañeros de equipo.	
Aplicación de los principios de	No Identifica los principios de la Química Verde en las	Identifica pocos principios de la Química Verde	Identifica la mayoría de los principios de la Química Verde	Identifica todos los principios de la Química Verde en las	

INFOCAB PB201420

Química Verde 10%	actividades experimentales, no realizando adecuadamente su diagrama de flujo de cada actividad experimental.	en las actividades experimentales, realizando un diagrama de flujo regular de cada actividad experimental.	en las actividades experimentales, realizando un buen diagrama de flujo de cada actividad experimental.	actividades experimentales, realizando un excelente diagrama de flujo de cada actividad experimental.	
Observaciones:					Porcentaje total

	Contenido del tema	Trabajo experimental	Participación durante las actividades experimentales	Desarrollo de actitudes y valores	Aplicación de los principios de la Química Verde
4	40%	30%	10%	10%	10%
3	30%	22.5%	7.5%	7.5%	7.5%
2	20%	15%	5%	5%	5%
1	10%	7.5%	2.5%	2.5%	2.5%

Porcentaje	Desempeño	Calificación
100	Excelente	10
90-99	Muy bueno	9
80-89	Bueno	8
70-79	Regular	7
60-69	Deficiente	6
50-59	Insuficiente	5



Secuencia didáctica de actividades experimentales No. 5

“Equilibrio Químico”

Pregunta para responder al final de las actividades experimentales:

¿Cómo se puede modificar el equilibrio químico de una reacción?

UNIDAD 3. Control de los procesos industriales en la fabricación de productos estratégicos para el país.

Aprendizaje:



A2. (C, H) Comprende que las reacciones se llevan a cabo con diferente rapidez, de acuerdo con la naturaleza de los reactivos y las condiciones de reacción al experimentar o analizar información. (N2)

A9. (C, H) Predice hacia donde se desplaza el equilibrio con ayuda del principio de Le Chatelier, al analizar cambios en variables, como la presión, la temperatura o la concentración, de algunas reacciones químicas. (N3)

La siguiente secuencia didáctica experimental tiene un enfoque hacia el uso de metodologías verdes en la realización de los experimentos, ya que se aplican principios de la Química Verde como el P1 al generar poca cantidad de residuos, P5 uso de disolventes seguros como el agua, P9 uso de catalizadores, P12 aunque no son sustancias de baja toxicidad con los pictogramas y rombos de seguridad los alumnos pueden conocer los riesgos y prevenir accidentes. En cada experimento los alumnos pueden evaluar que principios de la Química Verde se cumplen valorar cada uno de acuerdo con las dos métricas ¿Qué tan verde es un experimento? y el semáforo de seguridad ecológica o bien elegir la que comprendan mejor, analizando podrán incluso hacer modificaciones para implementar más principios y el experimento sea más seguro y menos dañino.

a) Fase Inicial

Es esta fase debes investigar el proceso Haber para la obtención del amoniaco, donde revisarás que condiciones de reacción se requieren para que la reacción proceda hacia los productos y se obtenga el máximo rendimiento de amoniaco, identificando así que factores pueden modificar el equilibrio de una reacción química, lo cual te ayudará para comprender las actividades experimentales sobre equilibrio químico.

Recuerda que es importante que realices el trabajo previo antes de llevar a cabo los experimentos.

Consulta y completa la información relacionada con las propiedades físicas y toxicidades de las sustancias, y considera las precauciones necesarias que se deben tener durante las actividades de trabajo experimentales.



TRABAJO INDIVIDUAL

ACTIVIDAD PREVIA

Antes de realizar la investigación del trabajo previo, contesta la siguiente pregunta:

1. ¿Qué es el equilibrio químico?

Una vez contestada la pregunta, **compara tu respuesta** con la información investigada sobre el equilibrio químico.

2. ¿Qué es un fertilizante?

3. ¿Qué tipo de reacciones se emplean para la síntesis de los fertilizantes nitrogenados?

4. Industrialmente qué condiciones se requieren para la producción de amoniaco.

5. ¿Qué es un catalizador y cuál es su función?



Trabajo individual

Propiedades físicas de las sustancias y toxicidad.

Investiga la fórmula Química, las propiedades físicas representativas de cada sustancia, toxicidades de cada sustancia, incluyendo pictograma, rombo de seguridad y datos relevantes de reactividad.

Tabla 1. Propiedades físicas y toxicidades.

Sustancias Nombre y fórmula Química	Pictogramas y rombo de seguridad	Descripción de propiedades físicas
cloruro de amonio		
cloruro de cobalto(II)		
fenoftaleina		
hidróxido de amonio		
ácido clorhídrico		
agua		
agua oxigenada		

yoduro de potasio		
-------------------	--	--



OBJETIVOS

- Los alumnos reconocerán la importancia del equilibrio químico al observar los cambios de color en sistemas en equilibrio de amoníaco acuoso y cloruro de cobalto(II).
- Los alumnos aplicarán el principio de Le Chatelier en las reacciones en equilibrio de amoníaco acuoso y cloruro de cobalto(II) al modificar el efecto de la concentración y la temperatura, determinando el desplazamiento del equilibrio químico de cada reacción.
- Los alumnos observaran como influye la velocidad de reacción de descomposición del agua oxigenada con el empleo de dos catalizadores distintos.
- Los alumnos identificarán que principios de la Química Verde se aplican en la metodología experimental y evaluarán en qué nivel de acercamiento verde se ubica cada experimento, de acuerdo con el grupo de Miranda Ruvalcaba (Morales Galicia, 2011) de ¿Qué tan verde es un experimento? y el semáforo de seguridad ecológica (Vargas-Rodríguez, 2016).

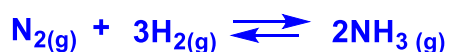
INTRODUCCIÓN

La Cinética Química es el área de la Química que se relaciona con la rapidez o velocidad de una reacción, que es el cambio en la concentración de un reactivo o de un producto con respecto al tiempo. La rapidez de una reacción se puede modificar por el empleo de un catalizador, el cual es una sustancia que aumenta la velocidad de una reacción química sin consumirse (Chang, 2010). El uso de

catalizadores es muy empleado en la industria, un ejemplo es en la síntesis de amoníaco (NH_3), materia prima para la producción de fertilizantes nitrogenados.

Un fertilizante es un compuesto que puede ser de origen natural o sintético, el cual debe contener al menos cinco por ciento de uno o más de los tres nutrientes primarios (N, P y K). Los fertilizantes son una de las más importantes herramientas para el desarrollo de la agricultura tendiente a fomentar la seguridad alimentaria y mantener la productividad del suelo (Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes, 2002).

En el siglo XIX, la población europea se abastecía de los fertilizantes nitrogenados que se obtenían de los depósitos de nitrato de sodio en Chile, sin embargo, llegó el día en que se agotó este compuesto. Debido a esto se buscaron procesos químicos para la obtención de compuestos nitrogenados sintéticos, como el amoníaco (NH_3). En 1908 el descubrimiento del proceso Haber, por el químico alemán Fritz Haber, demostró que se forma amoníaco cuando se mezclan nitrógeno e hidrógeno gaseosos:



La velocidad de esta reacción es extremadamente lenta, a gran escala esto representa un inconveniente ya que se desea que los procesos químicos sean prácticos y den altos rendimientos de los productos. a temperatura ambiente, este proceso hoy en día se lleva a cabo con el empleo de catalizadores que contienen metales como el Fe, Al y K. Este proceso conocido actualmente como Haber-Bosh es muy empleado para la síntesis de amoníaco a nivel industrial.

La ecuación de síntesis del amoníaco muestra que se trata de una reacción reversible, es decir que procede en ambas direcciones hacia productos y reactivos. Al inicio de un proceso reversible, la reacción procede hacia la formación de productos, tan pronto como se forman algunas moléculas del producto, el proceso inverso se comienza a establecer y las moléculas de reactivo se forman a partir de las moléculas del producto. El equilibrio químico es considerado un sistema dinámico en el que hay un intercambio de concentraciones entre los reactivos y productos, la reacción alcanza el equilibrio cuando las velocidades de las reacciones

directa e inversa se igualan y las concentraciones netas de reactivos y productos permanecen constantes.

La forma de representar el equilibrio químico en una reacción es mediante lo anterior es mediante la siguiente expresión:



Donde las letras a, b, c y d representan los coeficientes estequiométricos, las letras A y B los reactivos, C y D los productos. La doble flecha, es el símbolo de una reacción reversible. Como la concentración es uno de los factores que influye en un sistema en equilibrio, se puede representar un cociente:

$$K = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

A esta expresión se le conoce también como ley de acción de masas y nos indica que: “en cualquier reacción que alcance el equilibrio químico, el cociente entre el producto de las concentraciones de los productos y el producto de las concentraciones de los reactivos elevados a sus respectivos coeficientes estequiométricos es igual a una constante”, llamada también constante de equilibrio de una reacción (Chang, 2010).

La expresión de la constante de equilibrio del proceso Haber sería así:

$$K = \frac{[NH_3]^2}{[N_2] [H_2]^3}$$

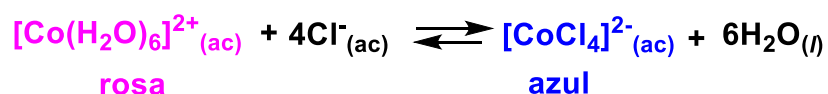
El valor de la constante de equilibrio indica si una reacción se ve favorecida hacia la formación de productos o reactivos. Si el valor de $K > 1$ el equilibrio está desplazado hacia la formación de productos (hacia la derecha). Así la transformación de reactivos a productos será más favorable cuanto mayor sea el valor de K.

Si el valor de $K < 1$ el equilibrio está desplazado hacia los reactivos (hacia la izquierda). Así la transformación de reactivos a productos será más desfavorable entre más pequeño sea el valor de K.

La importancia de conocer el valor de la constante de equilibrio (K) de un proceso químico radica en que permite calcular las concentraciones máximas de productos para una concentración de reactivos dada (Chang, 2010).

Para poder predecir la dirección en que se desplazara una reacción en equilibrio cuando hay un cambio de concentración, presión, volumen o temperatura, se puede aplicar el principio de Le Chatelier que establece: “si se aplica una tensión externa a un sistema en equilibrio, el sistema se ajusta de tal manera que se cancela parcialmente dicha tensión” (Chang, 2010).

El siguiente sistema en equilibrio puede ser modificado por la concentración y temperatura:



Si se aumenta la concentración de iones cloruro se desplazará el equilibrio hacia productos, es decir, la formación de $[\text{CoCl}_4]^{2-}$, observándose un complejo de color azul rey.

Este mismo efecto se puede observar al aumentar la temperatura, el equilibrio se desplaza hacia productos (se observa una disolución nuevamente azul) y a bajas temperaturas el equilibrio de la reacción se desplaza hacia reactivos (donde se observa una disolución de color rosa rosa) (The Libre Text libraries, 2019).

b) Fase de desarrollo

Es esta fase realizarán tres actividades experimentales en equipo, relacionadas con el efecto que tiene la concentración de reactivos y cambio de temperatura en el desplazamiento del equilibrio de una reacción, además observarás como se modifica la velocidad de una reacción química al emplear un catalizador. Recuerden revisar y leer el procedimiento experimental antes de empezar a trabajar en el laboratorio. Durante cada actividad experimental, completa las reacciones, tablas y, finalmente investiga y responde el cuestionario para tu análisis y discusión de

resultados. Lo cual te ayudará a entender los aprendizajes relacionados con el tema de equilibrio químico.

A continuación, se presentan las actividades experimentales:



METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Tabla 2. Materiales y sustancias

Materiales	Sustancias
4 tubos de ensayo	NH ₄ OH (ac)
1 matraz Erlenmeyer de 125mL	fenolftaleína
2 matraz Erlenmeyer de 10mL	CoCl ₂
1 pinza para tubo de ensayo	NH ₄ Cl
1 soporte	HCl concentrado
1 mechero bunsen	H ₂ O destilada
1 espátula	H ₂ O ₂ (30%)
5 pipetas beral 3mL	KI
2 vasos de precipitados de 150mL y 1 de 5mL	trozos pequeños de papa sin cáscara
1 tela de asbesto	
1 tripie	
1 manguera	
1 balanza	
2 capsulas de vidrio	



Figura 1. Materiales y sustancias. Elaboración propia.

Experimento 1 “Efecto de la concentración en el equilibrio de una solución de amoníaco acuoso”

Procedimiento

- I. En un matraz Erlenmeyer de 125mL coloca 4 gotas de $\text{NH}_3(\text{ac})$ concentrado (15M) y agrega 3 gotas de fenolftaleína, agrega agua destilada hasta completar 100mL. Mezcla la solución y agita fuertemente.*
- II. Toma 2mL de la solución preparada en el paso 1 y colócala en un tubo de ensaye.*
- III. Adiciona al tubo de ensaye media espátula de NH_4Cl .*
- IV. Registra tus observaciones en la sección de resultados.*

Experimento 2 “Efecto de la concentración y temperatura en el equilibrio de una solución de cloruro de cobalto(II)”

Procedimiento

- I. Prepara 10mL de una solución acuosa de CoCl_2 0.1M, coloca 1mL de esta solución en tres tubos de ensaye. Etiqueta cada tubo del 1 al 3*



Figura 2. Solución de CoCl_2 . Elaboración propia.

- II. El tubo 1 se emplea como patrón de referencia, solo contendrá la solución de CoCl_2 .*
- III. Al tubo 2, se le adicionará cuidadosamente gotas de HCl concentrado hasta observar un cambio de color.*
- IV. Al tubo 3, se le adicionará media espátula de NH_4Cl y se calentará dentro de un baño de agua caliente, hasta observar un cambio de color. Posteriormente se*

enfriará el tubo a temperatura ambiente o colocándolo en un baño de agua fría.
Anota tus observaciones en la sección de resultados.

Experimento 3 “Descomposición del agua oxigenada empleando un catalizador”

Experimento A

- I. En un matraz Erlenmeyer de 10mL coloca 2.5mL de peróxido de hidrógeno comercial (30% en masa) y coloca el matraz dentro de la capsula de vidrio.
- II. Enseguida agrega 0.025g de KI previamente disuelto en 1mL de agua (fig. 3). Se observará que la reacción procede al notar un cambio de color. Anota tus resultados en la tabla 3.

Experimento B

- I. En la capsula de vidrio colocar 2 ó 3 trozos pequeños de papa sin cáscara. Coloca el matraz dentro de la capsula de vidrio.
- II. Agregar al matraz 5 mL de agua oxigenada comercial.
- III. Se puede encender un cerillo y acerca la llama a la boca del matraz y observa lo que sucede.
- IV. Anota tus observaciones en la tabla 3 de la sección de resultados.

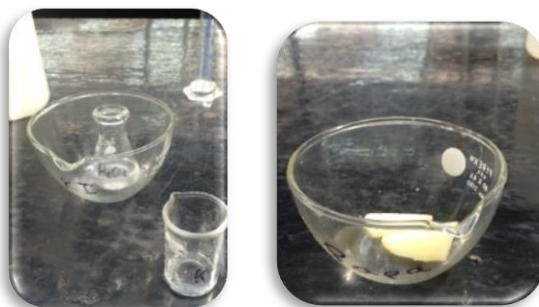


Figura 3. Experimento A y B. Elaboración propia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Experimento 1 “Efecto de la concentración en el equilibrio de una solución de amoníaco acuoso”

a) Describe lo que observaste en el experimento 1.

b) ¿En este experimento hacia donde se desplazó el equilibrio químico?

c) ¿De qué color es la disolución antes de agregar NH_4Cl ?

d) Escribe el equilibrio de esta reacción química y representa la constante de equilibrio de esta reacción

e) ¿Qué efecto tuvo agregar NH_4Cl ?

Experimento 2 “Efecto de la concentración y temperatura en el equilibrio de una solución de cloruro de cobalto(II)”

a) En el tubo 2, ¿Qué ion modifica el equilibrio químico de la reacción?

b) ¿De qué color es la disolución del tubo 2 después de agregar HCl?

c) Escribe el equilibrio de esta reacción química y representa la constante de equilibrio de esta reacción

d) En el tubo 3 ¿Qué factores influyen en el desplazamiento del equilibrio químico?

e) ¿Por qué se enfría en un baño de agua el tubo 3? ¿Qué factor estas observando en este paso?

Experimento 3 “Descomposición del agua oxigenada empleando un catalizador”

Tabla 3. Observaciones de experimentos A y B

Experimento	Observaciones
A	
B	

a) En el experimento A ¿Cuál es la función del KI?

b) En el experimento B ¿Por qué se emplea una papa?

c) Escribe la reacción de descomposición del agua oxigenada.

d) Investiga que especie de la papa interviene en la reacción del experimento B.

e) ¿La reacción de descomposición del agua oxigenada puede llevarse a cabo sin emplear KI y la papa? Explica tu respuesta.

f) ¿A qué se debe la formación de espuma en ambos experimentos?

g) ¿Qué tienen de relación ambos experimentos?

Cuestionario:

1. ¿Qué importancia tiene estudiar el equilibrio químico en la síntesis de un fertilizante?
2. Investiga algunos fertilizantes nitrogenados y menciona o calcula el porcentaje de este elemento en dichos productos agroquímicos.
3. Menciona ejemplos de otros equilibrios químicos que observes en tu vida diaria.
4. ¿Hacia dónde se desplaza el equilibrio químico si se aumenta la concentración de reactivos o de productos?
5. Investiga que es una reacción exotérmica y endotérmica.
6. Investiga el efecto de la presión y el volumen en el equilibrio químico.

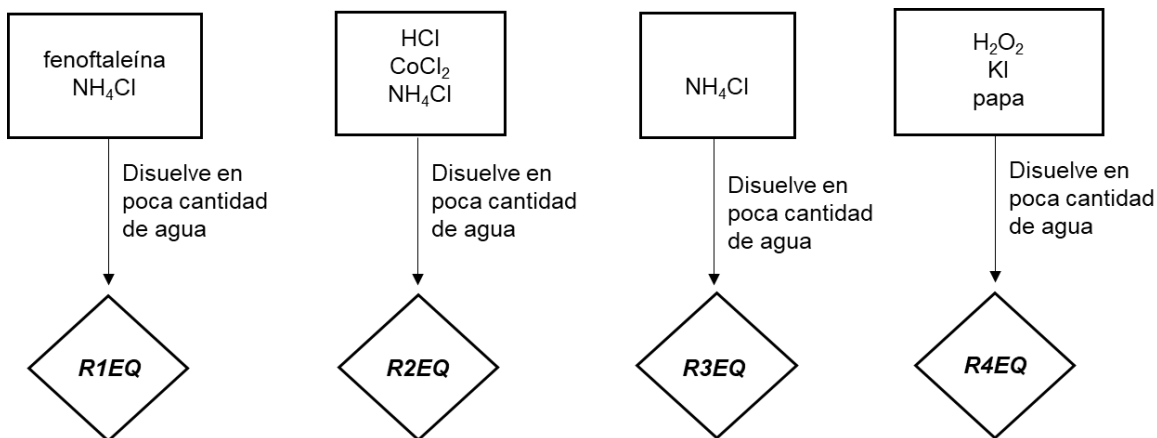
- ¿Qué otro catalizador se puede emplear en la reacción de descomposición del agua oxigenada?
- Representa el avance de una reacción con catalizador y sin catalizador.
- Menciona ejemplos de catalizadores que conozcas.
- Investiga que otros factores modifican la velocidad de una reacción química.
- De acuerdo a los principios de la Química Verde, ¿Cuál experimento A o B sería más verde?
- Realiza el diagrama de flujo de cada experimento, indicando los principios de la Química Verde y evalúa ¿Qué tan verde es cada experimento?

TRATAMIENTOS DE RESIDUOS PRODUCIDOS

El diagrama siguiente es para que los alumnos coloquen los residuos en recipientes y se entreguen al profesor para su tratamiento posterior.

De acuerdo con el diagrama ecológico para el manejo de residuos:

Equilibrio Químico (EQ)



Recomendaciones:

- 1) Los residuos **R1EQ**, **R2EQ** y **R4EQ** se neutralizan por separado, se colocan en recipientes etiquetados y se entrega al profesor para su tratamiento.
- 2) Los residuos **R3EQ** se neutralizan y se desechan a la tarja.

c) Fase final

Al final de la realización y análisis de los resultados de las actividades experimentales, contestarás la pregunta de inicio sobre los factores que influyen en el desplazamiento de una reacción en equilibrio y reconocerás la influencia del uso de un catalizador en la velocidad de una reacción química, así como su importancia ya que a escala industrial son de gran utilidad.

CONCLUSIÓN

REFERENCIAS

Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes. (2002). Los fertilizantes y su uso. Recuperado el 18 de diciembre: <http://www.fao.org/3/a-x4781s.pdf>

Chang, R. (2010). Fundamentos de química. México: Pearson Educación.

Morales Galicia, M. L., Martínez, J. O., Reyes Sánchez, L. B., Martín Hernández, O., Arroyo Razo, G. A., Obaya Valdivia, A., & Miranda Ruvalcaba, R. (2011). ¿Qué tan verde es un experimento? / How green an experiment is?, *Educación Química*, 22(3), 240-248.

The Libre Texts libraries. (2019). Equilibrium and Lechatelier's Principle_(Experiment). California, USA. Recuperado de <https://cutt.ly/MjrNSd9>

Vargas-Rodríguez, Y. M., Obaya Valdivia, A., Lima Vargas, S., Hernández Escamilla, A., Miranda Ruvalcaba, R., & Vargas Rodríguez, G. I. (2016). El diagrama de flujo como semáforo de seguridad ecológica de los experimentos de laboratorio / The flowchart as a traffic light on ecological security of laboratory experiments. *Educación Química*, 27(1), 30–36.



EVALUACIÓN

Elabora un mapa mental sobre los conceptos relacionados con el equilibrio químico.



Nombre: _____

Grupo: _____

Mapa mental
“Equilibrio Químico”



Lista de Cotejo

“Equilibrio Químico”

Con la siguiente lista de cotejo como instrumento de evaluación el profesor se puede apoyar para valorar los conocimientos, actitudes y valores aprendidos en esta actividad experimental.

Nombre:

Grupo:

Fecha:

Aspecto a evaluar	Si	No	Observaciones
1. Reconoce la importancia del equilibrio químico en una reacción.			
2. Logra predecir el desplazamiento de una reacción en equilibrio al aplicar el principio de Lechatelier.			
3. Comprende el efecto de modificar la concentración y temperatura en una reacción química. .			
4. Comprende cómo se modifica la velocidad de una reacción mediante el uso de un catalizador.			
5. Muestra dominio y precaución del uso de sustancias, material de laboratorio, y desarrollo de los experimentos.			
6. Participa de manera individual y grupal.			

7. Muestra respeto, tolerancia, comunicación y trabajo colaborativo con sus compañeros de equipo.			
8. Conoce y aplica los postulados de la Química Verde.			
9. Muestra cuidado del manejo de residuos.			